ADRIANO S. FIGUEIRÓ



Mudanças ambientais na interface floresta-cidade e propagação de efeito de borda no Maciço da Tijuca- Rio de janeiro, RJ

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CCMN – INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

MUDANÇAS AMBIENTAIS NA INTERFACE FLORESTA-CIDADE E PROPAGAÇÃO DE EFEITO DE BORDA NO MACIÇO DA TIJUCA-RIO DE JANEIRO, RJ

ADRIANO SEVERO FIGUEIRÓ

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
DOUTORADO

ORIENTADORA: Profª Drª ANA LUIZA COELHO NETTO

Rio de Janeiro
2005

MUDANÇAS AMBIENTAIS NA INTERFACE FLORESTA-CIDADE E PROPAGAÇÃO DE EFEITO DE BORDA NO MACIÇO DA TIJUCA-RIO DE JANEIRO, RJ

ADRIANO SEVERO FIGUEIRÓ

Tese submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Doutor em Ciências (D.Sc.)

Aprovada por:

Profª Drª _____ Orientadora
Ana Luiza Coelho Netto
Depto Geografia – UFRJ

Prof. Dr. _____
Evaristo de Castro Júnior
Depto de Geografia – UFRJ

Prof. Dr. _____
Paulo Márcio Leal de Menezes
Depto de Geografia – UFRJ

Prof. Dr. _____
Rogério de Oliveira
Depto de Geografia- PUC/RJ

Prof. Dr. _____
Luiz Fernando Scheibe
Depto de Geociências - UFSC

FIGUEIRÓ, Adriano Severo

Mudanças ambientais na interface floresta-cidade e propagação de efeito de borda no Maciço da Tijuca- Rio de janeiro, RJ.

398 p il.

Tese – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Programa de Pós Graduação em Geografia, 2005.

A crença de que a cidade é uma entidade separada da natureza, e até contrária a ela, dominou a maneira como a cidade é percebida e continua a afetar o modo como é construída. (Spirn, 1995)

AGRADECIMENTOS

Após cinco anos de jornada, é necessário agradecer a um número muito grande de pessoas que estiveram ao lado ou que acompanharam de longe; que ajudaram ou que consentiram; que ouviram, se preocuparam, sugeriram, sofreram e que, sem dúvida, junto comigo respiram aliviados ao final desse processo. Este trabalho não teria sido concluído (ao menos não dessa forma) se não fosse a contribuição de cada um de vocês, e é para vocês que vai o meu especial agradecimento:

- À minha orientadora, professora e amiga Ana Luiza Coelho Netto, por ter me permitido, através do seu estímulo e exemplo pessoal, percorrer os caminhos inscritos na paisagem.

- Aos estagiários (Daniel, Rafael, Carol e Ricardo) que estiveram ao meu lado em diferentes momentos desse trajeto. Cada um de vocês trouxe algo para esta pesquisa e, tenho certeza, também levaram algo dela para a vida.

- Aos meus amigos e colegas de laboratório, Adriana, Rita, Tatão, João, Rodrigo, Ricardo Rafael e Paulo, que me acolheram, incentivaram e compartilharam comigo as angústias de um doutorado. Saibam que vocês são responsáveis por uma parte muito importante desta conquista.

- Ao Nando, pela atenção e presteza com que sempre procurou resolver os problemas do dia-a-dia da pesquisa.

- Aos meus colegas de departamento, especialmente ao "pessoal da cozinha", que seguraram as pontas enquanto estive afastado, e que

me permitiram ao retorno, pelo carinho com que me receberam, ter a sensação de que estava voltando para casa.

- À minha família, por tudo que me ensinaram.

- À Gabriela, pelo seu apoio e companheirismo ao longo desse processo, muitas vezes acreditando mais em mim do que eu próprio acreditava. Saiba que esta tese é também um pouco sua.

- Aos meus compadres, Solange e Wil, pela alegria do olhar, pelos momentos de samba e de bar, que tanto me ajudaram a reconstruir ao longo desse processo.

- Aos meus filhos, Ingrid e Guilherme, por me darem a vida a cada dia. Divido com vocês a satisfação da vitória, por toda a convivência que lhes foi negada ao longo desse processo.

A todos vocês, eu só posso dizer obrigado!

RESUMO

Esta pesquisa teve por objetivo identificar e avaliar o gradiente ambiental gerado pela propagação do efeito de borda na interface floresta – cidade, em duas áreas selecionadas com diferentes graus de adensamento urbano (área do Catrambi - alta densidade, e área do Soberbo- baixa densidade), nas bordas da Floresta da Tijuca - Rio de Janeiro (RJ). Tomou-se como hipótese inicial que o aumento da pressão urbana na zona de interface floresta-cidade acarreta uma modificação na dinâmica do efeito de borda, acelerando sua propagação, especialmente no que se refere às mudanças estruturais e microclimatológicas, com rebatimento direto na funcionalidade do sistema. Os levantamentos de campo, realizados a partir de três transectos de 100 metros de extensão em cada área (com 5 parcelas de 100 m^2 em cada transecto) ficaram restritos à dez variáveis principais (altura, DAP, Densidade de indivíduos, clareiras, serapilheira, solo, indicadores de degradação, vento, luz e temperatura), sendo outras sete calculadas a partir de procedimentos de laboratório (Biomassa, Peso específico Foliar, Densidade Aparente, Porosidade total e Percentual de Agregados). Somados à tendência histórica identificada de aumento dos eventos pluviométricos de menor freqüência e maior intensidade, os resultados desta pesquisa apontaram que a diferença na densidade de urbanização entre as duas áreas pesquisadas influi significativamente sobre a propagação do efeito de borda, porém não de forma direta, já que o faz por meio do aumento da densidade de trilhas e caminhos internos à zona de borda. Decorre daí o caráter não-monotônico de propagação do efeito de borda, uma vez que as "bordas jovens", abertas ao longo dos caminhos internos, impedem o aparecimento de um gradiente de recuperação estrutural e funcional destas áreas.. Do ponto de vista metodológico, as características de serapilheira e o comportamento do microclima demonstraram ser melhor indicadores para delimitação do efeito de borda do que a estrutura da vegetação, o que supostamente caracteriza a dinâmica de bordas mais antigas.

ABSTRACT

The goal of this research was to identify and assess the environmental gradient generated by the spread of the brim effect on the city-forest interface in two selected areas with different degrees of urban density (Catrambi area – high density, and Soberbo area – low density), on the edge of Floresta da Tijuca - Rio de Janeiro (RJ). The working hypothesis was that the increase in urban pressure on the city-forest interface zone edge about a change in the dynamics of the edge effect, accelerating its propagation, especially in regard to structural and microclimatic changes, with a direct impact on the system's functionality. Field data gathered from three transects measuring 100 meters in each area (with 5 100 m^2 patches in each transect) were restricted to tem main variables (height, Basal area, Density of individuals, clearings, litter, soil, degradation indicators, wind, light, and temperature). Seven other variables were calculated through laboratory procedures (Biomass, Specific foliar weight, Apparent Density, total porosity, and Aggregate Percentage). When added to the identified historic trend of increased lower frequency and higher density pluviometric events, the results of this research point out that the difference in urban density between the two researched areas bears a significant influence on the propagation of the edge effect, but not directly, since it does so through an increase in the density of tracks and pathways internal to the edge area. Hence the non-monotonic character of the edge effect propagation, since the "young edges", opened along the internal pathways, prevent the occurrence of a gradient of structural and functional recovery in these areas. From a methodological perspective, the characteristics of litter and the microclimate behavior turned out to be better indicators in mapping the edge effect than the vegetation structure, which supposedly characterizes the dynamics of older edges.

SUMÁRIO

p.

CAPÍTULO 1- DA "NATUREZA QUE NOS CERCA" À NATUREZA CERCADA: UMA INTRODUÇÃO AO DEBATE DA CONSERVAÇÃO DAS FLORESTAS EM ÁREAS URBANAS..... 01
1.1 A questão ambiental no contexto urbano..... 02
1.1.1 O espaço da natureza na cidade do homem..... 07
1.1.2 Crise ambiental urbana, tomada de consciência e o papel da Geografia..... 11
1.2 Os fragmentos florestais em áreas urbanas e a evolução dos paradigmas conservacionistas..... 17
1.2.1 As Reservas da Biosfera como instrumento de gestão..... 20

CAPÍTULO 2- MUDANÇAS AMBIENTAIS NO DOMÍNIO DA MATA ATLÂNTICA DE ENCOSTA: UMA REVISÃO DE ESCALAS. PROBLEMÁTICA E OBJETIVOS..... 24
2.1 Introdução 25
2.2 Do Brasil ao Rio de Janeiro: a Mata Atlântica ao longo da história e a difícil relação entre cidade e a floresta..... 30
2.2.1 O café, a água e a floresta: uma difícil equação 31
2.2.2 Quanto mais café, menos água! 40
2.2.3 A floresta retoma o seu lugar 42
2.3 A mata atlântica como objeto de estudo: em busca da construção de um modelo para as interfaces floresta-cidade 47
2.3.1 A construção de um modelo de análise para a interface floresta-cidade a partir do estudo do Maciço da Tijuca 53
2.4 Síntese das reflexões apresentadas no capítulo 65

CAPÍTULO 3- MODIFICAÇÕES AMBIENTAIS NA INTERFACE FLORESTA-CIDADE E PROPAGAÇÃO DO EFEITO DE BORDA: UMA REVISÃO TEÓRICA DA QUESTÃO 67
3.1 Uma breve revisão dos estudos da interface floresta-cidade 68
3.1.1 Articulação de escalas e teoria da hierarquia nos estudos de paisagem 70
3.1.2- a estrutura da paisagem como reflexo da qualidade ambiental do sistema 74
3.2. A construção de um "eixo conceitual" em bases geo-hidroecológicas para a pesquisa 88
3.3- Revisão teórico-conceitual das questões ligadas ao desdobramento da pesquisa 97

3.3.1- O aporte de água na "alimentação" da floresta: mudanças decorrente da variabilidade pluviométrica 97
3.3.2- Em busca de indicadores globais para a avaliação do efeito de borda 107

CAPÍTULO 4- A ÁREA-LABORATÓRIO DO MACIÇO DA TIJUCA 121
4.1- a área de pesquisa no seu contexto: crescimento urbano e conflitos ambientais na cidade do Rio de Janeiro 122
4.2- Caracterização da área-laboratório do maciço da Tijuca 126
4.2.1- Características do Ecossistema florestal 134
4.2.2- Variações do ecossistema florestal entre as vertentes Norte e Sul 140
4.3- Apresentação das áreas de pesquisa selecionadas 142
CAPÍTULO 5- PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS 152
5.1- Análise da variabilidade pluviométrica no Maciço da Tijuca 153
5.2- Caracterização da relação sociedade x natureza no entorno das bordas florestadas 162
5.2.1- Caracterização dos focos de recorrência de incêndios 163
5.2.2- Caracterização da pressão urbana no entorno das áreas pesquisadas 163
5.3- Delimitação das parcelas de campo e definição dos indicadores 167
5.3.1- levantamento dos indicadores bióticos 172
5.3.2- levantamento dos indicadores abióticos 184

CAPÍTULO 6- APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS 193
6.1- Análise da variabilidade pluviométrica no maciço da tijuca 194
6.1.1- variação dos totais pluviométricos anuais 194
6.1.2- Freqüência de dias secos 194
6.1.3- Variabilidade do regime mensal 204
6.1.4- Freqüência das classes de intensidade de chuva 216
6.1.5- Variabilidade pluviométrica durante os eventos de el niño e la niña 226
6.2- A Pressão urbana sobre o Maciço da Tijuca nos dias atuais 228
6.2.1- Urbanização, capim e fogo: uma perigosa combinação 234
6.2.2- Caracterização da pressão urbana nas "zonas de borda" 238
6.3- Propagação do efeito de borda na interface com as áreas urbanas: análise dos resultados de campo 248

6.3.1- Estrutura da vegetação 249
6.3.2- Abertura de copa 263
6.3.3- Resultados da Serapilheira Acumulada 267
6.3.4- Resultados de Porosidade Total e Densidade Aparente 282
6.3.5- Resultados das Variações Microclimáticas 285

CAPÍTULO 7- SÍNTESE DOS RESULTADOS E PRINCIPAIS CONCLUSÕES .. 306
7.1- Considerações Preliminares 307
7.2- Síntese dos principais resultados 309
7.2.1- em relação à variabilidade pluviométrica no entorno do Maciço da Tijuca 309
7.2.2- em relação à ocupação urbana na interface com a floresta 315
7.2.3- Em relação às variações estruturais da vegetação na zona de borda 317
7.2.4- Em relação às variações microclimáticas 319
7.3- Considerações acerca da propagação do efeito de borda na área estudada 324

BIBLIOGRAFIA..... 327
ANEXOS 359

LISTA DE FIGURAS

FIGURA		p.
1.1 -	Esquema de representação dos *inputs* e *outputs presentes nos* ecossistemas urbanos	05
1.2 -	Cartaz publicitário do loteamento "Cidade Jardim Laranjeiras" (1936), instalado no médio vale do rio Carioca	11
1.3 -	Modelo de zoneamento das Reservas da Biosfera adotadas pela UNESCO	21
1.4 -	Esquema de implementação das Reservas da Biosfera em diferentes escalas	22
2.1-	Mapa dos diferentes biomas que compõem o "domínio da mata atlântica"	28
2.2-	Mapa atual dos remanescentes florestais da Mata Atlântica, em comparação com a área original ocupada pelos biomas	29
2.3-	Ilustração dos "escravos aguadeiros"	33
2.4-	Tela de Leandro Joaquim (aproximadamente de 1730), retratando uma das áreas de várzea da cidade	34
2.5-	Desenho da praia de Botafogo entre 1810-1815	36
2.6-	Pintura de Rugendas ilustrando a abertura de uma área de floresta para a instalação de uma lavoura de café	38
2.7-	Reprodução de uma tela do Séc. XIII que retrata o aqueduto da carioca, construído em 1744	41
2.8-	Aquarela retratando o "tanque das lavadeiras", atrás do chafariz da Carioca	42
2.9-	Foto do reservatório "Mãe D'água", construído no Séc XIX	45
2.10-	Gráfico de síntese dos principais acontecimentos históricos no Maciço da Tijuca	46
2.11-	Mapa de distribuição mundial das áreas prioritárias de conservação	47
2.12-	Mapa das áreas prioritárias de conservação dentro da Reserva Biológica da Mata Atlântica	49
2.13-	Mapa da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica	50
2.14-	Mapa dos remanescentes florestais do Estado do Rio de Janeiro..	51
2.15-	Gráfico de evolução do uso do solo no Maciço da Tijuca entre 1972 e 1996	54
2.16-	Modelo teórico proposto para a classificação dos diferentes tipos de interface identificados na área de estudo	57
2.17-	Gráfico com a projeção da evolução do uso do solo no Maciço da Tijuca	58
2.18-	Bloco-diagrama esquemático de produção do efeito de borda..	60
2.19-	Fotos com exemplos de grandes cidades que apresentam interface direta com área florestais	62
2.20-	Roteiro metodológico utilizado nesta pesquisa	64
3.1-	Modelo conceitual de quatro seqüências de transformação do uso do solo	77
3.2-	Representação esquemática da distribuição das espécies nos fragmentos, com formação de ecótonos nas zonas de contato	79

3.3- Representação esquemática entre tamanho do fragmento e efeito de borda 80
3.4- Exemplo hipotético do aumento do ambiente de borda promovido pela fragmentação da paisagem 81
3.5- Modelo conceitual de dinâmica da paisagem, adotado para este estudo 93
3.6- Esquema de representação dos níveis hierárquicos de análise da interface floresta-cidade no Maciço da Tijuca (RJ)..... 95
3.7- Reconstrução geológica das variações pluviométricas no NW do Novo México (U.S.A.) nos últimos 2129 anos 103
3.8- Média das variações globais de temperatura do Planeta entre 1861 e 1989 104
3.9- Modelo meteorológico de variação pluviométrica para o Brasil durante o Século XX 105
3.10- Gráfico de recuperação da área basal de um ecossistema florestal em diferentes locais de clima tropical úmido durante o processo de sucessão secundária 111
3.11- Gradientes de temperatura do ar e do solo e umidade relativa ao longo de um transecto borda-centro em uma floresta temperada 116
3.12- Tipo de mortalidade e agente para 707 indivíduos mortos, inventariados em um fragmento na área central da Amazônia..... 118
4.1- Mapa de qualidade ambiental das terras do município do Rio de Janeiro 123
4.2- Mapa de cobertura vegetal e uso da terra no município do Rio de Janeiro 126
4.3- Mapa de localização do Maciço da Tijuca na cidade do Rio de Janeiro 127
4.4- Mapa de localização dos setores hidrográficos do Maciço da Tijuca 129
4.5- esquema de representação dos grandes conjuntos montanhosos do SE brasileiro gerados a partir de movimentos crustais do Terciário 130
4.6- Modelo esquemático de representação da dinâmica hidrológica promovida pelos paredões rochosos em áreas de ocupação de encostas 131
4.7- Mapa de localização dos três Setores do Parque Nacional da Tijuca 132
4.8- Fotografia panorâmica do Maciço da Tijuca 133
4.9- Gráfico de comparação entre a perda de água da serrapilheira nas vertentes norte e sul 141
4.10- Modelo esquemático de localização das áreas de estudo em diferentes escalas 143
4.11- Perfil topográfico da área de estudo do Soberbo 144
4.12- Perfil topográfico da área de estudo do Catrambi 145
4.13- Feições fito-estruturais da área de pesquisa do Catrambi 147
4.14- Perfil topográfico do transecto 3 da área do Catrambi 148
4.15- Feições fito-estruturais da área de pesquisa do Soberbo 149
4.16 Perfil topográfico do transecto 2 da área do Soberbo 150

5.1- Perfil esquemático da relação entre altitude x precipitação anual para as Estações selecionadas 156
5.2- Fluxograma do roteiro metodológico dos dados de chuva 157
5.3- Ortofoto com limites dos setores censitários no Soberbo 165
5.4- Ortofoto com limites dos setores censitários no Catrambi 166
5.5- Esquema simplificado representando a forma de distribuição das parcelas de estudo ao longo dos transectos 169
5.6- Desenho esquemático da distribuição dos transectos na área amostral do Catrambi..... 170
5.7- Desenho esquemático da distribuição dos transectos na área amostral do Soberbo..... 171
5.8- Esquema de representação da captura de imagens de copa 177
5.9- Mosaico das imagens de copa da parcela 1b da área do Soberbo 178
5.10- Fotografias das copas das parcelas "3A" das áreas amostrais do Catrambi e do Soberbo 180
5.11- Foto do quadrado de coleta de serapilheira 181
5.12- Foto do procedimento utilizado para determinação do Peso Específico Foliar 183
5.13- Foto do jogo de peneiras no agitador mecânico 185
5.14- Foto das diferentes etapas de procedimento para a realização dos cálculos de densidade aparente e de porosidade total 186
5.15- Esquema de distribuição dos pontos de coleta de dados de microclima e serapilheira 188
5.16 Fotografia de um dos termômetros digitais utilizados na pesquisa. 189
5.17 Fotografia do Luxímetro digital utilizado 190
5.18 Fotografia do anemômetro digital utilizado 191
6.1- Gráficos de precipitação anual na Estação Capela Mayrink 194
6.2- Gráficos de precipitação anual para as outras cinco Estações pesquisadas 195
6.3- Gráficos de freqüência anual dos dias secos para a Estação Capela Mayrink..... 198
6.4- Gráficos de freqüência anual dos meses secos para a Estação Capela Mayrink 199
6.5- Gráfico da freqüência de dias e meses secos na Estação Grajaú. 200
6.6- Freqüência das classes de eventos interpluviais para a Estação Grajaú 201
6.7- Freqüência das classes de eventos interpluviais para a Estação Capela Mayrink 202
6.8- Gráficos do regime médio mensal de precipitação para a Estação Capela Mayrink, no período 1976-2002 205
6.9- Gráficos da variabilidade da precipitação mensal durante os anos extremos 206
6.10- Gráfico com os valores de tendência para as precipitações mensais da série Capela Mayrink 208
6.11- Gráfico com os valores de tendência para as precipitações mensais da série Capela Mayrink, com base nos dados de chuva do último período (1996-2002) 209
6.12- Gráfico comparativo das tendências de chuva entre os períodos de verão e inverno para as seis Estações trabalhadas 211
6.13- Gráfico com os valores de tendência para as precipitações

mensais da série Capela Mayrink, com base nos dados mensais de chuva dos anos chuvosos 211
6.14- Gráficos do regime mensal do ano chuvoso de 1998 212
6.15- Gráfico da intensidade média de chuva nos meses de janeiro e fevereiro, calculada com base nos eventos ocorridos entre 1997 e 2002 215
6.16- Gráficos do regime médio mensal dos anos secos para as seis Estações trabalhadas 214
6.17- Distribuição mensal dos eventos de escorregamentos ocorridos no Estado do Rio de Janeiro entre 1997 e 1999 215
6.18- Gráfico da freqüência anual dos eventos pluviométricos, por classe de intensidade, para a Estação Capela Mayrink 217
6.19- Gráfico dos totais pluviométricos de alta e baixa intensidade para a Estação Capela Mayrink 218
6.20- Gráfico da média de participação das classes de intensidade de chuva no total pluviométrico de cada mês na Estação Capela Mayrink 219
6.21- Participação das classes de chuva nas estações de verão e inverno, em cada um dos anos da série Capela Mayrink 220
6.22- Gráfico da freqüência dos eventos pluviométricos nos invernos do último período estudado (1996-2002), por classe de intensidade, para a Estação Capela Mayrink 221
6.23- Gráfico da freqüência dos eventos pluviométricos do último período estudado (1996-2002), por classe de intensidade, para a Estação Capela Mayrink 222
6.24- Distribuição média das classes de chuva ao longo dos meses do ano na Estação Capela Mayrink 225
6.25- Média dos desvios pluviométricos das Estações trabalhadas nos meses em que foi registrada a ocorrência dos fenômenos de El Niño e La Niña 227
6.26- Mapa da ocupação urbana no interior da APARU-ABV em 1999 . 230
6.27- Evolução da área urbana acima da "cota 100m", nos maciços costeiros do Rio de Janeiro, entre 1984 e 1999 231
6.28- Evolução da estrutura socioespacial na metrópole do Rio de Janeiro entre 1980 e 1991 232
6.29- Distribuição da produção empresarial de unidades residenciais, por tipos de incorporadores, nos bairros do Município do Rio de Janeiro (1990/1998) 233
6.30- Gráfico de ocorrência anual de incêndios dentro do Maciço da Tijuca entre 1997 e 2002 235
6.31- Gráfico comparativo entre a tendência anual de precipitação e o número anual de ocorrências de incêndio para o Maciço da Tijuca, entre 1997 e 2002 236
6.32- Distribuição mensal das ocorrências de incêndio dentro do Maciço da Tijuca entre 1997 e 2002 236
6.33- Forma de uso do solo existente nas áreas de detonação de incêndios 237
6.34- Ortofoto do bairro da Tijuca 238
6.35- Gráficos das formas de uso e ocupação do solo no entorno dos transectos de pesquisa do Catrambi 240
6.36- Gráficos das formas de uso e ocupação do solo (excluída a

classe de "floresta conservada") no entorno dos transectos de pesquisa do Catrambi 241
6.37- Gráficos referentes ao abastecimento de água e esgotamento sanitário nos setores selecionados para a área de pesquisa do Catrambi 241
6.38- Fotos de depósitos clandestinos de lixo encontrados no interior dos transectos pesquisados 242
6.39- Gráfico do grau de escolaridade dos responsáveis pelos domicílios nos setores da área de pesquisa do Catrambi 243
6.40- Gráficos de qualificação do padrão sócio-econômico de ocupação do Soberbo 244
6.41- Ortofoto da APARU-ABV, com destaque para a área do Soberbo 245
6.42- Gráficos das formas de uso e ocupação do solo no entorno dos transectos de pesquisa do Soberbo 245
6.43- Gráficos das formas de uso e ocupação do solo (excetuando a classe de floresta conservada) no entorno dos transectos de pesquisa do Soberbo 246
6.44- Gráficos referentes ao abastecimento de água e esgotamento sanitário nos setores selecionados para a área de pesquisa do Soberbo 247
6.45- Comparação entre as duas áreas amostrais, com base nos valores médios de Densidade e Área Basal 250
6.46- Comparação entre as duas áreas amostrais, com base nos valores médios de Altura e IP..... 252
6.47- Comparação das áreas amostrais com base em dois indicadores de degradação..... 253
6.48- Gráficos de indicadores de estrutura de vegetação para comparação entre os transectos..... 256
6.49- Gráficos da variação de densidade e área basal (com as respectivas linhas de tendência) dentro de cada um dos seis transectos estudados..... 258
6.50- Foto da área interna à borda do Catrambi, com presença de bambus..... 259
6.51- Gráficos da variação de indivíduos mortos em pé e de número de formigueiros dentro de cada um dos seis transectos estudados..... 260
6.52- Foto da área interna à borda do Soberbo, com presença de um caminho..... 263
6.53- Gráficos de estimativa do grau de interceptação nos seis transectos pesquisados..... 265
6.54- Gráficos comparativos das variáveis de Densidade, Massa de Serapilheira seca e Umidade retida na serapilheira..... 269
6.55- Gráficos de comparação entre densidade, serapilheira, mortos e formigueiros..... 270
6.56- Gráficos comparativos do Peso Específico Foliar nas duas áreas estudadas..... 274
6.57- Gráfico comparativo dos valores médios de Serapilheira Acumulada nas parcelas de borda e nas parcelas de interior..... 275
6.58- Gráfico comparativo da perda de peso da serapilheira em condição de borda e de interior..... 276
6.59- Gráficos comparativos entre o percentual de umidade presente

no solo e na serapilheira..... 278
6.60- Gráficos das massas dos principais componentes da serapilheira nas duas áreas estudadas..... 281
6.61- Gráficos de comparação dos valores de Porosidade Total e Densidade Aparente do solo entre as bordas e o eixo central dos quatro caminhos principais estudados..... 283
6.62- Gráficos de luminosidade nos transectos estudados..... 286
6.63- Gráficos comparativos de variação da área basal e de luminosidade..... 288
6.64- Gráficos de temperatura dos transectos estudados..... 290
6.65- Gráficos de temperatura dos caminhos internos à borda..... 292
6.66- Gráfico das médias de variação horária de temperatura (em °C) para cinco alturas diferentes..... 295
6.67 Gráficos de intensidade do vento nos transectos estudados 297
6.68- Gráfico de comparação entre a intensidade do vento e o número de indivíduos mortos no transecto 3 da área do Catrambi. 304
6.69- Gráficos de comparação entre a intensidade do vento e o percentual de galhos sobre o peso total da serapilheira..... 305
7.1- Desvio médio mensal dos eventos de chuva para os três períodos de análise da estação Capela Mayrink 310
7.2- Diagrama de síntese das principais tendências evidenciadas no tratamento dos dados diários de chuva no entorno do maciço da Tijuca 314
7.3- Gráficos de síntese referentes aos parâmetros estruturais e indicadores de degradação para os seis transectos estudados ... 320

LISTA DE QUADROS

QUADRO		p.
2.1-	Principais denominações dadas à Mata Atlântica, por diferentes autores	26
2.2-	Evolução da cobertura florestal do estado do Rio de Janeiro	52
3.1-	Comparação entre as diferentes comportamentos e larguras de borda* encontrados na literatura	87
3.2-	Padrões estruturais para áreas florestais com diferentes tempos de recomposição após o uso agrícola, na Ilha Grande (RJ)	110
4.1-	Evolução das classes de uso do solo na cidade do Rio de Janeiro entre os anos de 1984 e 1999	124
4.2-	Evolução das áreas reflorestadas no Município do Rio de Janeiro, no período 1987-2001	125
4.3-	Comparação entre os estoques de matéria orgânica em superfície encontrados por diversos autores em áreas de floresta tropical	136
4.4-	Síntese dos principais serviços ambientais prestados pelo geoecossistema florestal do maciço da Tijuca à cidade do Rio de Janeiro	138
4.5-	Quadro resumo dos valores de referência dos principais produtos existentes, em média, em um ha de floresta no maciço da Tijuca	139
5.1-	Coeficiente de correlação (Pearson) entre as séries de dados utilizadas nesta pesquisa	155
5.2-	Períodos de ocorrência e tempo de duração dos fenômenos de El Niño e La Niña no Pacífico Sul	159
6.1-	Ângulo de inclinação da reta de tendência (m) e coeficiente de regressão (r) nas Estações de série mais curta, para os gráficos de freqüência anual dos dias secos	198
6.2-	Coeficiente de correlação (r) e coeficiente de inclinação da reta de tendência (m) para a freqüência das classes de intervalo interpluvial	203
6.3-	Coeficientes de inclinação (m) da reta de tendência para os dados de chuva mensal de cinco das seis Estações trabalhadas (período 1997-2002	210
6.4-	Coeficientes de inclinação (m) da reta de tendência para os dados de freqüência das classes de intensidade de chuva	223
6.5-	Quadro comparativo dos resultados de estrutura da vegetação	251
6.6-	Comparação do percentual de árvores mortas em pé encontrado por diferentes autores para áreas de Floresta Secundária no Bioma da Mata Atlântica	254
6.7-	Síntese comparativa dos indicadores de degradação	255
6.8-	Comparação de indicadores estruturais e de degradação entre a condição de borda e a condição de interior	261
6.9-	Síntese dos resultados de contagem de clareiras e de	

estimativa do grau de interceptação 264
6.10- Comparação de indicadores de densidade de copas e de clareiras entre a condição de borda e a condição de interior 267
6.11- Síntese dos resultados obtidos para o peso seco das frações de serapilheira..... 268
6.12- Comparação dos agregados no solo, por classe de tamanho, entre os seis transectos estudados 277
6.13- Comparação entre a participação percentual das frações "folhas" e "galhos" na literatura pesquisada 280
6.14- Valores médios de temperatura encontrados para diferentes posições no plano vertical 294
6.15- Valores médios de intensidade do vento para as duas áreas estudadas, por turno e direção preferencial..... 303
7.1- Relação das variáveis principais, coletadas em campo e das variáveis derivadas, calculadas em laboratório a partir dos levantamentos de campo 308
7.2- Síntese dos principais resultados encontrados na análise da distribuição das chuvas 311
7.3- Síntese da caracterização do entorno urbano de cada uma das áreas-laboratório 316

CAPÍTULO 1

DA "NATUREZA QUE NOS CERCA" À NATUREZA CERCADA: UMA INTRODUÇÃO AO DEBATE DA CONSERVAÇÃO DAS FLORESTAS EM ÁREAS URBANAS.

Tanto pela sua forma como pela maneira de seu nascimento, a cidade tem ao mesmo tempo elementos de procriação biológica , evolução orgânica e criação estética. É a um só tempo um objeto natural e uma coisa a ser cultivada; indivíduo e grupo; alguma coisa vivida e alguma coisa sonhada. É a invenção humana por excelência.
Claude Lévi-Strauss (Tristes Tropiques)

1.1- A QUESTÃO AMBIENTAL NO CONTEXTO URBANO

Considerando que a cidade "*é a resultante, inacabada e em transformação, de intervenções reguladas por diferentes sistemas de valores sociais e econômicos*" (Rezende, 1982), ela representa historicamente o *lócus* privilegiado onde se materializa com maior evidência e se agudiza a relação entre a sociedade e a natureza. Neste sentido, a transformação da paisagem urbana, e os seus impactos associados são, ao mesmo tempo, produto e processo dos conflitos de uma sociedade heterogênea que busca se estabelecer sobre um espaço naturalmente diferenciado.

Para as cidades coloniais, especialmente àquelas de origem portuguesa, Pereira (1999) ressalta que o rompimento com a paisagem campestre e a "luta" contra os elementos naturais representaram sempre uma reafirmação de um padrão urbano de vida . Segundo o autor (op.cit.), "*o que se pode supor é que a fraca separação existente no dia-a-dia tivesse de ser compensada por maior apego a formas simbólicas de expressar a cisão entre as cidades e os seus arredores agrícolas e florestais" (p.11)*. Tal opinião é compartilhada por Silva (2000), ao afirmar que,

> (...) no urbanismo colonial, o verde rondava as cidades, mas não era comumente admitido dentro delas, a não ser nos espaços privados dos quintais. Quase não havia espaços coletivos como jardins e parques. Os grandes monumentos coloniais – casas de câmara, cadeia e igrejas – postavam-se silenciosos diante de grandes espaços vazios – adros e praças sem vegetação. Povoados e arraiais viravam-se de costas para as mais belas cenas naturais – lagoas, mares, montanhas- e conservavam a mesma postura quando se tornavam cidades (p.194).

Já nos locais em que a Revolução Industrial se fez mais presente, o papel das áreas naturais no interior das cidades sofreu uma resignificação, porém, sem perder a capacidade de expressão da "genialidade humana" (Rougerie & Beroutchachvili, 1991). É a supremacia do homem

sobre o espaço, da técnica sobre a natureza, tal como preconizavam os iluministas. Marcondes (1999) situa estes conflitos no contexto histórico do "projeto racionalista da cidade industrial", agregado no conceito de "*cidade-máquina*" (Hilberseimer apud Marcondes, 1999). Este conceito se caracteriza pela indiferenciação entre *espaço* e *lugar*[1] e pela expressão da idéia de natureza associada ao antinaturalismo, ou seja, "*a idéia de natureza presente é a natureza racionalizada e artificializada*" [2](Marcondes, 1999).

Ao nosso ver, este é precisamente o momento onde se materializa de forma mais evidente e irreversível um "*ethos* urbano", dissociado e transformador da natureza em que está inserido . Nas palavras de Carvalho (1998), é justamente neste contexto em que (...)

> (...) a sociedade rompe o controle mítico-ideológico da sacralização da natureza, característicos das sociedades primitivas, ao tempo em que iniciam-se as transgressões às leis ecológicas, em diferentes níveis, gerando crises ambientais, econômicas e energética, que se acentuam à medida que a escala da cidade aumenta e a vida urbana se torna complexa e plena de contradições. (p.30).

Se esta opção representou, num dado momento histórico, a forma de organização espacial estabelecida pela sociedade burguesa emergente[3], por outro lado, ela condenou as áreas urbanas a uma perda cada vez mais acentuada do equilíbrio natural. Tal condição imprime os

---

[1] Esta diferenciação entre espaço (delimitação geográfica da superfície) e lugar (valor cultural associado ao uso do espaço segundo os processos sociais dos sujeitos atuantes) torna-se fundamental para entender a forma e o ritmo da apropriação e exploração dos recursos naturais por uma determinada sociedade histórica, a partir das relações sociais e de produção que se estabelecem no uso diferenciado do espaço.

[2] Um dos maiores exemplos destas formas idealizadas de natureza, o Central Park, em Nova Iorque, chegou a empregar ao longo dos cinco anos da sua construção, 2,5 mil trabalhadores por dia (Spirn, 1995) na criação artificial de colinas, vales, lagos e pântanos, inserindo uma "natureza planejada" em meio aos arranha-céus da ilha de Manhattam.

[3] Uma explicação interessante para esta ruptura cidade – natureza, é apresentada por Pontes (1983), ao afirmar que "*o capitalismo se afirma ao desorganizar os diversos sistemas de produção fundados no valor de uso e a primeira condição para isso é separar os indivíduos de sua ambiência sócio-natural*".

seus reflexos diretamente sobre a diminuição da qualidade de vida das pessoas e sobre a perda da diversidade das paisagens originais[4].

Assim, o mosaico da paisagem se transforma no tempo e no ritmo da indissolúvel relação entre os processos naturais e a dinâmica social. Misturam-se na paisagem as marcas de um tempo longo, onde a dinâmica geológico-geomorfológica define e delineia os compartimentos; e as marcas de um tempo curto, onde os processos naturais e antrópicos retrabalham a paisagem na escala da história do homem. Na realidade,

> "(...) para que o problema possa ser entendido de forma global, integrada, holística, deve-se levar em conta as relações existentes entre a degradação ambiental e a sociedade causadora dessa degradação que, ao mesmo tempo, sofre os efeitos e procura resolver, recuperar, reconstituir as áreas degradadas." (Cunha e Guerra, 1996 : 337)

Dessa maneira, a paisagem é mais do que um "acúmulo de tempos" (Santos, 1996); ela é, na verdade, um "acúmulo de dimensões" (Monteiro, 2000), onde diferentes escalas de espaço e tempo precisam interagir no sentido da compreensão de uma realidade que é dinâmica e multifacetada. A respeito disso, Coelho (2001) sugere que "(...) *a elaboração do conceito de impacto ambiental requer mudanças na noção de sistemas dinâmicos, através da concepção de sistemas complexos, não-lineares e longe do equilíbrio*" (p.21).

Isso é ainda mais relevante nas paisagens urbanas, onde a estabilidade do sistema ambiental é comprometida por um alto grau de entropia intrínseca (Pereira, 2001), o que gera um considerável aumento da sensibilidade ambiental destas áreas, como no caso dos sítios urbanos que se desenvolvem em vertentes úmidas florestadas.

---

[4] Para contrastar com um modelo de cidades ambientalmente sustentáveis (que ele chama de "ecológicas"), Girardet (1989) denomina estas cidades como espaços urbanos "biocidas", os quais representam usinas de consumo de energia e de produção intensiva de resíduos, estendendo em escala global suas "pegadas ecológicas".

Segundo Pickett (2001), quando se combina, no estudo dos sistemas ambientais urbanos, a abordagem do ecossistema humano e da paisagem, uma das principais questões a serem avaliadas é justamente a influência dos padrões espaciais de uso do solo nos ciclos e fluxos de matéria e energia dentro do sistema ambiental urbano (figura 1.1).

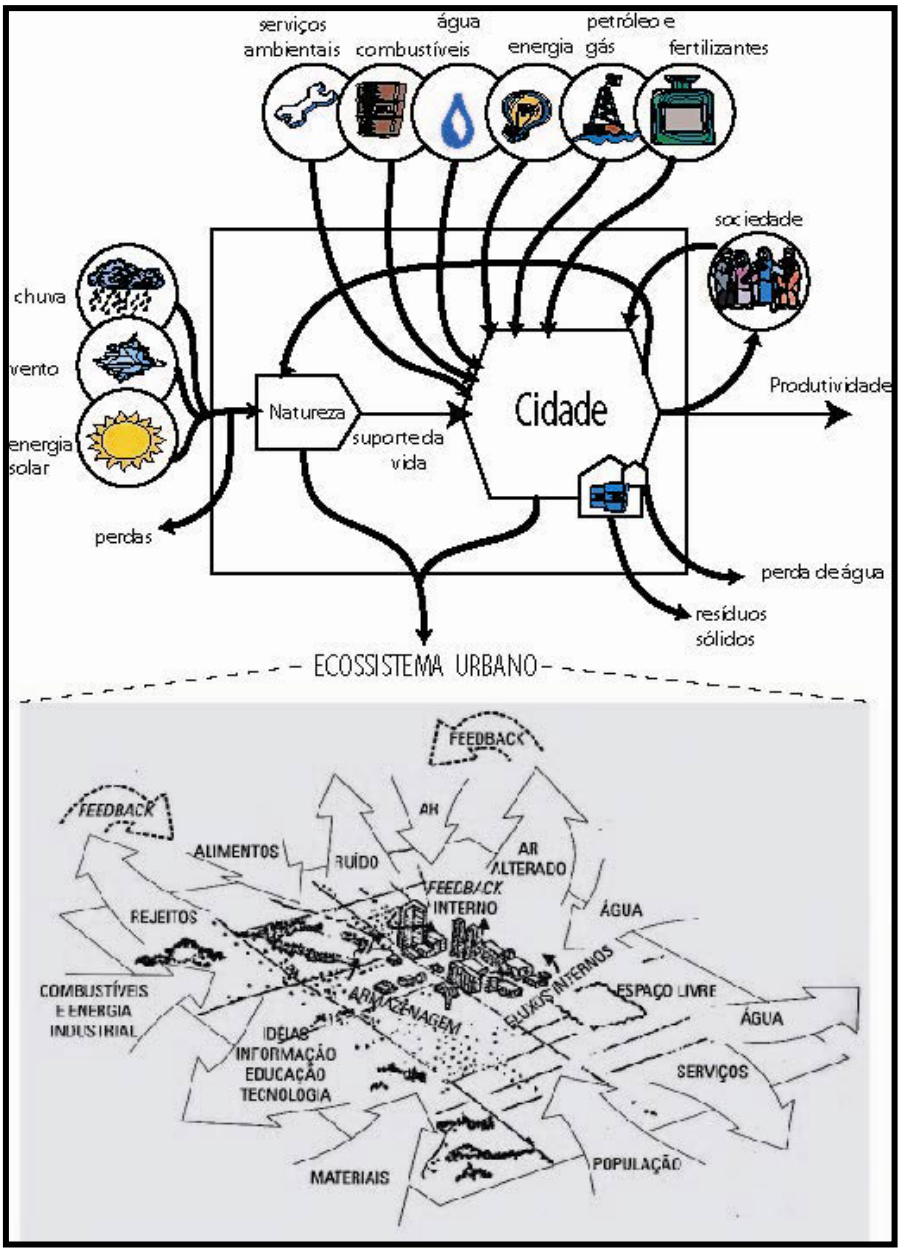


Figura 1.1- Esquema de representação dos *inputs* e *outputs presentes nos* ecossistemas urbanos
Fonte: Adaptado de Huang (1998), Huang et al (2001) e Ribeiro (1998)

A substituição da paisagem natural pela "paisagem de concreto" das áreas urbanas, gera um proporcional aumento da superfície impermeabilizada do Planeta, acarretando uma progressiva diminuição do tempo de concentração das águas e um conseqüente aumento do coeficiente de escoamento superficial (Dunne e Leopold, 1978). Tal situação propicia condições favoráveis ao início dos processos erosivos nas áreas urbanas, com graves conseqüências tanto nas áreas de cabeceiras quanto nas áreas de deposição (Hooke, 1988).

Neste contexto, a inexistência ou a degradação de um ecossistema florestal capaz de frear ou reverter esse processo, pode ser o fator responsável por uma perda acentuada da qualidade ambiental em áreas urbanas.

Mesmo naquelas áreas onde há uma posterior regeneração parcial ou integral do sistema florestal, o retorno da funcionalidade geo-hidroecológica[5] ideal destes ambientes só ocorre em um prazo bem mais longo, como atestam os trabalhos de Coelho Netto (1985 e 1987), Castro Jr. Et al (1999), Freitas (2001) e Chirol (2003). A recuperação da floresta passa a refletir a variabilidade de tipos e intensidades de forças que continuam a atuar no sistema, dando origem a um variado "mosaico sucessional" (Bolós y Capdevila, 1992) que, por sua vez, responde de forma diferenciada a novos *inputs* de energia.

Neste sentido, mais do que nunca, é fundamental que a cidade possa ser pensada enquanto conseqüência de uma complexa interação entre as diversas demandas da sociedade e os processos naturais que

[5] Analisar o funcionamento geo-hidroecológico do sistema da paisagem, pressupõe entender a água como elemento de integração das esferas terrestres, exercendo um papel importante no controle de relações interdependentes ou funcionais que definem os processos geomorfológicos num determinado geoecossistema (Coelho Netto, 1998). Dessa forma, a geo-hidroecologia, assim como a geoecologia (Coelho Netto e Castro Jr.,1997), representa uma disciplina geográfica na interface com a ecologia, porém na perspectiva de análise da funcionalidade do sistema natural, tendo o fluxo de água como elemento de interligação e troca entre os demais elementos.

governam a transferência de matéria e de energia neste espaço[6] (Dias, 1997). "*A cidade é,* assim, *parte da natureza*" (Spirn, 1995).

1.1.1- o espaço da natureza na cidade do homem[7]

Durante muitos anos, o entendimento de que o sistema urbano era forjado em larga medida por forças sociais e econômicas, nas quais a natureza desempenhava um papel secundário, resultou em uma profunda negligência acerca do risco de uma ocupação desordenada do espaço, trazendo à cena uma violenta deterioração ambiental e, por conseguinte, da qualidade de vida[8] em áreas urbanas (Grimberg, 1991). Neste mesmo sentido, Spirn (1995) salienta que:

> Em si mesmas, as forças da natureza não são nem benignas nem hostis à humanidade. Reconhecidas e aproveitadas, representam um poderoso recurso para a conformação de um hábitat urbano benéfico; ignoradas ou subvertidas, ampliam os problemas que há séculos castigam as cidades (...). Infelizmente, as cidades têm geralmente negligenciado e raramente explorado as forças naturais que existem dentro delas. (p.15)

Desafortunadamente, a crença de que a cidade representa uma entidade separada da natureza, continua influenciando fortemente a

---

[6] Uma revisão detalhada acerca dos ciclos e fluxos que configuram os *inputs* e outputs dos ecossistemas urbanos, é feita por Decker et al (2000) .

[7] O crédito desta expressão é dado a McHarg (1971), tendo sido posteriormente resgatada por Ribeiro (1999), que a ela atribuiu um significado muito mais abrangente e sistêmico.

[8] Adota-se aqui o conceito de Herculano et al (2000), para quem qualidade de vida significa "(...) a soma das condições econômicas, ambientais, científico-culturais e políticas coletivamente construídas e postas à disposição dos indivíduos para que estes possam realizar suas potencialidades" (p.12). Outro conceito ligado diretamente ao de qualidade de vida, é o de "qualidade ambiental", o qual, segundo Carvalho (1998), expressa "(...) as condições e os requisitos básicos de natureza física, química, biológica, social, econômica, tecnológica e política, de um determinado meio ambiente, para que os elementos e fatores ambientais que o constituem possam exercer efetivamente as relações a ele inerentes, mantendo sua dinâmica, os mecanismos de adaptação e de auto-superação, isto é, a homeostase anual e a diversidade biológica"(p.17). Certamente que o fato de uma parcela da população estar mais exposta aos riscos ambientais do que outra sugere questões que transcendem ao "ambiental" *strictu sensu*, o que justifica nossa opção pela referência a um conceito mais amplo.

concepção dos planejadores e dos gestores urbanos. Esse distanciamento da natureza, produzido pelo "*modus viventi*" urbano, não apenas artificializa as opções de lazer, como também aumenta a exposição à concentração de poluentes, reduz a disponibilidade biológica, compromete a recarga dos mananciais para abastecimento de água, aumenta a incidência de doenças, potencializa a ocorrência de catástrofes ambientais, além de propagar os desequilíbrios do sistema ambiental para além da área estritamente urbanizada.

Mesmo aqueles que se propuseram a resgatar esta ligação entre cidade e natureza, o fizeram de forma artificial (Leite, 1994), restringindo a idéia de natureza aos jardins implantados, devidamente planejados e manejados estritamente para o conforto e qualidade de vida dos seus habitantes.

Na Europa, a introdução de paisagens "naturalizadas" em áreas urbanas, representou uma das principais reações à rápida degradação promovida pela Revolução Industrial.

Uma das melhores expressões desta política é encontrada na Lei Adickes, criada em 1901, na Alemanha, com a finalidade de reconstrução das áreas urbanas degradadas. Segundo Carvalho (1998), tal Lei "(...) *trata da formação compulsória de grandes condomínios, fruto do remembramento de propriedades, de pequenas dimensões, encabeçados e garantidos pela municipalidade, de modo a permitir o planejamento e a melhoria de áreas urbanas problemáticas*" (p.28).

Neste contexto de transformações, e sob os auspícios das idéias liberais, as cidades passaram a trilhar o caminho de religação com uma natureza artificializada. Se esta natureza, por um lado, foi incapaz de restabelecer completamente a funcionalidade ambiental destas áreas, por outro lado, era capaz de promover coletivamente a realização das

necessidades dos indivíduos[9] - fisiológicas (luz, ar, água), psicológicas (espaço, paz, comunicação), sociológicas (família, associação, recreação, ética, estética) – sem a interferência direta do Estado. Esta condição aparece claramente traduzida na descrição feita por Howard (1996) do Hyde Park, na Londres do Séc. XVIII, onde o autor elogia (...)

> "(...)seus caminhos, árvores e gramados, dispostos de maneira naturalista, com desenho sinuoso e acolhedor, pleno de recantos, onde o indivíduo, a família, os amigos encontram seu espaço próprio, independente de qualquer referencial ao poder central absoluto e controlador; é a afirmação do pensamento liberal e da livre iniciativa que se desenvolve na Inglaterra desde Cromwell" (p.16)

Uma das expressões mais clara desta tendência, encontra-se refletida na obra deste autor (*op.cit.*), para quem toda a cidade deveria estar cercada por "*um cinturão de belos jardins e pomares* ***extramuros*** *para que, de qualquer parte da cidade se possa, numa caminhada de poucos minutos, atingir o ar perfeitamente fresco, a relva e a visão de um horizonte longínquo. Esse é o propósito final*" (Howard, 1996:41. Grifos meus).

Em terras brasileiras, a grande influência do capital inglês, no início do Séc. XX, trouxe consigo a "inspiração" das idéias de Howard, seja na criação, seja na remodelação de grandes espaços urbanos. Tal é o caso da "City of São Paulo Improvements and Freehold Company Ltd" (instalada a partir de 1913) e da cidade de Goiânia (projetada em 1933), além de diversos bairros projetados na década de 30, nas cidades de Belo

[9] A base do pensamento liberal estava sustentada na idéia de que o progresso da sociedade residiria nas ações individuais, movidas pelos interesses pessoais dos homens em busca de uma melhoria econômica, por meio de um aumento crescente da produtividade. Se tais idéias ensejaram, por um lado, uma limitação da intervenção pública, com incentivo à privatização dos espaços urbanos, regulados pelo mercado, além da redução do poder do Estado, por outro lado (e, talvez, contraditoriamente), estas mesmas idéias garantiram a manutenção e/ou criação de espaços coletivos (próximos à natureza) onde fosse possível, tal como se comentou acima, a realização dos desejos e necessidades individuais.

Horizonte e Rio de Janeiro (onde o "Plano Agache"[10] propunha a instalação de duas cidades-jardim para as ilhas do Governador e Paquetá).

Grandes loteamentos de terras, de iniciativa particular, também buscavam na metáfora do jardim, a possibilidade de reconciliação com a natureza, mas não com a natureza primitiva, selvagem e assustadora (para os padrões culturais de uma classe média-alta, que buscava nestas áreas o refúgio para o "caos" urbano que começava a se instalar nas grandes cidades); antes disso, a natureza "organizada, limpa e colorida" dos parques planejados, mesmo que para isso, fosse necessário substituir aquela por esta.

Entre os exemplos na cidade do Rio de janeiro, pode-se encontrar o loteamento da "Cidade-Jardim Laranjeiras" (figura 1.2), planejado em 1936, no médio vale do rio Carioca, para atender a uma clientela de bom padrão econômico que buscava uma área que fosse estritamente residencial, próxima da natureza amiga, mas protegida dos riscos da floresta "selvagem" que a cercava[11]. Ironicamente, muito de natureza teve que ser devastada, para que se pudesse implantar esse loteamento bucólico, aos pés do Maciço da Tijuca.

Esse processo marcou fortemente os modelos de planejamento urbano em todos os cantos do território nacional, ao menos até a metade do século XX.

---

[10] Originado a partir da contratação do urbanista francês Donat Alfred Agache, o "plano Agache" representou para o Rio de Janeiro, uma tentativa de "saneamento urbanístico", a partir de princípios iluministas defendidos pela *Section d'Hygiene Urbaine et Rurale du Musée Social de Paris*. Já na década de 40, a contratação deste urbanista no estado do Paraná, deu origem ao "plano Agache" de Curitiba, motor inicial das transformações que posteriormente elevaram esta cidade à duvidosa categoria de "capital ambiental do Brasil".

[11] Segundo Abreu (1997), a instalação de loteamentos do tipo do "Cidade Jardim Laranjeiras", demarcava a valorização do solo na zona sul da cidade, viabilizando a transformação de antigas áreas proletárias em "bairros residenciais aristocráticos".

A partir das décadas de 60 e 70, no entanto, a alta concentração populacional urbana tornou-se uma marca das grandes cidades brasileiras, trazendo consigo, de acordo com uma determinada lógica de gestão, a inevitabilidade da crise ambiental urbana, não apenas no Brasil, mas no mundo inteiro.



Figura 1.2- Cartaz publicitário do loteamento "Cidade Jardim Laranjeiras" (1936), instalado no médio vale do rio Carioca.
FONTE: Abreu (1997a)

1.1.2- crise ambiental urbana, tomada de consciência e o papel da Geografia

É possível afirmar que na sociedade contemporânea, o primeiro grande marco temporal que define o início da preocupação com a questão ambiental em áreas urbanas, é representado pela publicação da Carta de Atenas (*apud* Carvalho, 1998), onde se declara que "*o sol, o verde e o espaço, são três matérias-primas do urbanismo*".

Paralelamente a isso, diversos trabalhos de ecologia humana em áreas urbanas, realizados pela escola sociológica de Chicago, desde o

início do Séc. XX, já demonstravam algum nível de aproximação entre a ocupação humana do espaço e as conseqüências ambientais desse processo (Eufrásio, 1999).

No entanto, é apenas na década de 60 que a crise ambiental passa a ser reconhecida e denunciada no mundo todo, de forma mais contundente, especialmente devido à exploração desenfreada dos recursos naturais e ao "inchaço" das grandes cidades dos países do Terceiro Mundo.

O principal símbolo da mobilização em torno da questão ambiental naquele momento, é representado pela *Conferência das Nações Unidas Sobre o Meio Humano*, realizada em Estocolmo, de 5 a 16 de janeiro de 1972[12]. É a partir dos debates promovidos nesta Conferência que nasce um documento ("Proclamações da Conferência das Nações Unidas Sobre o Meio Humano" – Estocolmo - Junho de 1972) destinado a divulgar os princípios de uma exploração mais racional dos recursos naturais face às limitações do crescimento econômico e populacional dos países.

A crise ambiental é expressa oficialmente como um problema global, e trabalhos como o de Perloff (1967) e de Herfindahl e Kneese (1965) passam a ser cada vez mais difundidos no meio acadêmico. A apologia ao planejamento, enquanto instrumento de organização / reorganização do espaço, foi a grande marca do sistema capitalista mundial para enfrentar a crise sócio-econômica e o desequilíbrio ambiental correspondente, que se instalava especialmente nos grandes centros urbanos (Lipietz, 1994). Nas palavras de Ribeiro e Cardoso (*apud* Menezes, 1996):

> A categoria racionalidade organiza um discurso produtor dos "problemas urbanos" (transformação tecnocrática da questão social) como disfunções do crescimento, e organiza

[12] Segundo Lago (1991), duas conferências anteriores marcam o início de um período de mobilização em torno da questão ambiental: a *Conferência de Princeton*, realizada em 1955, sobre "O papel do homem na transformação da face da Terra", e um debate promovido pela UNESCO em 1968, intitulado "Conferência Internacional de Peritos Sobre as Bases Científicas da Utilização Racional e da Conservação dos Recursos da Biosfera".

> um conjunto de medidas que se pretende consistente, traduzido na idéia de plano. (p.31)

Dentro deste contexto, a visão sistêmica e geométrica da paisagem urbana deu origem, na América do Norte (ainda na década de 70), à *Landscape Architecture* (Heckscher, 1977; Laurie, 1979).

Muitas vezes subestimando o papel dos condicionantes políticos e econômicos na organização do território[13], a discussão ambiental na década de 70 foi marcada por uma euforia tecnicista ímpar, contraditoriamente produzida pelos avanços tecnológicos de um modelo ambientalmente insustentável. Buscava-se o estabelecimento de modelos e indicadores de qualidade ambiental para os quais a Geografia forneceu uma grande contribuição, especialmente a partir da obra de geógrafos americanos e canadenses como Detwyler e Marcus (1972), Berry e Horton (1974) e Dansereau (1970).

A partir de fins da década de 80, novas abordagens, baseadas nos princípios da diversidade e sustentabilidade[14], começam a ganhar corpo

---

[13] Ao dissociarem a sociedade da natureza dentro dos fatos urbanos, os planejadores esqueciam que "*os conflitos ambientais são a expressão de conflitos sociais que têm a natureza como suporte*" (Lima e Roncaglio, 2001). Assim, dizem as autoras (*op.cit.*), "*embora os elementos que constituem o meio ambiente não sejam passíveis, em sua maioria, de apropriação privada, como o ar, a água, os rios, etc, podem estar sujeitos a um uso que favorece interesses privados, em detrimento de uma coletividade*". (p.58)

[14] De acordo com Sachs (1994), a idéia de sustentabilidade deriva-se da proposta "ecodesenvolvimentista", surgida logo após a Conferência de Estocolmo. Embora este trabalho não tenha por objetivo proceder a uma discussão mais aprofundada acerca do uso desta conceituação, parece-nos bastante claro que, em que pese à polissemia e as múltiplas interpretações atualmente empregadas, na maior parte das vezes o emprego dos conceitos de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável destina-se a proporcionar uma "sobrevida" ao modelo de exploração econômica que está colocado. Não se questiona, com estes conceitos, a essência do processo, mas o seu ritmo. São criados mecanismos que têm por finalidade aumentar a "durabilidade" dos pactos estabelecidos no modo de produção vigente, através de uma redução e racionalização da exploração no uso do território e dos recursos. Serres (1991) compara tal situação à de um capitão de navio que, na iminência de chocar-se com os rochedos, ordena uma redução da velocidade, mas não uma mudança de rota. Desabafa Santos (1992): "*bradamos contra certos efeitos da exploração selvagem da natureza. Mas não falamos bastante da relação tecnicamente fundada, as forças mundiais que insistem em manter o mesmo modelo de vida*" (p.99).

dentro do planejamento do ambiente urbano[15], face à impossibilidade de reprodução dos modelos urbanísticos universais propostos nas décadas anteriores.

Desde então, o ecossistema urbano tem sido o objeto privilegiado de estudo de todas as ciências afins ao campo dos estudos ambientais, tanto pelo empobrecimento da paisagem natural que neles se verifica, quanto pelo aumento acentuado do processo de artificialização que neles se desenvolve, ou mesmo pela crise sócio-espacial que neles se refletem , o que leva alguns autores a falarem até mesmo da existência de uma "urbosfera" (Lago, 1991).

Instrumentos de negociação e gestão para as áreas urbanas têm surgido na última década, tais como a Agenda 21 (pós Rio-92), a Agenda Habitat (pós Stambul-96) e a adaptação do conceito de "Reserva da Biosfera" às áreas urbanas (Stanvliet et al, 2004), além de financiamentos multilaterais para projetos de qualificação ambiental de áreas urbanas, porém com resultados ainda pouco expressivos frente ao volume de problemas que se acumulam a cada dia, a ponto de alguns autores considerarem a questão dos problemas ambientais urbanos como "*um problema insuperável, e não mais como um espaço para uma solução*" (Lipietz, 1994).

No caso das grandes metrópoles o processo tem sido ainda mais difícil de ser tratado, uma vez que o aumento da complexidade dos agentes em conflito transcende a simples questão da grandeza escalar, tanto no que se refere às percepções[16], quanto às práticas dos sujeitos em

---

[15] Apesar disso, somos obrigados a concordar com Lima e Roncaglio (2001) de que, embora o tratamento da questão ambiental dentro do processo de urbanização tenha sofrido grandes transformações nas últimas décadas, ainda não é evidente que o conhecimento ambiental acumulado esteja promovendo uma "revolução" nos atuais paradigmas epistemológicos que balizam o entendimento das relações homem-natureza nas áreas urbanas.

[16] Tal como nos lembra Guattari (1992), "*as cidades são imensas máquinas produtoras de subjetividade individual e coletiva*". Daí compreende-se a referência de Calvino (1991),

questão (Jacobi, 2000), requerendo, portanto, um modelo próprio para a compreensão da sua dinâmica ambiental (Pickett, 2001).

Felizmente a introdução do paradigma sistêmico e a busca de uma abordagem interdisciplinar baseada no princípio da complexidade, especialmente a partir da década de 90, têm permitido aos gestores entender a cidade como conseqüência de uma complexa interação entre os múltiplos propósitos e atividades dos seres humanos e de outras criaturas vivas e dos processos naturais que governam a transferência de matéria e energia na paisagem (Bolós y Capdevila, 1992).

Estas interações configuram aquilo que o PNUD (1997) denomina de "metabolismo urbano", ou seja, "*um intercâmbio de matéria, energia e informação que se estabelece entre um assentamento urbano e seu contexto geográfico*". Nas palavras de Setti (1996),

> "a relação de causa e efeito, comumente utilizada para explicação de fenômenos físicos, químicos, geológicos e outros, não tem sido eficaz para a compreensão da questão ambiental. Na sua análise descobre-se que é no inter-relacionamento das práticas do meio social (ação humana) sobre o meio físico natural que estão as explicações que permitem a compreensão do problema ambiental em sua globalidade" (p.54).

Neste particular, a Geografia tem apresentado um expressivo avanço, especialmente a partir da década de 80, assimilando contribuições de várias de suas vertentes em direção a uma compreensão ambiental mais ampla da paisagem urbana, freqüentemente apoiada na teoria sistêmica e na interdisciplinaridade (Monteiro, 1984). Este pensamento é compartilhado por Mendonça (2001), ao afirmar que

> a racionalidade moderna, através da qual o pensamento científico foi estruturado, reservou ao conhecimento da natureza e da sociedade, caminhos bastante distintos e

---

de que "(...) *cada pessoa tem em mente uma cidade feita exclusivamente de diferenças, uma cidade sem figuras e sem forma, preenchida pelas cidades particulares*".

> muitas vezes opostos. Todavia foi, sem sombra de dúvida e ainda em um contexto positivista, a partir do emprego da Teoria de Sistemas, da compreensão da dinâmica da natureza e das preocupações de alguns cientistas e intelectuais com a interação estabelecida entre o sítio natural, a materialidade urbana e as atividades humanas, que a cidade passou a ser enfocada de um ponto de vista mais holístico e numa dimensão evolutiva, originando os estudos do ambiente urbano como se pode observar na atualidade. (p.81-82)

No entanto, sendo elemento central da política de desenvolvimento urbano e, portanto, reflexo do jogo de forças que comanda e define a apropriação do território, a adoção de estratégias viáveis do ponto de vista científico e ambientalmente sustentáveis, implica em desafios muito maiores do que a mera definição de modelos tecnicamente compatíveis. É preciso repensar o processo à luz de uma nova ética[17], voltada para a apreensão do fenômeno global.

Nesta chamada "ética ecológica" (Leis, 1996) ou "ética ambiental" (Leff, 1998) , seria possível "(...) *compreender a superioridade evolutiva da cooperação e complementação em relação à oposição e o conflito*" (Leis, 1996:64). Assim, supera-se o antropocentrismo a partir da perspectiva de que a sociedade e a natureza são "parceiros com destinos interligados"[18]. Numa crítica à ética antropocêntrica, Roslton (*apud* Stöhr, 2002) denuncia:

---

[17] Segundo Stöhr (2002), as diferentes correntes existentes dentro da ética ambiental podem ter os seus fundamentos normatizados a partir de posições religiosas, metafísicas, naturalistas, lógicas, históricas, estéticas e pluralistas, o que nos dá a dimensão do debate e da heterogeneidade neste campo de estudos. A fim de evitar problemas de interpretação acerca das posições aqui adotadas, e sem que isso desvie o foco da discussão que estabelecemos, é importante deixar claro que o nosso conceito de ética ambiental aproxima-se dos fundamentos ecocentristas de Callicott (1985), associando-se a valores defendidos pela "Deep Ecology" de Naess (1984). Do primeiro, resgatamos a idéia de que toda perspectiva de conservação deve estar baseada em uma tradição holística, preocupada com a preservação de entidades não-individuais, tais como espécies, paisagens, ar, água ou a biosfera como totalidade. Com o segundo, compartilhamos a idéia de que os fundamentos de uma ética ambiental devem estar estruturalmente ligados a uma reforma social profunda, capaz de questionar fortemente o estilo de vida explorador e consumista das sociedades industriais desenvolvidas.

[18] O desenvolvimento desse processo acarreta importantes transformações também para o campo científico: "*o rígido limite entre ciência e não ciência passa a se tornar cada*

> (...) há algo de newtoniano, não ainda einsteiniano, além de algo moralmente ingênuo, ao viver num quadro de referência no qual uma espécie toma a si própria como absoluta e avalia tudo o mais em relação à sua utilidade (...). Os humanos aprenderam um altruísmo intra-especificamente. O desafio agora é aprender o altruísmo interespecificamente. (p.331).

Tal movimento sugere a substituição dos modelos formais e centralizados de planejamento – os chamados Sistemas de Gestão Ambiental (Macedo, 1994)- por modelos que privilegiem a adoção de "códigos voluntários de conduta, auto-regulação, autogestão e de instrumentos econômicos" (Jatobá et al, 2002).

Isso pressupõe a necessidade de traduzir os valores ambientais em novos comportamentos e sentidos dos agentes econômicos e dos atores sociais (Leff, 1994), instrumentando práticas de produção, distribuição e consumo que configurem novas formas de apropriação e transformação dos recursos naturais . Nas palavras de Bezerra e Fernandes (2000):

> Essa capacidade de a tudo se referir, imprimindo a todos os processos uma qualidade que os tornam diferentes do que eram antes, faz com que a sustentabilidade possa ser afirmada como um paradigma. É essa característica paradigmática da sustentabilidade que dá suporte à formulação da possibilidade de sustentabilidade urbana e que permite considerar possível e desejável que o desenvolvimento urbano possa ocorrer em bases sustentáveis. (p.32)

1.2- OS FRAGMENTOS FLORESTAIS EM ÁREAS URBANAS E A EVOLUÇÃO DO PARADIGMA CONSERVACIONISTA

Em escala mundial, a tentativa de preservação das áreas florestais em parques protegidos[19] remonta ao século XIX.

---

vez mais fluido; a divisão entre as ciências do homem e as ciências da natureza começa a perder a nitidez revelada até então e, por fim, os avanços conseguidos pela interdisciplinaridade já são colocados por alguns autores como sendo apenas uma etapa em direção àquilo que se coloca como transdiciplinaridade" (Figueiró, 1997).

[19] Segundo Spirn (1995), a palavra "parque", no sentido original do conceito inglês, referia-se a um pedaço de terra cercado, mantido por uma permissão real para a preservação dos animais de caça. Somente muito depois, este conceito foi estendido à

Segundo Diegues (1996), a idéia de criação de áreas naturais protegidas surge no contraponto do desenvolvimento urbano-industrial do Séc. XIX, numa tentativa de garantir a sobrevivência das paisagens naturais "ainda não tocadas pelo homem".

É neste contexto que se cria, em 1872, o primeiro parque nacional do mundo (Parque Yellowstone, no oeste dos EUA). Neste caso, e em toda a história subseqüente das áreas protegidas, firma-se a ruptura institucional entre o espaço dos homens e o espaço da natureza, uma vez que segundo Kemf (apud Diegues, 1996), o Parque foi criado em território dos índios Crow, Blackfeet e Shoshone-Bannock.

O modelo de conservação norte-americano inspirou a criação de Parques protegidos por todo o mundo, de onde também se inspira o modelo brasileiro. Em um pronunciamento feito à Sociedade Brasileira de Geografia, no Rio de Janeiro, em 1911, Hubmayer defende a criação do Parque Nacional de Itatiaia, considerando que este Parque,

> sem igual no mundo, estaria às portas da bela capital, oferecendo, portanto, aos cientistas e estudiosos inesgotável potencial para as mais diversas pesquisas, além de oferecer um retiro ideal para a reconstituição física e psicológica após o trabalho exaustivo nas cidades. Outrossim, apresentaria fonte de satisfação a excursionistas e visitantes curiosos dos atrativos da natureza local. (*apud* Diegues, 1996:113).

Apesar da ampla mobilização, o Parque Nacional de Itatiaia só foi criado em 1937, por iniciativa do botânico Alberto Löfgren, já que somente a partir de 1934, com a aprovação do Código Florestal, os parques passaram a existir enquanto unidade de conservação no Brasil, sendo definidos como "*monumentos públicos naturais que perpetuam, em sua composição florística primitiva, trechos do país que, por circunstâncias peculiares, o mereçam*" (Quintão *apud* Diegues, 1996:114).

Ainda segundo Diegues (*op.cit.*),

---

preservação de áreas florestais ao redor das casas de campo, onde se incorporou também, a função recreativa.

> Em 1965, o novo Código Florestal definiu como parques nacionais as áreas criadas com a finalidade de resguardar atributos excepcionais da natureza, conciliando a proteção integral da flora, da fauna e das belezas naturais com utilização para objetivos educacionais, recreativos e científicos. Naquele ano, já haviam sido criados quinze parques nacionais e quatro reservas biológicas. (p.115)

Embora apresentando uma perspectiva mais ampla que a de 1934, a definição de 1965 ainda trás incorporada a idéia central de isolamento das áreas a serem protegidas, mantendo um rígido controle sobre as atividades humanas, as quais são pré-conceituadas como geradoras de degradação e violadoras do contexto primitivo do ecossistema preservado.

Nas palavras de Bressan (1996),

> (...) apenas as Estações Ecológicas trabalham com a idéia do ecossistema como a unidade ecológica básica, prevendo, inclusive, a possibilidade a pesquisas que promovam a alteração do ambiente. As demais categorias são concebidas sobre bases teóricas superadas (...) ou, então, utilizam o conceito de ecossistema, porém num contexto marcado pela ótica da preservação como um fim em si, portanto, pela intocabilidade a qualquer título. Segundo os ecólogos conservacionistas, este procedimento justifica-se na medida em que o pleno desenvolvimento dos processsos naturais só fica garantido desde que não ocorram interferências humanas. (p.50)

A adoção de tal postura no estabelecimento de unidades de conservação tem resultado, na maior parte dos casos, na falta de engajamento da população circundante com os objetivos de preservação, promovendo práticas predatórias e dificultando a manutenção das áreas protegidas.

Isso somado à falta de regularização fundiária e à inexistência de planos de manejo, infra-estrutura e pessoal adequado, têm transformado as unidades de conservação brasileiras em áreas problemáticas de disputa entre um Estado omisso e as populações locais que, ou se descomprometem, ou buscam nestas áreas, muitas vezes de forma ilegal, alguma forma de viabilização econômica.

Acerca desta questão, comenta Bressan (*op.cit.*):

> As proposições conservacionistas fundamentadas na reprodução de ecossistemas "naturais" em equilíbrio permanente não consideram que é impossível anular a ação humana sobre os mesmos, mas apenas regulá-la. (p.45)

Diferentemente da política de conservação "*in situ*", baseada no modelo americano, desde 1976 a UNESCO vem desenvolvendo uma outra estratégia de conservação que prevê uma maior flexibilidade e envolvimento das comunidades locais, através do estabelecimento de "Reservas da Biosfera".

1.2.1- As Reservas da Biosfera como instrumentos de gestão

A idéia de criação de "Reservas da Biosfera" surgiu em 1974, dentro do programa da UNESCO "O homem e a biosfera" (MAB), buscando conciliar a conservação da biodiversidade com o uso sustentável dos recursos naturais (UNESCO, 2001).

As Reservas da Biosfera aliam à ***função conservacionista***, as funções de ***desenvolvimento local*** (promoção de desenvolvimento econômico e humano que seja socioculturalmente e ecológicamente sustentável) e de ***logística*** (promovendo suporte para a pesquisa, monitoramento e educação ambiental).

Segundo Dogsé (2004) estas funções são alcançadas por meio de um zoneamento claramente definido (figura 1.3), onde se destacam:

- Uma área central (***core area***) constituída pelos locais para conservação da diversidade biológica através do monitoramento de ecossistemas, realização de pesquisas não destrutivas e outras atividades de baixo impacto, como a educação ambiental.
- Uma zona tampão (***buffer zone***) claramente identificada ao redor da (ou das) área (s) central (is), usada para atividades compatíveis com as práticas ecológicas sustentáveis, incluindo

educação ambiental, recreação, ecoturismo e pesquisa básica e aplicada.

- Uma área flexível de transição (***transition area***) que pode abarcar uma variedade de usos humanos, e onde as comunidades locais, agências públicas de gestão e planejamento, cientistas, ONGs, grupos culturais e outras formas de organização social possam estabelecer, conjuntamente, um plano de manejo que preveja o desenvolvimento sustentável da área.

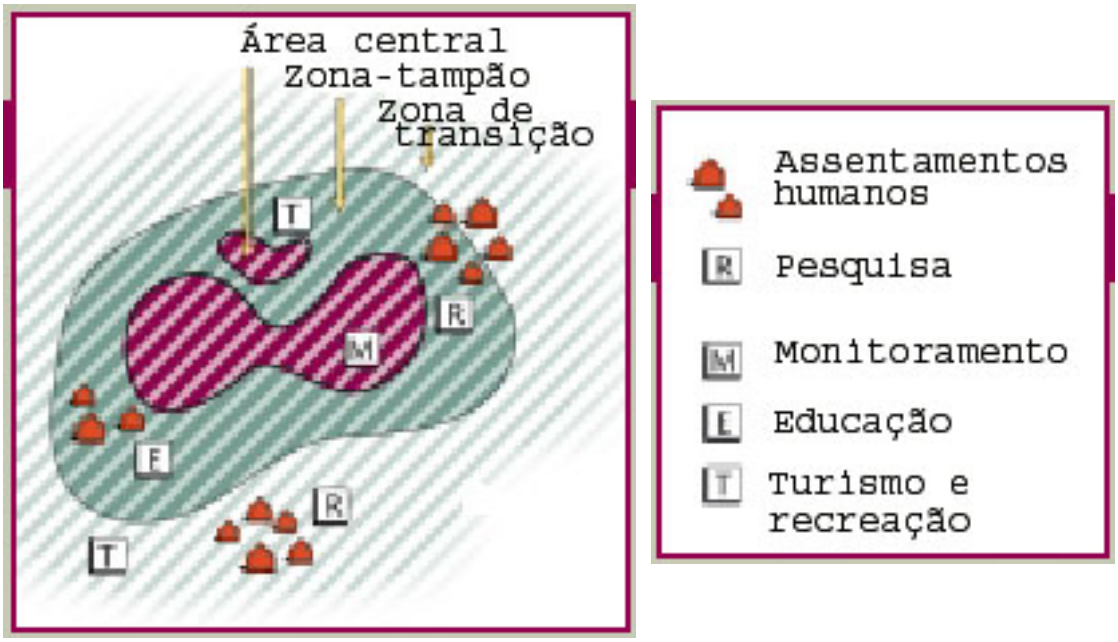


Figura 1.3- Modelo de zoneamento das Reservas da Biosfera adotadas pela UNESCO, destacando-se os usos possíveis em cada das zonas.
Fonte: traduzido de UNESCO (2002).

Segundo Stanvliet et al (2004) a grande vantagem de aplicação deste modelo de conservação está na possibilidade de implementação do modelo em diferentes escalas (desde o regional até o estritamente

local – figura 1.4), além da flexibilidade na definição do zoneamento interno às reservas[20].

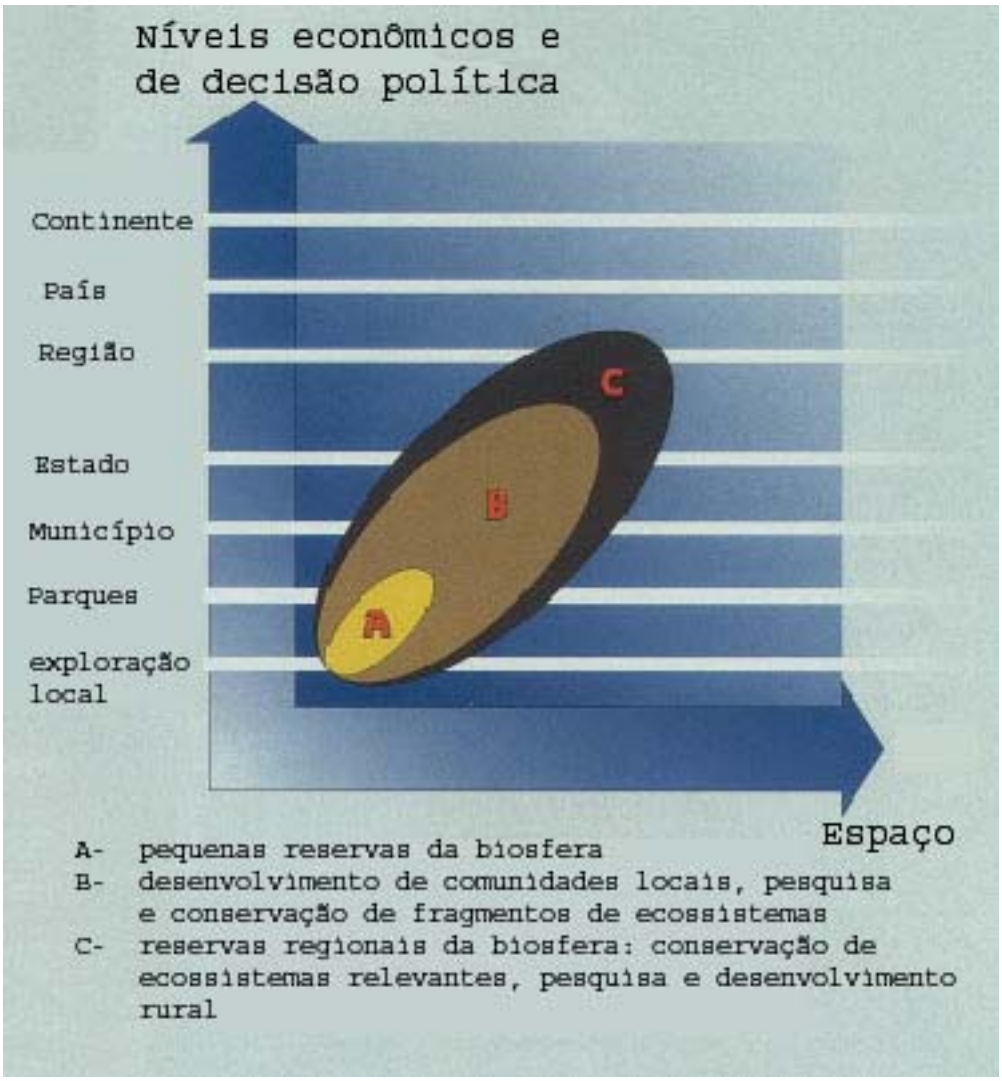


Figura 1.4- Esquema de implementação das Reservas da Biosfera em diferentes escalas. Fonte: UNESCO (2001)

[20] No caso das zonas-tampão, Stamvliet et al(*op.cit.*) comentam que elas tanto podem ser implementadas de forma espacial (delimitação física de uma faixa marginal às áreas-núcleo) quanto de forma funcional (especialmente no caso das áreas urbanas, onde o contraste de usos se dá de forma abrupta e onde não há espaço suficiente para a delimitação de amplas faixas marginais. Nestes casos é possível, segundo os autores, estabelecer uma "interpretação funcional" para as zonas tampão e de transição, investindo na mudança de comportamento e de atitudes da população residente em áreas imediatamente adjacentes às áreas-núcleo.

Tal flexibilidade de implementação deste modelo tem permitido a sua ampla utilização na conservação de ecossistemas relevantes em áreas urbanas[21] e assentamentos humanos em geral.

Nas palavras de Dogsé (2004), "(...)*as principais razões pelas quais os países estão adotando o conceito de reserva da biosfera são, sem sombra de dúvida, as grandes tendências mundiais de crescimento urbano e o papel crítico que as cidades e áreas urbanas desempenham no debate do desenvolvimento sustentável*" (p.14).

Graças a estas questões acima referidas, a Rede Mundial de Reservas da Biosfera já conta hoje, após 30 anos de funcionamento, com mais de 400 reservas, distribuídas em cerca de 91 países. Destas, seis encontram-se em território brasileiro. São elas:

- Reserva da Biosfera da Mata Atlântica;
- Reserva da Biosfera do Cinturão Verde de SP;
- Reserva da Biosfera do Cerrado;
- Reserva da Biosfera do Pantanal;
- Reserva da Biosfera da Caatinga;
- Reserva da Biosfera da Amazônia Central.

A primeira destas áreas (RB da Mata Atlântica) assume um papel extremamente relevante na conservação dos ecossistemas em território brasileiro, não apenas pelo seu caráter regional, mas também pela diversidade biológica que abrange, pela história de devastação que carrega e pela localização, junto à faixa mais densamente urbanizada do país.

[21] Segundo Alfsen-Norodom (2004), o conceito de reserva da biosfera, aprimorado a partir da estratégia elaborada em 1995, na conferência da UNESCO, em Sevilha, " (...)*é um dos poucos conceitos em conservação que reconhece o valor dos sistemas urbanos* (...)" na geração de um desenvolvimento sustentável.

CAPÍTULO 2

MUDANÇAS AMBIENTAIS NO DOMÍNIO DA MATA ATLÂNTICA DE ENCOSTA: UMA REVISÃO DE ESCALAS. PROBLEMÁTICA E OBJETIVOS.

"Nossas preciosas matas vão desaparecendo, vítimas do fogo e do machado destruidor da ignorância e do egoísmo. Nossos montes e encostas vão-se escalvando diariamente, e com o andar do tempo faltarão as chuvas fecundantes que favoreçam a vegetação e alimentem nossas fontes e rios, sem o que o nosso belo Brasil, em menos de dois séculos, ficará reduzido aos paramos e desertos áridos da Líbia. Virá então este dia (dia terrível e fatal), em que a ultrajada natureza se ache vingada de tantos erros e crimes cometidos."

José Bonifácio de Andrada e Silva

Representação à Assembléia Constituinte e Legislativa do império do Brasil sobre a escravatura, 1823.

2.1. INTRODUÇÃO

Embora a região amazônica concentre as maiores taxas de desmatamento dentre os ecossistemas florestais brasileiros, é sobre a região da Mata Atlântica que recaem as maiores preocupações, uma vez que 92,7% da área deste ecossistema que já foi devastada (Helene, 1996).

Tal fato nos remete à análise de que não apenas a floresta tropical de encosta foi quase totalmente removida, como também para o fato de que os 7,3% restantes, encontram-se distribuídos em fragmentos ecologicamente insustentáveis para a manutenção deste que, além de ser um dos ecossistemas de maior biodiversidade do planeta, desempenha funções ambientais da mais alta importância para os assentamentos humanos que se desenvolvem ao longo do litoral brasileiro.

Diferentemente da região amazônica, onde a floresta tropical se descortina em um mosaico de florestas diversas, cada qual com uma estrutura e dinâmica bastante diferenciada, na mata atlântica há uma mudança gradual e suave dos geoecossistemas ao longo da sua extensão latitudinal. Neste ambiente, as maiores variações ocorrem muito mais em função da diferença de altitude, do que propriamente da latitude (Brown e Brown, 1992).

Assim, "(...) *os principais fatores condicionantes da mata atlântica (topografia, substrato, clima, drenagem, floras diversas), aliados á distribuição extensa ao longo do litoral, que implica em variações latitudinais, determinam diferenças regionais e locais nas florestas da encosta atlântica*" (Adams, 2000: 75).

Se a existência da diversidade fitofisionômica e florística da mata atlântica (Rizzini, 1979) sempre foi o objeto de sua maior valorização ambiental[1] e econômica, por outro lado, acabou acarretando grandes

1 A riqueza deste geoecossistema é tão grande, que os dois maiores recordes mundiais de diversidade botânica para plantas lenhosas, pertencem à mata atlântica (454 espécies/ha em uma área ao sul da BA, e 476 sp/ha em uma área de mesmo tamanho no norte do ES). As

debates e uma histórica dificuldade de definição dos seus limites (Sato, 1995)- quadro 2.1.

Quadro 2.1- Principais denominações dadas à Mata Atlântica, por diferentes autores. Fonte: Silva, *apud* Adams, 2000).

AUTOR (data)	DENOMINAÇÃO
Martius (1837)	Região das dríades
Wappaeus (1884)	Zona litoral
Sampaio (1945)	Flora geral ou extra-amazônica
Aubréville (1961)	Região das florestas costeiras
Coutinho (1962)	Floresta pluvial atlântica
Rizzini (1963)	Setor da cordilheira marítima da sub-província austro-oriental da província atlântica dos neotrópicos
Andrade-Lima (1966)	Floresta perenifólia latifoliada higrofílica costeira
Hueck (1972)	Floresta úmida costeira do Brasil
Romariz (1972)	Floresta tropical úmida latifoliada das encostas
Ab'Saber (1977)	Província fitogeográfica tropical atlântica
Fernandes e Bezerra (1990)	Sub-província dryadica

Somente a partir da década de 90, com o cruzamento dos dados de variabilidade biológica com as informações de natureza geomorfológica e geográfica, foi possível se chegar a uma definição ampla que englobava a floresta litorânea, as matas de araucária, as florestas deciduais e semideciduais interioranas e ecossistemas associados como

estimativas indicam ainda que este geoecossistema abriga ainda 261 espécies de mamíferos (sendo 73 endêmicas), 620 espécies de pássaros (sendo 160 endêmicas), 260 espécies de anfíbios (sendo 128 endêmicas), além de aproximadamente 20.000 espécies de plantas vasculares, das quais 50% são endêmicas (Lima e Capobianco, 1997).

restingas, manguezais, florestas costeiras, campos de altitude e encraves de campos, brejos de altitude e cerrados (Capobianco, 2001).

Esta definição se consolidou a partir de 1992, com a adoção do conceito de "domínio da mata atlântica" por parte do CONAMA, conceito este que passou a fazer parte do Decreto Federal nº 750, de fevereiro de 1993.

Assim, passaram a ter a denominação genérica de Mata Atlântica as áreas primitivamente ocupadas pelas seguintes formações vegetais constantes do Mapa de Vegetação do Brasil (IBGE, 1989) que, a exceção dos encraves no Nordeste, formavam originalmente uma cobertura florestal praticamente contínua nas regiões sul, sudeste e parcialmente no nordeste e centro-oeste: Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista, Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Estacional Decidual, manguezais, restingas, campos de altitude, brejos interioranos e encraves florestais do Nordeste (Capobianco, 2001) – figura 2.1.

Mantidas as condições hídricas atuais e desconsiderando-se a presença humana, a mata atlântica, assim como todas as florestas tropicais não-perturbadas do globo, tenderia a se manter em equilíbrio, por um princípio de homeostase (auto-equilíbrio). Em outras palavras, na ausência de um fator externo de degradação, as florestas naturais são auto-mantidas de acordo com processos locais de mortalidade, crescimento e regeneração. As árvores perdidas são continuamente substituídas por novos recrutamentos (Swaine *et al*, 1987).

Infelizmente esta situação está muito longe de acontecer, já que desde a colonização brasileira, tanto a floresta atlântica quanto os ecossistemas costeiros a ela associados têm estado sujeitos à degradação e fragmentação (figura 2.2), seja pelo adensamento urbano ao longo da costa, pelos ciclos do pau-brasil e da cana-de-açúcar, pela extração do ouro, pela transposição das serras costeiras para chegar nos planaltos

interiores ou, mais recentemente, pela apropriação econômica da biodiversidade e instalação de complexos industriais (Melo, 2000).

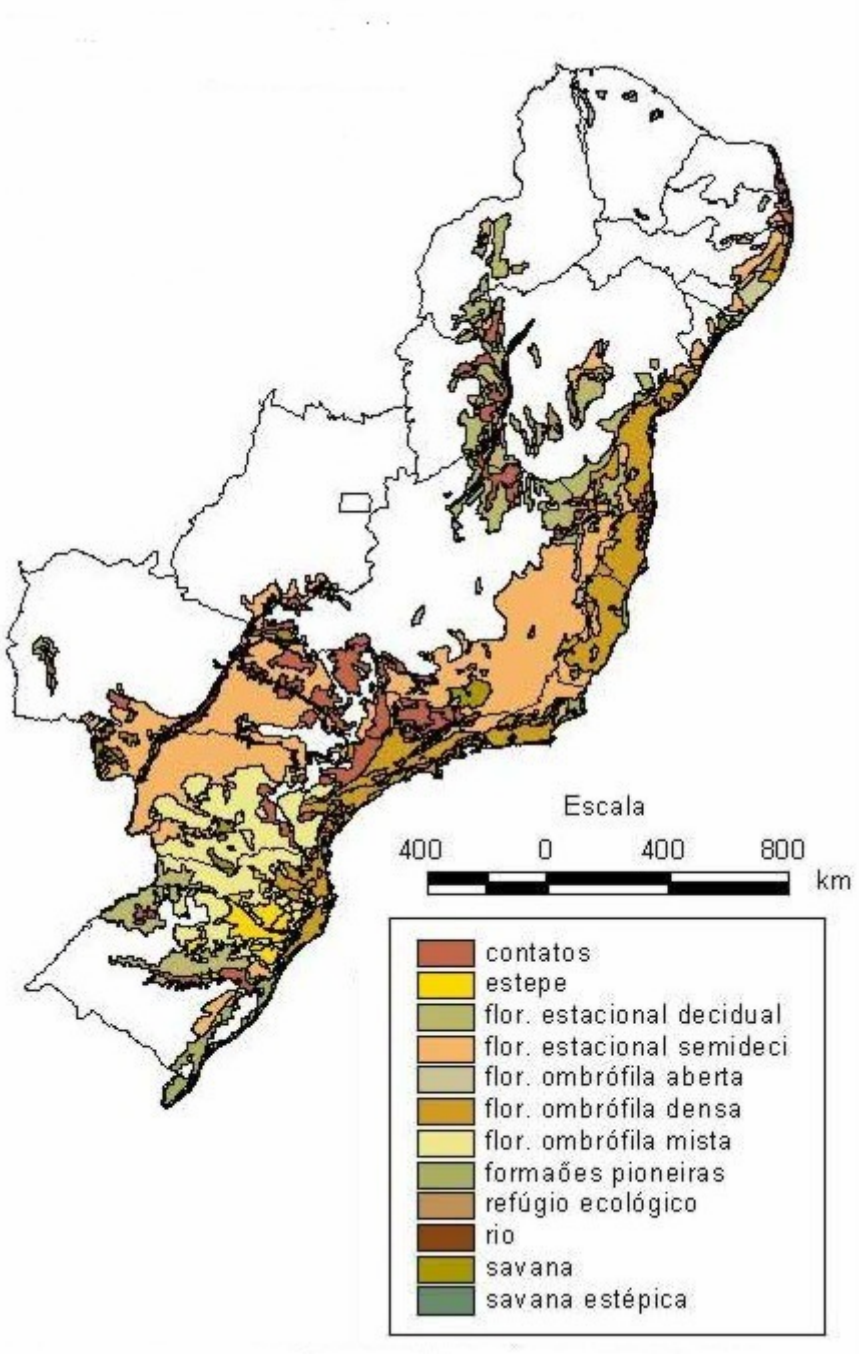


Figura 2.1- Mapa dos diferentes biomas que compõem o "domínio da mata atlântica"
Fonte : Lima e Capobianco, 1997.



Figura 2.2- Mapa atual dos remanescentes florestais da Mata Atlântica, em comparação com a área original ocupada pelos biomas.
Fonte: Fundação SOS Mata Atlântica

Embora este processo histórico de degradação não seja uma exclusividade de nenhuma região de floresta tropical em particular, no caso da mata atlântica suas conseqüências podem ser mais danosas do que em outras áreas, tendo em vista o frágil equilíbrio natural estabelecido. Segundo Rebelo (1994), a mata atlântica pode ser caracterizada como um sistema mais fechado do que a maioria das demais florestas tropicais, uma vez que a maior parte de seus fluxos internos de nutrientes é controlada, em maior grau, pelos seus

componentes bióticos, havendo menor dependência de entradas externas.

Semelhante conclusão é apresentada por Dean (1996), ao descrever o processo de auto-regulação da mata atlântica, em contraste com outras regiões de florestas tropicais:

> (...) o desenvolvimento do solo depende em grande parte da cobertura da vegetação, e não o contrário. A folhada caída das árvores costuma ser duas vezes mais pesada que a das florestas temperadas e é rápida e continuamente mineralizada por cupins, fungos e bactérias. A sombra densa da floresta fornece condições ambientais para a formação de uma camada fértil de húmus. Assim, a floresta cresce e se espalha sobre um substrato orgânico gerado por ela mesma. (p. 27).

Assim, pensar a sustentabilidade desta floresta hoje, pressupõe um conhecimento profundo não apenas da sua estrutura e dinâmica ecológica, mas também dos processos que produziram (e produzem até hoje) a sua fragilização ao longo da história. Somente assim, conseguiremos enxergar para além do entendimento dos métodos de recuperação, ou seja, poderemos pensar nas possibilidades de recuperação e manutenção frente à pressão dos usos presentes e futuros que se delineiam.

2.2 DO BRASIL AO RIO DE JANEIRO: A MATA ATLÂNTICA AO LONGO DA HISTÓRIA E A DIFÍCIL RELAÇÃO ENTRE CIDADE E A FLORESTA.

Já se tem tornado bastante conhecidos os meandros da história que, ao longo de 500 anos, alimentou os impulsos do capital na tentativa de expansão das fronteiras econômicas desse país, mesmo que em detrimento da superexploração e, em alguns casos, praticamente aniquilamento dos recursos naturais. Neste sentido, fazem eco às palavras escritas por José Rodrigues Melo em 1781 (*apud* Pádua, 2002), estimulando o "espírito empreendedor" de todos os que se apossavam das terras aqui encontradas:

> E, já que o remoto Brasil possui imensas florestas, ainda intactas desde a época de Deucalião, é fácil enfim compensar o repouso de um campo inativo e proporcionar às plantas novos abrigos num bosque arrasado. Derrube, portanto, a mata com a foice curva e o duro machado, mas cautelosamente, pois tal empresa é cheia de perigo. (p.69).

Certamente não eram os perigos da devastação a que se referia Rodrigues Melo, já que desde o início os colonizadores estabeleceram a exploração direta e irrefreável da natureza como o principal eixo da busca por riquezas nesta parte do continente[2]. A base natural do território era exuberante e de acesso relativamente fácil. Assim, como nos lembra Pádua (2002), "(...) *à vontade de explorá-la, da maneira mais agressiva que fosse possível, marcou o nascimento do Brasil como entidade política*" (p.72). Dessa forma, afirma o autor (*op.cit.*), "*o Brasil não foi um caso isolado de destruição ambiental na história colonial e pós-colonial dos últimos séculos. Mas foi, sem dúvida, um dos casos mais exemplares*" (p.72).

Muito se tem dito sobre as conseqüências dessa devastação histórica na perda de biodiversidade ou mesmo no aumento dos processos erosivos, mas ainda pouco se tem explorado acerca do papel da retirada desta cobertura florestal na modificação da dinâmica hidrológica do sistema ambiental. Em algumas regiões, como no caso do Rio de Janeiro, estas modificações foram decisivas na redefinição dos planos de abastecimento de água, gerando desequilíbrios que se propagam até os dias de hoje.

2.2.1. O café, a água e a floresta: uma difícil equação.

Poucas regiões no Brasil sofreram de forma tão violenta os efeitos da devastação florestal quanto o Rio de Janeiro. Seja pelo fato de que a capital do império tendia a reverberar de forma mais intensa os debates

[2] Neste sentido, comenta Dean (1996): "*(...) a falta de um achado de ouro, pode ter sido quase tão danosa para a Mata Atlântica quanto a própria descoberta de ouro o havia sido*" (p.186).

políticos da época, seja pelo fato de que no Rio de janeiro as plantações se realizavam às portas da cidade e justamente sobre as suas áreas de captação de água, a verdade é que aqui, as discussões sobre a degradação das florestas e sobre a necessidade de se buscar novas fontes de água foram uma constante durante o período imperial.

José Bonifácio de Andrada e Silva, em uma representação feita à Assembléia Constituinte e Legislativa do império do Brasil sobre a escravatura, em 1823, já alertava:

> Nossas preciosas matas vão desaparecendo, vítimas do fogo e do machado destruidor da ignorância e do egoísmo. Nossos montes e encostas vão-se escavando diariamente, e com o andar do tempo faltarão às chuvas fecundantes que favoreçam a vegetação e alimentem nossas fontes e rios, sem o que o nosso belo Brasil, em menos de dois séculos, ficará reduzido aos páramos e desertos áridos da Líbia. Virá então este dia (dia terrível e fatal), em que a ultrajada natureza se ache vingada de tantos erros e crimes cometidos. (apud Pádua, 2002).

Outro importante intelectual da época, Francisco Freire Alemão, reconhecido médico e naturalista carioca, ao falar da queimada das matas para a introdução do café, afirmava que eram "*léguas de superfície cobertas de destroços das florestas primitivas, que se entregam ao fogo em tão vasta extensão de terreno, e por mais de 60 dias*" (*apud* Pádua, 2002:188). Neste particular, o relato de Dean (1996) parece-nos bastante ilustrativo:

> (...) durante muitas horas as cinzas caíam como chuva. O fogo ardia durante dias e depois fumegava por muitos outros, erguendo-se de suas brasas "espiráculos de fumaça cinzenta, como se saindo de fendas de uma imensa fornalha que estivesse oculta e queimasse mais embaixo". Chegavam, por fim, as chuvas que adicionavam ao esterco gorduroso do húmus e do solo os nutrientes liberados do rico leito de cinzas. (p.199).

De uma forma bastante romanceada, prossegue o autor (*op.cit.*):

> Na metade do século, à medida que se acelerava a derrubada da Mata Atlântica para o café, uma nuvem amarelada pairava sobre a província durante esses meses, obscurecendo o sol de dia e apagando as estrelas à noite.

> (...) Em agosto e setembro, as cinzas do interior caíam sobre a cidade do Rio de Janeiro: "tamanha era a quantidade de fumaça que durante dias, e mesmo meses, o sol ficava quase totalmente oculto ou, se o vemos, ele é vermelho, quase como se o enxergássemos através de vidro enegrecido". (p.199-200).

Muito embora tendo sofrido desde o início com a extração do Pau-Brasil, com a retirada de lenha para os engenhos de açúcar e com a abertura de trilhas e caminhos para a penetração no "sertão", foi durante a expansão do cultivo cafeeiro que a mata atlântica sofreu os seus mais duros golpes, especialmente no sudeste brasileiro.

Os lucros do café não apenas permitiram uma "sobrevida" à falida aristocracia colonial, como também asseguraram uma momentânea estabilidade política ao governo imperial que, sem dinheiro, tentava se manter em meio às rebeliões regionais e à pressão da burocracia civil e militar. Assim, explica Dean (1996), a consolidação do Estado brasileiro foi amparada pelas receitas do café, que afluíam para a alfândega do Rio de Janeiro.

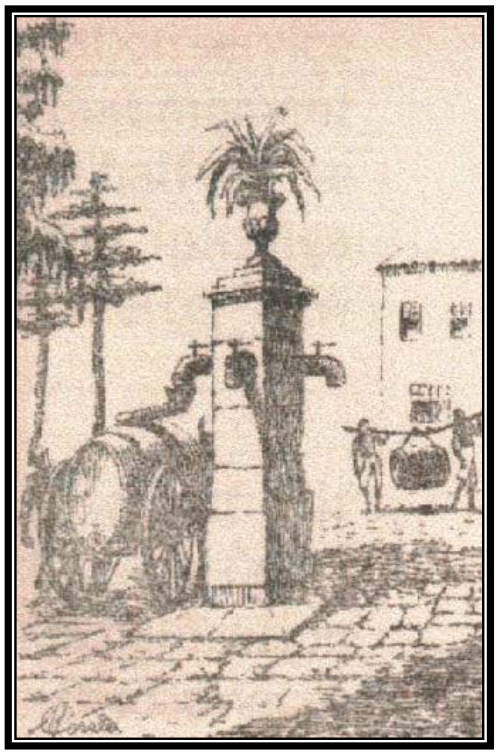


Figura 2.3 - Segundo Scheiner (1976), uma das principais ocupações dos escravos domésticos no Rio de Janeiro imperial, era enfrentar filas para apanhar água para as casas de seus senhores.
Fonte: Schlee (2002)

No momento em que estas plantações de café transpõem o Vale do Paraíba e passam a ocupar as vertentes florestadas dos maciços costeiros do Rio de Janeiro, o abastecimento de água da capital começa a ficar comprometido.

Os europeus que aqui se instalaram, imitando os nativos que os precederam, dependiam exclusivamente dos pequenos rios – dos quais os mais importantes eram o Carioca e o Maracanã – para o abastecimento

de água potável, já que os poços escavados na planície forneciam água salobra. Apesar do volume modesto de água, estes rios tinham regime perene e localizavam-se nas proximidades do núcleo urbano, além de possuírem uma água de excelente qualidade. A água era captada no alto dos maciços montanhosos e trazida pela força da gravidade para ser distribuída por bicas e chafarizes públicos (figura 2.3).

O plantio de café entra no Rio de Janeiro por volta de 1750, ocupando as áreas de encosta ao redor da cidade, tendo em vista a dificuldade de instalar tais plantações nas terras mais planas, permanentemente saturadas e próximas à desembocadura dos rios (figura 2.4).



Figura 2.4- Reprodução de uma tela de Leandro Joaquim (aproximadamente de 1730), retratando uma das áreas de várzea da cidade, próximo à costa (atual Passeio Público). Uma descrição da tela, feita por Maya (1965), nos dá uma idéia do porquê as encostas da cidade representavam o local ideal, não apenas para o plantio do café, como também para refúgio da aristocracia colonial da época: "*No primeiro plano, vê-se a lagoa Grande, depois chamada de Boqueirão, que por assaz pantanosa, não só criava insetos, e mantinha grossa mosquitaria, mas ocasionava a podridão da atmosfera, recolhendo as ondas impetuosas, que ali se espraiavam*" (p.43).
Fonte: Maya (1965)

Já nas encostas íngremes, após milhares de anos de tênue ocupação humana, descortinava-se uma rica floresta tropical, assentada sobre um solo moderadamente fértil.

Acreditando-se que as características do solo condicionavam a luxuriante vegetação (e não o contrário), se estabeleceu um paradigma que, baseado no senso comum, passou a orientar a expansão da economia cafeeira da época: o plantio do café só seria bem sucedido se ocupasse áreas de "floresta virgem". Esse foi o pressuposto que deu origem a mais rápida devastação florestal já registrada na história desse país. Nas palavras de Dean (1996):

> O capital e o trabalho eram escassos demais para gastar no plantio em solos menos férteis. (...) Nas plantações do Rio de Janeiro, plantações velhas não eram replantadas mas abandonadas, e novas faixas de floresta primária eram então limpas para manter a produção. O café avançou, portanto, pelas terras altas, de geração em geração, nada deixando em seu rastro além de montanhas desnudadas. (p.195)

Diversos relatos de viajantes que passaram pelo Rio de Janeiro neste período atestam o ritmo de devastação empreendido (figura 2.5). Luccock, em 1813, afirmava que "*por todos os lados as matas caíam ao golpe do machado*" (*apud* Abreu, 1992, p. 73).

A expansão da cidade em direção às áreas florestadas das encostas, não se dava apenas pela ocupação ilegal de terras devolutas, mas, principalmente, pela concessão de propriedades chanceladas pelo Imperador, a cristãos que nelas pudessem produzir (Fridman, 1999).

Tal fato era lamentado pelo desembargador José João Teixeira Coelho, em 1780: "*(...) a facilidade que tem havido na concessão das sesmarias tem sido muito prejudicial, porque se têm queimado os matos melhores, e os mais próximos às povoações, as quais já sentem a falta das madeiras, das lenhas e dos capins*" (*apud* Pádua, 2002, p.74).



Figura 2.5- Reprodução de um desenho a bico de pena, de autoria de José de Christo Moreira, retratando a praia de Botafogo entre 1810-1815. Percebe-se claramente nesta ilustração, a ocupação das encostas cariocas pelo cultivo do café, até mesmo em áreas aparentemente de grande declividade.
Fonte Maya (1965).

No curto espaço de tempo em que se desenvolveu, a cultura do café promoveu os maiores impactos ambientais que a então capital do império já assistira[3]. Segundo Amador (1992),

> No período entre 1760, quando timidamente foi implantado, na atual rua Evaristo da Veiga, e 1840, quando se desloca de São Gonçalo para o Cantagalo, o café deixou na sua passagem um rastro de destruição, atingindo os três maciços cariocas (Tijuca, Pedra Branca e Mendanha), os contrafortes da serra do Mar, na baixada, e as colinas e vertentes do maciço litorâneo de Itaboraí, Marica e São Gonçalo. (p.224)

O quadro presente no Anexo 1 apresenta uma sistematização cronológica[4] dos principais eventos ligados ao processo de degradação / preservação das áreas florestadas no município do Rio de Janeiro, bem como as suas conseqüências imediatas para o abastecimento de água e desastres naturais (secas e inundações), desde o período colonial até os dias atuais.

---

[3] Segundo as estimativas de Drummond (1997), só no estado do Rio de Janeiro, 25 mil Km^2 de floresta foram transformadas em lavouras de café.

[4] Os dados foram compilados e sistematizados das obras de Abreu (1992, 1997 e 1997[a]), Brandão (1992, 1997 e 2001), Drummond (1997), FUNDREM (1982), Silva (1965), Pádua (2002) e Fridman (1999). Nos casos em que se identificou conflito de datas para o mesmo evento, optou-se por utilizar a data citada pelo maior número de autores.

Diferentemente de outras partes do mundo, onde o café era cultivado à sombra, no Brasil a introdução desta cultura esteve sempre associada à retirada integral da cobertura florestal, muito provavelmente porque "(...) *a derrubada e a queimada*[5] *eram a maneira mais barata de iniciar a produção, e isso talvez bastasse para justificá-las*" (Dean, 1996, p. 197).

Instalada a lavoura sobre a área originalmente recoberta por floresta, restavam apenas alguns "paus d'alho", preservados como "testemunhos da fertilidade das terras", para quando o proprietário delas quisesse se desfazer. O relato feito por Dean (1996), nos dá uma dimensão mais precisa dessa prática:

> Trabalhando de baixo para cima a partir da base da montanha, brandiam os machados sucessivamente contra cada árvore, trabalhando até que o tronco, ainda inteiro, gemesse com a iminência de sua queda. Um capataz experiente observava cuidadosamente a rampa da montanha, a posição de cada árvore e os cipós – abundantes nesse setor da Mata Atlântica -, que prendiam cada uma à sua vizinha, e dirigia o corte de forma a cada uma ficar posicionada para cair em uma direção precisa. Os lenhadores iam subindo, talhando em um e depois em outro tronco, cada vez mais acima, até que se chegava ao cume. (p.197).

Os troncos caídos eram, então, deixados em posição concordante à inclinação da vertente, a fim de que pudessem orientar a plantação das fileiras de café (figura 2.6). Se, por um lado, esta prática favorecia a vigilância dos escravos (tendo em vista que eles trabalhavam em fileiras retas, acompanhando o gradiente da encosta), por outro, representava a pior alternativa possível do ponto de vista da degradação dos solos. As chuvas que escoavam pelas encostas carregavam uma quantidade

[5] Um detalhe pitoresco desse processo é que, segundo Drummond (1997), os riscos inerentes à prática de desflorestamento justificava o não uso da cara mão-de-obra escrava nessa prática. Dessa forma, "*o desmatamento era quase sempre confiado a trabalhadores livres (...). Freqüentemente, a tarefa se fazia como uma empreitada, em troca do direito de usar temporariamente as áreas desmatadas para agricultura ou pecuária de subsistência e/ou do direito de vender carvão vegetal ou madeiras de lei*".

cada vez maior de sedimentos, com velocidade e eficiência, aprofundando canais e retirando nutrientes que jamais eram repostos.

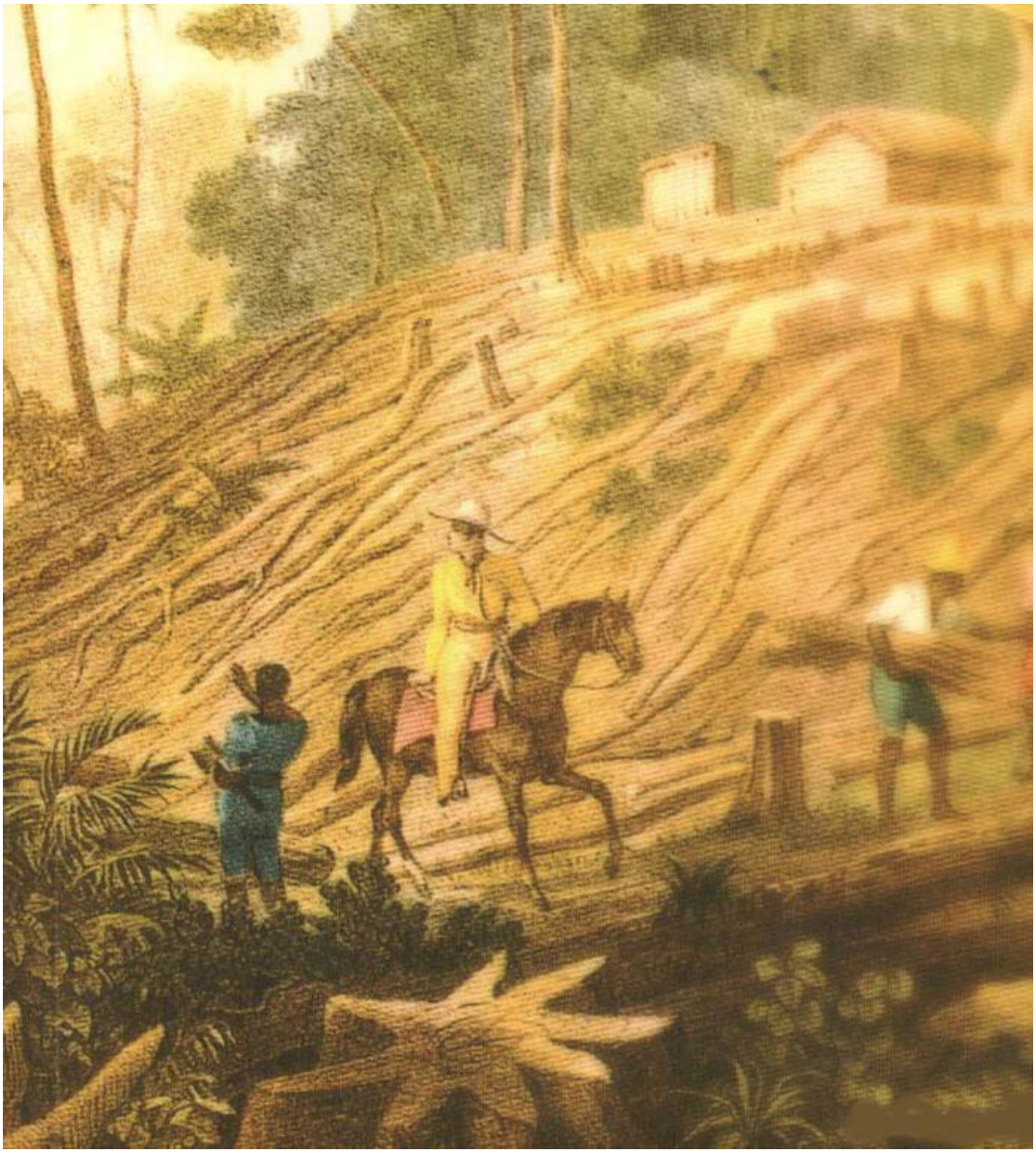


Figura 2.6- Óleo sobre tela, de Rugendas, ilustrando a abertura de uma área de floresta para a instalação de uma lavoura de café, nos arredores do Rio de Janeiro.
Fonte: O Brasil de Rugendas- Vol. 1 (*apud* Pádua, 2002).

O resultado de tão insustentável manejo era que, ao curso de 15 a 20 anos, os cafezais eram abandonados, e novas áreas precisavam ser abertas. Comenta Drummond (1997): "(...) anos depois de abandonados, nesses trechos se formavam fendas erosivas e/ou uma rala vegetação

invasora de gramas, capins, samambaias e outras ervas, cobrindo morros ou insinuando-se entre os remanescentes de Coffea arábica". (p.109).

Dado o fato de que esta senilidade precoce das áreas cafeeiras já estava prevista no escopo cultural dos fazendeiros, a maior valorização das áreas postas à venda, não era dada pelos cafezais já implantados, mas precisamente pela existência de áreas de mata virgem, que representavam por si só, a possibilidade de renovação das lavouras de café.

As lavouras abandonadas que não eram entregues a um cultivo de subsistência ou transformadas em chácaras de lazer (naquelas áreas mais próximas da cidade), eram eventualmente retomadas pela sucessão vegetal, formando pequenas capoeiras ao final de alguns anos de abandono. Porém, até mesmo estas áreas estavam sujeitas a um novo impacto, tal como nos relata Drummond (1997):

> Não era raro que pequenos trechos de florestas remanescentes ou secundárias eventualmente existentes em fazendas decadentes fossem finalmente cortados, principalmente para a produção comercial de lenha. Até fazendeiros abastados eram obrigados a isso, pressionados por dívidas que a sua cafeicultura decadente não conseguia cobrir. Mesmo nos estertores, portanto, uma velha fazenda de café ainda exercia o seu poder destrutivo contra os eventuais remanescentes da mata nativa. (p.115).

O resultado desse processo não poderia ser outro, senão o da substituição progressiva de grande latifúndios cafeicultores com mão-de-obra intensiva, por latifúndios degradados e empobrecidos, entregues à pecuária extensiva e com baixa mão-de-obra, resultando em estagnação econômica e pobreza humana. São paisagens de "cidades mortas", que tempos depois Monteiro Lobato eternizaria, na região do Vale do Paraíba. Assim, conclui Drummond (*op.cit*):

> Entre 1780 e 1860, mais ou menos, quase toda fronteira florestal da área do Rio de Janeiro foi consumida sob a ilusão dessa miragem. As desgastadas terras do Estado do Rio de Janeiro são hoje, em grande parte, o resultado dessa "caligrafia humana" um tanto analfabeta que os cafeicultores escreveram na paisagem. A situação atual

> dessas terras é um autêntico documento dos seus valores e usos ambientais. Trezentos anos antes, essas mesmas terras com outras paisagens, extasiaram os primeiros europeus que, no efêmero deslumbramento, as descreveram como um "paraíso perdido". (p. 125).

2.2.2- Quanto mais café, menos água!

A relação entre a devastação florestal e os problemas ambientais urbanos na cidade do Rio de Janeiro, já era por demais conhecida desde os tempos do Brasil Colônia, mas com a intensificação do cultivo cafeeiro e sua conseqüente degradação das terras, passou a causar sérias preocupações em determinados setores da intelectualidade da época.

Em 1858, Guilherme Capanema publicou um livro sobre a agricultura no Brasil[6], de onde já se observa uma correta compreensão acerca da funcionalidade hidrológica das áreas florestadas :

> "O corte das matas tem grande influência sobre as águas; com eles desaparecem as chuvas em parte, e mesmo estas quando caem não encontram mais um chão coberto de folhas, da camada de humo, e das fibras das raízes de árvores que impedem o seu correr na superfície de um chão compacto; ao contrário, obrigam a água a infiltrar-se no solo, assim alimentando os córregos e rios; também a sombra do arvoredo impede que os raios solares dardejem diretamente uma superfície despida, e façam evaporar a pouca água que ainda não teve tempo de penetrar a uma profundidade suficiente para subtrair-se a esta ação". (apud Pádua, 2002, p. 209).

A preocupação do autor também se estendia às florestas de encosta, tal como ele se refere mais adiante:

> Em montanhas íngremes, formadas de rochedos cobertos de tênue camada de terra, de maneira nenhuma se deve cortar o mato, porque nesses encontram-se as nascentes pertos dos cimos e faltando a cobertura protetora secam as águas infalivelmente. Além disso as fortes pancadas de chuvas lavam a pouca terra e vão entulhar os rios com bancos de areia, e as águas achando esse rápido escoamento dão causa a enchentes devastadoras (*op.cit.*).

---

[6] "Agricultura: fragmentos de um relatório dos comissários brasileiros à Exposição Universal de Paris".

Capanema voltaria a este assunto em uma publicação de 1902, onde o autor chama a atenção para a escassez dos recursos hídricos provocada "*pela criminosa destruição das matas expostas à extraordinária voracidade das locomotivas e aos bárbaros meios de cultura*[7]" (apud Pádua, 2002: 210).

As políticas públicas empreendidas desde o tempo do império para a recuperação do abastecimento de água e atendimento da demanda crescente no Rio de Janeiro, foram direcionadas para três direções distintas: num primeiro momento, buscaram-se novas fontes de abastecimento nos maciços montanhosos cada vez mais distantes da área urbana, de onde a água era trazida por aquedutos e tubulações (figura 2.7) até as áreas mais centrais da cidade, para ser distribuída por meio dos chafarizes públicos (figura 2.8).



Figura 2.7- Reprodução de uma tela do Séc. XIII que retrata o aqueduto da carioca, construído em 1744, com dupla arcaria de pedra e cal, para transportar a água diretamente do Morro do Desterro ao de Santo Antônio.
Fonte: Maya (1965)

[7] "Reflexões sobre a Geografia do Brasil e sua necessidade"



Figura 2.8- Reprodução de uma aquarela de 1824, de Jacob Jansson, retratando o "tanque das lavadeiras", atrás do chafariz da Carioca. Os chafarizes da cidade, além do importante papel de abastecimento de água, eram locais de socialização para toda a sorte de pessoas

Desde 1565, quando se tem o registro do primeiro poço aberto por Estácio de Sá para o abastecimento da futura cidade, até a primeira metade do século XIX (quando começam a aparecer às primeiras medidas protecionistas, com vistas a resguardar as fontes de abastecimento), a cidade do Rio de Janeiro contou com a mata atlântica para garantir a funcionalidade hidrológica do sistema de abastecimento.

Foi justamente o processo de degradação e retração florestal, associados ao aumento crescente da população da cidade, que deram origem aos primeiros sintomas de desequilíbrio profundo no processo de abastecimento.

2.2.3- A floresta retoma o seu lugar

Ironicamente, a exaustão dos solos e a conseqüente decadência da economia cafeeira nos arredores da capital, abriram caminho para as iniciativas de recuperação e preservação das áreas de florestas na

primeira metade do século XIX. Nas palavras de Abreu (1992), "(...) *não se podia mais correr atrás de novos mananciais no maciço da Tijuca, se as próprias condições de existência dessas fontes não fossem garantidas" (*p.65).

Segundo este mesmo autor (*op.cit.*), a seca de 1843 representou um marco decisivo para a instalação de medidas conservacionistas que visavam o restabelecimento das vazões das nascentes que iam progressivamente secando, frente ao processo de degradação promovido pelo café. Já em 1844, o governo imperial (...)

> (...) mandou abastecer com novas plantações as matas existentes, que estão desfalcadas, e ampliá-las com outras artificiais, alternando nestas as árvores de pronto crescimento e de pouca duração, com as de grande duração e crescimento tardio, a fim de que, quando perecerem as primeiras, achem-se as segundas em estado de suprir a sua falta. (Ministério do Império, *apud* Abreu, 1992, p.77).

Estas iniciativas configuraram o que se pode chamar de segundo momento no processo de abastecimento público da cidade do Rio de Janeiro. Buscou-se, ainda no século XIX, iniciar um processo de recuperação florestal das áreas de cabeceiras de drenagem, de onde se origina a iniciativa de replantar espécies nativas na área que, a partir de 1961, passou a abrigar o Parque Nacional da Tijuca[8].

Certamente que um dos principais obstáculos à restauração das áreas de floresta, na época, era a proliferação das propriedades particulares na área originalmente de floresta, e os diferentes usos predatórios que nelas se realizavam. Tanto assim, que o Ministro da agricultura afirmava, já em 1856:

> Convencidos da indeclinável e urgente necessidade de se afastar da proximidade dos mananciais e aquedutos a

8 Esta área é hoje povoada por uma floresta secundária tardia, cuja maturidade foi acelerada pela introdução de espécies típicas da floresta madura. Segundo o IBDF (apud Drummond, 1997), esta floresta ainda alimenta 148 canais perenes, alguns dos quais fornecem água para casas e sítios isolados. Os canais maiores, nos seus cursos inferiores, foram integrados ao sistema de escoamento pluvial da cidade. O Maracanã e o Comprido foram canalizados a céu aberto, enquanto que o Carioca, do Cosme Velho ao Flamengo, encontra-se totalmente canalizado.

> propriedade particular, que tão prejudicial tem sido à conservação e pureza das águas, (...) tratei de não demorar por mais tempo a aquisição de alguns terrenos, e de dar todo impulso aos meios necessários para a compra de outros. (...) Grande parte destas majestosas florestas, protetoras destes mananciais, havia já desaparecido para dar lugar a pequenas plantações ou para servir à indústria do lenhador. Além deste grande mal, as fábricas e moinhos estabelecidos junto aos cursos d'água, e mesmo a simples vizinhança de habitações, viciavam-nas em prejuízo da salubridade pública. (Couto Ferraz, *apud* Pádua, 2002, p. 223).

Assim, entre 1862 e 1887, 95 mil mudas foram plantadas nos terrenos adquiridos pelo governo imperial, sob a coordenação do Major Archer. Estes lotes, somados às extensas áreas de lavoura abandonada, em processo de regeneração natural, deram origem a este ecossistema de floresta secundária que hoje ocupa as principais áreas montanhosas do Maciço da Tijuca.

Tal iniciativa foi saudada por José de Alencar, em seu romance *Sonhos d'ouro*, publicado em 1872, ao afirmar: "*o mesmo 'homem civilizado', que abateu os troncos gigantes para fazer carvão, agora que precisava de sombra para obter água, arroja-se a inventar uma selva, como se fosse um palácio*" (*apud* Pádua, 2002, p.225).

> Retirando mudas coletadas na vizinha Floresta das paineiras, além das mudas adquiridas no Jardim Botânico e daquelas trazidas da sua fazenda em Guaratiba, Archer e uma equipe de 10 escravos e um feitor, realizavam todas as tarefas concernentes ao reflorestamento: reconhecimento e limpeza do terreno, demarcação, derrubada de árvores mortas ou doentes, localização, coleta e transporte de mudas, abertura de covas, transporte, plantio, manejo e substituição de mudas, conservação das sementeiras, compra e transporte de equipamentos e suprimentos, além da tarefa de vigilância.

O resultado mais evidente desta dedicação foi o de que "(...) *todas as nascentes de rios que foram cobertas com árvores verteram mais água ou permaneceram num nível mais estável*" (Archer *apud* Drummond, 1997, p.226).

A "ligação" da cidade com a floresta foi parcialmente resgatada pelo retorno da funcionalidade hidrológica e das fontes locais de abastecimento, muito embora estas tenham sido progressivamente desativadas à medida que a cidade crescia (figura 2.9).

Além disso, o grande crescimento da cidade do Rio de Janeiro ao longo do século XX, associado à ocupação das encostas, dá início a uma nova fase de degradação e retração florestal, tornando os desastres naturais um fenômeno recorrente do quotidiano da capital. Uma sistematização dos dados (figura 2.10) apresentados por Abreu (1992 e 1997), Brandão (1992, 1997 e 2001) e Drummond (1997), permitem evidenciar esta questão de maneira bastante clara.



Figura 2.9- Diversos reservatórios para aproveitamento de fontes locais de abastecimento, como o Reservatório "Mãe D'água" retratado na foto acima, construídos entre os séculos XVIII e XIX no Maciço da Tijuca, foram sendo totalmente abandonados à medida que as opções políticas passaram a priorizar a forma de abastecimento centralizado.
FONTE: Schlee (2002)

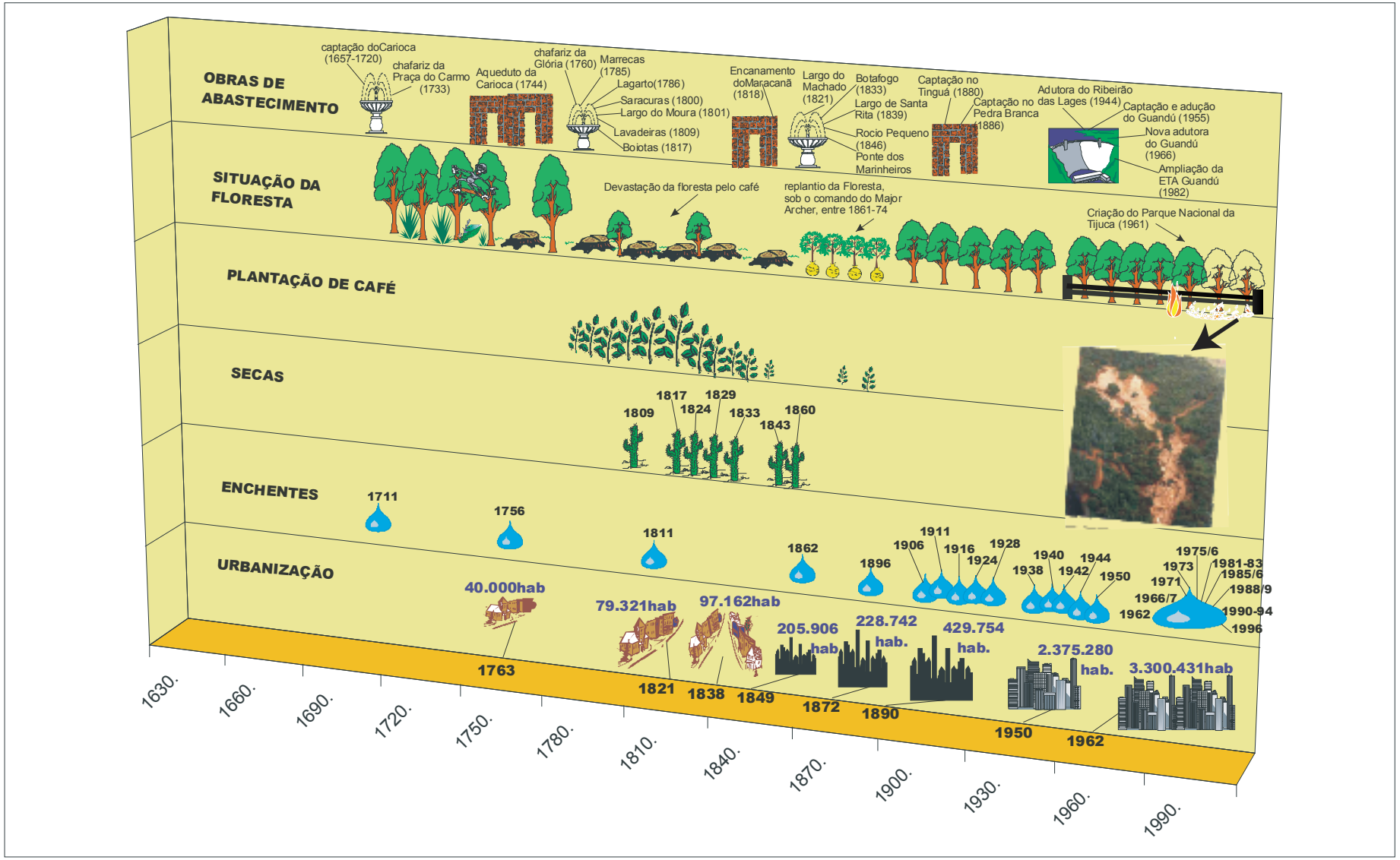


Figura 2.10- Sistematização dos principais marcos temporais da evolução urbana do Rio de Janeiro, presentes nos textos de Abreu (1992 e 1997), Brandão (1992, 1997 e 2001) e Drummond (1997)

2.3- A MATA ATLÂNTICA COMO OBJETO DE ESTUDO: EM BUSCA DA CONSTRUÇÃO DE UM MODELO PARA AS INTERFACES FLORESTA-CIDADE.

A Mata Atlântica é considerada um dos cinco mais importantes "*Hot Spots*" de biodiversidade do mundo (figura 2.11), abrigando a maioria dos animais (69%) ameaçados de extinção no Brasil (185 das 265 espécies listadas em 2002). Ainda segundo Lino (2002), muitas espécies novas são descritas todos os anos na Mata Atlântica, "(...) *incluindo várias aves e primatas identificados recentemente em áreas próximas às metrópoles*".

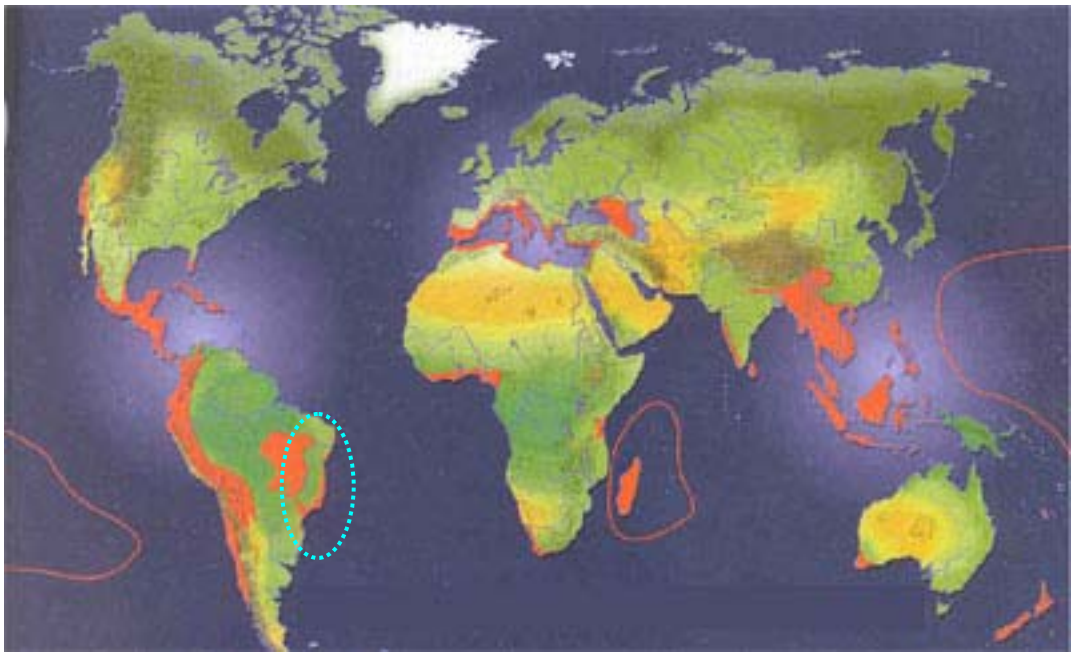


Figura 2.11- Mapa de distribuição das áreas prioritárias de conservação ("*Hot Spots*" mundiais), em vermelho, com destaque para a área da Mata Atlântica.

Além da conservação da biodiversidade, a Mata Atlântica executa importantes funções ambientais, como a proteção aos solos, manutenção da estabilidade das encostas, regulação climática, interceptação e retenção de boa parte da precipitação, abrigando ainda 60 dos 96 pólos de Ecoturismo do Brasil, graças aos atrativos naturais e culturais desta região.

É preciso considerar ainda outros fatores que atribuem especial relevância ao debate sobre a conservação da Mata Atlântica no Brasil e

reforçam a necessidade de aprofundar o conhecimento acerca dos processos ambientais que aí se desenvolvem:

- a Reserva da Biosfera da Mata Atlântica (RBMA) corresponde hoje, à maior reserva em área florestal dentre as 440 reconhecidas pela UNESCO em todo o planeta;
- a RBMA, nos seus 35.000.000 de hectares, atravessa quinze estados brasileiros, abrangendo 4 áreas reconhecidas como Sítio do Patrimônio Mundial Natural (Costa do Descobrimento BA/ES; Mata Atlântica do Sudeste SP/PR; Ilhas Atlânticas Fernando de Noronha/Atol das Rocas e Foz do Iguaçu/PR);
- a região por onde se estende a Mata Atlântica congrega, atualmente, cerca de 80% da população brasileira, estando aí localizadas as maiores cidades, pólos industriais, portuários, petroquímicos, turísticos e grande parte das áreas agropastoris do país, concentrando mais de 70% do PIB Nacional (Lino, 2002).

Dessa forma, o bioma da Mata Atlântica representa uma das grandes prioridades de conservação e um dos principais instrumentos para a geração de um desenvolvimento sustentável no país, uma vez que a partir da escala regional é possível pensar mecanismos de conservação e desenvolvimento local que transcendam às áreas estritamente protegidas.

Mais recentemente, foram estabelecidas dentro da RBMA, 182 áreas prioritárias para a conservação (Conservation International do Brasil, 2000), conforme pode ser visualizado na figura 2.12. Tal iniciativa visou descentralizar as estratégias de conservação, direcionando as políticas ambientais para a escala regional e agilizando as medidas necessárias para a conservação deste importante bioma.

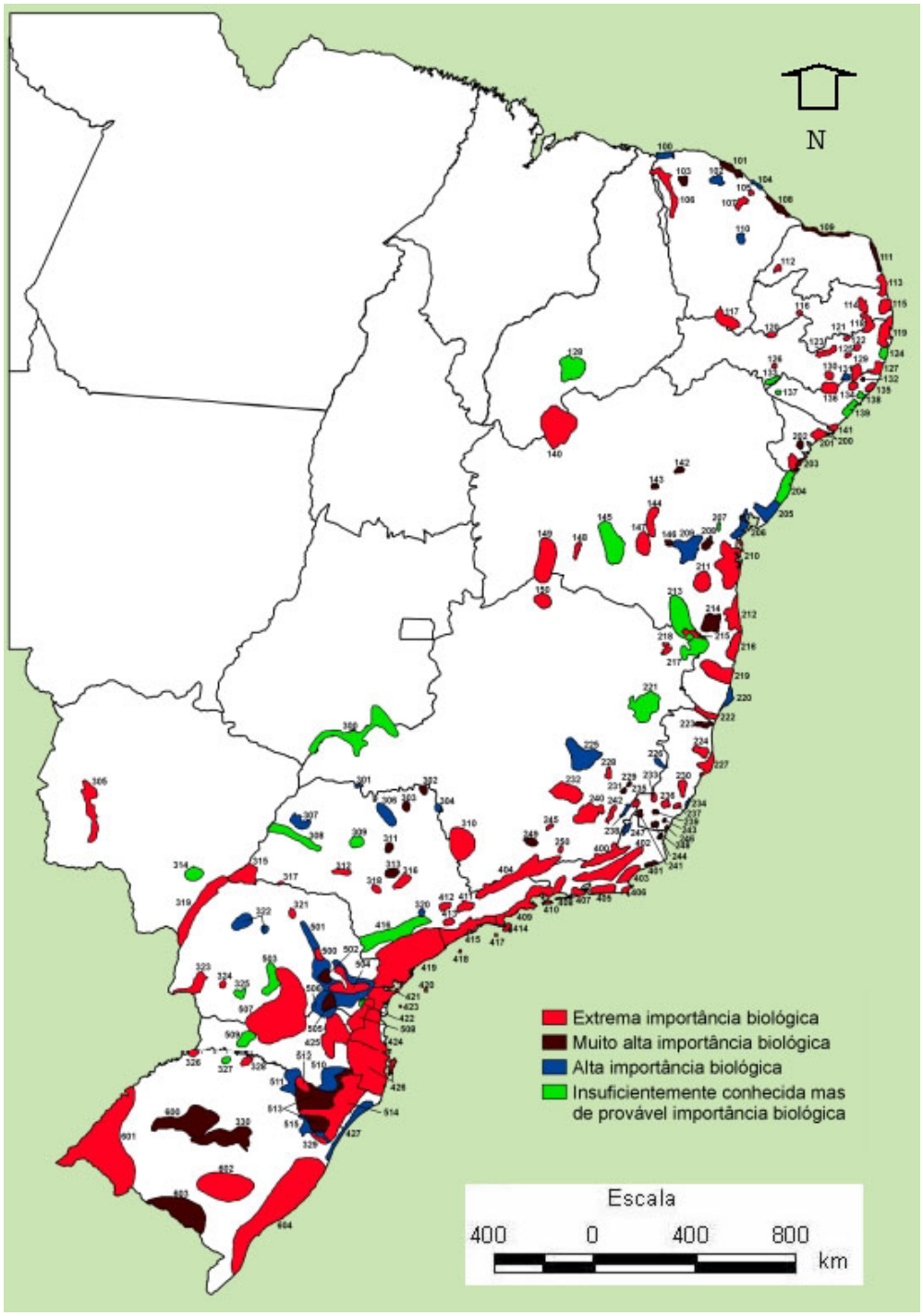


Figura 2.12- Mapa das áreas prioritárias de conservação dentro da Reserva Biológica da Mata Atlântica, estabelecidas pelo Ministério do Ambiente em 2000, e classificadas segundo o grau de importância para a conservação biológica.
Fonte: Conservation International do Brasil, 2000.

Cabe destacar que dentre as quatro categorias estabelecidas para a classificação das áreas prioritárias à conservação (desde a "extrema importância" até a "provável importância"), as áreas de floresta ombrófila densa ganharam prioridade máxima. Neste particular, os fragmentos florestais presentes na região SE assumem especial relevância, uma vez que cumprem o papel de ligação entre os Corredores Ecológicos do Descobrimento e da Serra do Mar (figura 2.13), ambos incluídos dentro do Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do Brasil, também conhecido como PPG-7.

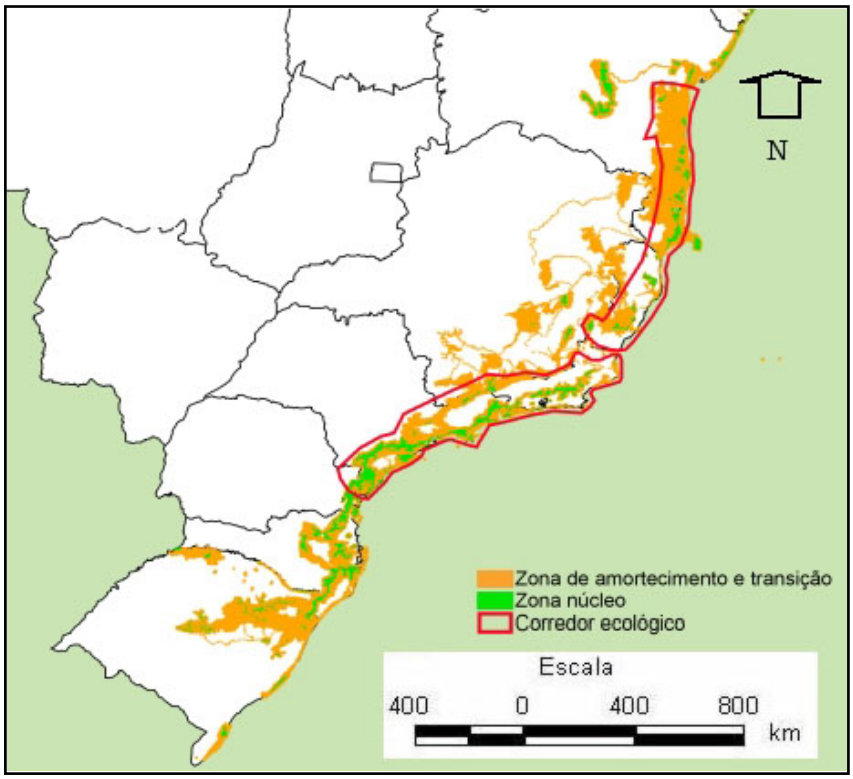


Figura 2.13- Mapa da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, com destaque para os dois grandes corredores ecológicos brasileiros: o Corredor do Descobrimento (da BA até o ES) e o Corredor da Serra do Mar (do ES até o PR).
Fonte: Conservation International do Brasil, 2000.

Estes corredores regionais, quando analisados em escala mais apropriada, revelam a inexistência de um "*continuum*" florestal. O que se observa é uma seqüência de fragmentos florestais (figura 2.14) cujo principal desafio de manejo é o de estabelecer uma conexão a partir de

políticas setoriais nas zonas "*buffer*" que, por sua vez, correspondem a matrizes urbanas e agrícolas, com diferentes densidades e histórico de ocupação.

Mesmo considerando que praticamente 50% da área de cobertura florestal do Estado encontra-se dentro de Unidades de Conservação, tanto federais[9], quanto estaduais ou em RPPN[10] (IEF, 1994), o risco atual de retração florestal é ainda bastante elevado. Segundo Tanizaki e Moulton (1998), "*os processos produtivos nas áreas de entorno desses fragmentos provocam uma série de impactos ambientais, que, intencionalmente ou não, provocam a degradação e perda de importantes remanescentes florestais*" (p.7).

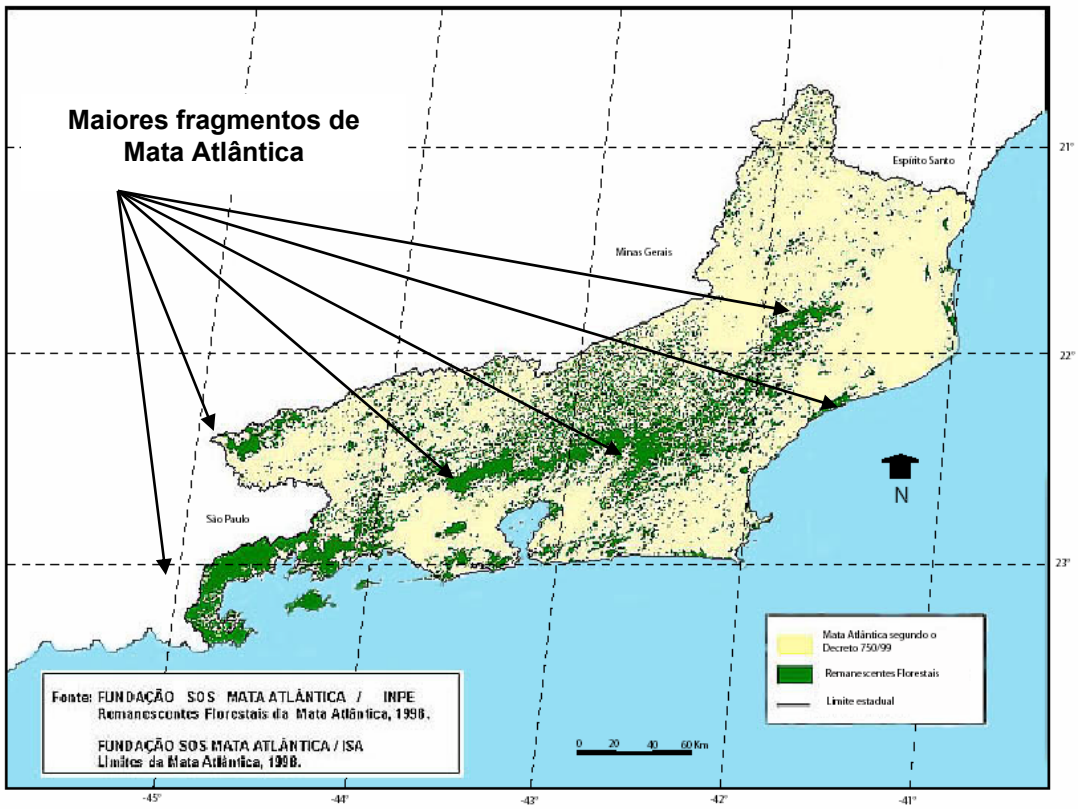


Figura 2.14- Mapa dos remanescentes florestais do Estado do Rio de Janeiro

[9] Parte de dois importantes parques nacionais, ambos representativos da biodiversidade existente na mata Atlântica, estão localizados no Estado: o Parque Nacional de Itatiaia e o Parque da Serra da Bocaina, ambos enfrentando graves problemas de conservação e de invasão (PMRJ, 2001).
[10] Reserva Particular do Patrimônio Natural

Segundo algumas projeções históricas, 97% da área do Estado eram originalmente recobertas por florestas, representando uma área de aproximadamente 44.000 Km^2 (Fundação S.O.S. Mata Atlântica, 1998).

Os sucessivos ciclos de exploração a que tem sido submetida à cobertura florestal do Estado ao longo dos mais de 500 anos da ocupação iniciada pelos portugueses, reduziram este percentual para menos de 10% (quadro 2.2), concentrado em grandes manchas florestais, principalmente sobre as vertentes das cadeias montanhosas da Serra do Mar.

Quadro 2.2- Evolução da cobertura florestal do Estado do Rio de Janeiro
Fonte: Adaptado de Tanizaki e Moulton (1998)

ANO	ÁREA (ha)	% DA ÁREA DO ESTADO
1500	4.294.000	97,00
1912	3.585.700	81,00
1960	1.106.700	25,00
1978	973.900	22,00
1985	937.100	21,17
1990	896.200	20,24
2000	404.610	9,14

Rompida a estabilidade original do sistema, nem mesmo naquelas áreas posteriormente abandonadas pelo café, no Vale do Paraíba, a floresta apresentou alguma capacidade de recuperação, já que o intenso esgotamento das terras e o estabelecimento de uma pobre pecuária extensiva[11] sedimentaram a substituição das florestas por áreas

[11] Ressalte-se, neste caso, a manutenção das práticas de queimada, agora não mais para "limpar a floresta", mas para manter as condições da pastagem. Além do baixo custo, a queimada pode proporcionar alguns benefícios, como a liberação de nutrientes contidos na vegetação, eliminação de plantas invasoras e rejuvenescimento da cobertura de gramíneas, ou mesmo o combate a pragas e doenças agrícolas (CIDE, 2000_b). Logicamente que o uso continuado desta prática acaba acarretando em uma redução da fertilidade do solo, através da extinção da mesofauna, perda de nutrientes e da diminuição do teor de matéria orgânica.

de campo, agravando ainda mais o processo de degradação. Segundo GEOHECO (1998), "*a baixa capacidade de ciclagem de nutrientes das gramíneas não contribui para a reposição dos nutrientes em balanço negativo desde o Século XVIII*"(p.22).

Algumas áreas do sul do Estado que haviam sobrevivido ao café e à pecuária que o sucedeu, graças às dificuldades impostas pelo terreno, acabaram tombando a partir da década de 30, com o avanço da atividade carvoeira, motivada pela expansão das indústrias siderúrgicas no sul do Estado entre as décadas de 30 e 50.

2.3.1- A construção de um modelo de análise para a interface floresta-cidade a partir do estudo do Maciço da Tijuca

Apesar desse processo ter o seu início na virada do Sec. XIX para o Sec. XX foi apenas a partir de meados da metade do século XX que a ocupação das encostas ganhou maiores proporções na cidade do Rio de Janeiro, não só pelo crescimento acelerado das favelas, mas também porque a "franja" da urbanização alcançou os limites da mancha florestal do Maciço da Tijuca, impondo uma grande pressão sobre as áreas de borda deste geoecossistema.

Atualmente, diversos estudos (PMRJ, 2001; GEOHECO/SMAC, 2000; Baca, 2002) têm demonstrado que as taxas de retração florestal na cidade do Rio de Janeiro e, mais especificamente, no Maciço da Tijuca, têm sido superiores à taxa de reposição (somados o reflorestamento e a regeneração natural).

Segundo PMRJ (2001), "*a perda de cobertura vegetal do município é dramática. Restam somente 26,3% de áreas naturais em todo o território, com o agravante de que não se trata de vegetação contínua, mas fragmentos de grande fragilidade ecológica*" (p.14).

Analisando os resultados encontrados por GEOHECO/SMAC (2000) referente à variação do grau de cobertura das áreas de floresta climáxica local, gramíneas e urbanização de alta densidade, entre 1972, 1984 e 1996 no Maciço da Tijuca (figura 2.15), a afirmação do parágrafo anterior torna-se evidente. Enquanto a Floresta Climáxica Local perde 22,3% da área coberta (passando de 64,1% da área total, em 1972, para 41,8% em 1996), as gramíneas avançaram 4,1% (passando de 17,3% da área, em 1972, para 21,4% em 1996).

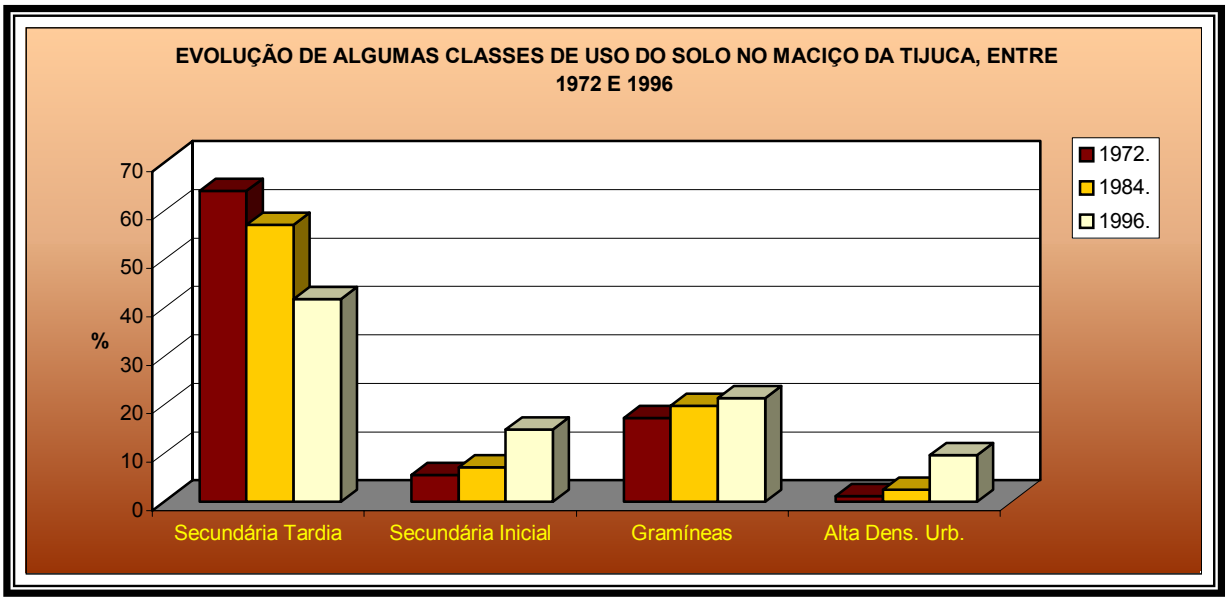


Figura 2.15- Gráfico de evolução do uso do solo no Maciço da Tijuca entre 1972 e 1996.
Fonte: GEOHECO/SMAC (2000)

Segundo PMRJ (2001), os dados sobre a cobertura florestal da cidade mostram que os bairros localizados na macrobacia da baía de Guanabara (vertente norte do maciço), são os que estão mais afetados pela falta de vegetação, apresentando área urbana consolidada da ordem de 71%. As florestas, nesta área, representam apenas 5,4 % do uso do solo, e a floresta alterada, 3,38%.

Torna-se importante enfatizar, no entanto, que a integridade do sistema é rompida não apenas pela substituição das áreas florestais por gramíneas, mas, também, pela degradação estrutural (e,

conseqüentemente, funcional), por meio da propagação do efeito de borda[12], dos fragmentos florestais que restam.

Além da tão comentada perda da biodiversidade, a retração florestal nos limites da malha urbana promove ainda outros graves problemas de instabilidade ambiental: aumento da freqüência de desastres ambientais (movimentos de massa e enchentes), grande transporte de sedimentos pelo aumento dos processos erosivos, potencialização de ocorrência de queimadas (pelo avanço das áreas de gramíneas) e mudanças radicais no microclima da cidade (regime e distribuição espacial da chuva, temperatura e umidade atmosférica), com conseqüências ainda não inteiramente estimadas (PMRJ, 2001).

No caso do Maciço da Tijuca, o entendimento das transformações em curso nas bordas da floresta requereu uma contextualização aos processos dominantes.

Para tanto, tomou-se como referência o modelo teórico proposto por Figueiró e Coelho Netto (2003) para a bacia do Canal do Mangue, uma vez que esta bacia representa um modelo exemplar, para o Maciço da Tijuca, da vulnerabilidade florestal em contato com a área urbana.

Na construção do referido modelo, a identificação das diferentes formas de uso e relações de vizinhança[13] na interface floresta/cidade foi o ponto de partida para avaliar o grau de vulnerabilidade do ecossistema florestal à ação do efeito de borda.

---

[12] Para Tabanez et al (1997), o efeito de borda pode ser definido "(...) *como a influência que o meio externo à área florestada tem em sua parte mais marginal, causando alterações físicas e estruturais*" (p.48). No capítulo 3 nos deteremos de forma mais detalhada sobre o desdobramento do efeito de borda sobre o ecossistema florestal,

[13] A fim de estabelecer uma materialidade para esta noção de "vizinhança", optou-se por adotar os seguintes critérios: **Vizinhança Próxima**: são aquelas áreas imediatamente contíguas às bordas da floresta, de tal forma que a interação se dá de forma direta e localizada, seja a partir da abertura de trilhas, cortes de árvores, depósitos de lixo, abertura de ruas, construções adjacentes (com aumento da temperatura), entre outros. **Vizinhança Distante**: refere-se àquelas áreas que, pela maior fluidez das interações, consegue estabelecer alguma forma de interferência sobre a floresta, mesmo não estando materialmente localizadas em espaço contíguo. É o caso das interações decorrentes da variabilidade climática e das políticas de gestão, cujas origens transcendem a escala local, situando-se na escala metropolitana ou além.

A partir disso, tomou-se como referência os estudos desenvolvidos por Zaú (1994), Fernandes (1998) e Freitas (2001), que apontam claramente o fogo como o principal elemento de desajuste geo-hidroecológico do sistema ambiental na vertente norte do Maciço da Tijuca.

Dessa forma, para a hierarquização do grau de vulnerabilidade, o modelo considerou que os efeitos diretos da urbanização (impermeabilização do solo, alterações microclimáticas e corte de vegetação) contribuem com uma parcela menor da degradação florestal do que a ocorrência sistemática de incêndios, desencadeados pela queima de lixo e outras práticas culturais (balões e rituais religiosos).

Partindo-se desta premissa, tomou-se a presença de gramíneas (detonadoras da recorrência de incêndios) como um indicador das interfaces de maior vulnerabilidade. Da mesma forma, a presença de manchas de floresta secundária (inicial e tardia), garante um "amortecimento" dos efeitos de borda sobre a área de floresta conservada, sendo usados como indicadores de interfaces menos vulneráveis.

Com base nestes pressupostos e considerando-se as diferentes formas de agrupamentos de uso presentes na bacia, propôs-se uma classificação envolvendo oito tipos diferentes de bordas florestais (figura 2.16).

Cada um dos oito tipos de borda propostos, foi numerado segundo o grau de vulnerabilidade ao efeito de borda, desde as bordas mais vulneráveis (borda 1, diretamente exposta aos efeitos do fogo recorrente), até as menos vulneráveis (borda 8, sem a presença de gramíneas e com uma dupla "camada de amortecimento" do efeito de borda, representada pelas florestas secundárias inicial e tardia).

Infelizmente, no decurso da pesquisa não foi possível estabelecer uma coleta de dados que permitisse uma comparação da propagação do efeito de borda em cada uma das oito "classes" de borda propostas.

Por questões operacionais e de limitação de tempo, foi possível "dimensionar" em campo as interações de apenas um destes tipos propostos pelo modelo.

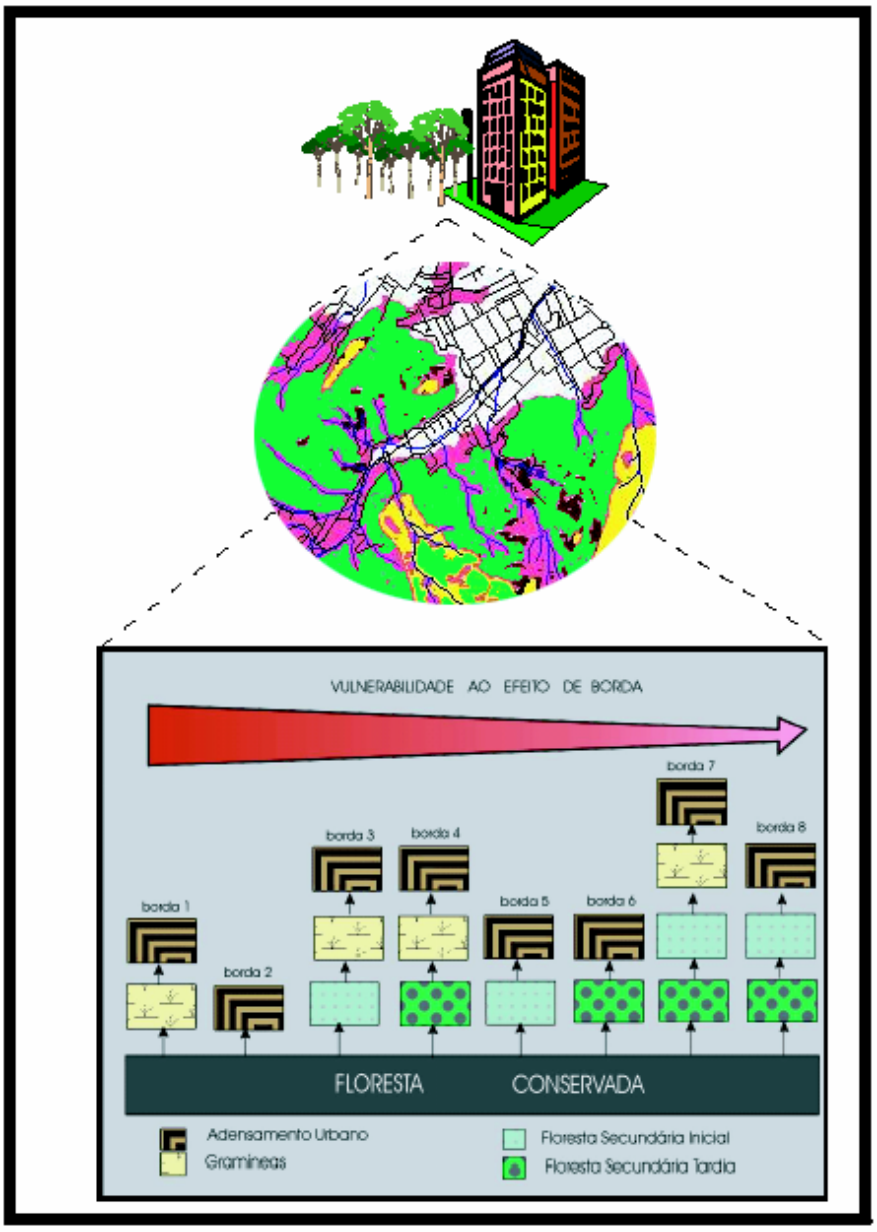


Figura 2.16- Modelo teórico proposto para a classificação dos diferentes tipos de interface identificados na área de estudo.
Fonte: adaptado de Figueiró e Coelho Netto (2003)

A escolha do tipo de borda com "prioridade" de estudo, levou em conta os resultados obtidos por Baca (2002) para o Maciço da Tijuca. Projeções futuras de cobertura do solo realizadas por este autor, com base

em uma "matriz de transição" que leva em conta a tendência de evolução de cada uma das classes de uso no período 1972-1996, demonstrou que embora nos dias de hoje, as gramíneas sejam a classe de maior potencial de risco à degradação florestal, a médio e longo prazo, é a classe de uso urbano que efetivamente deverá protagonizar o processo de retração florestal (figura 2.17).

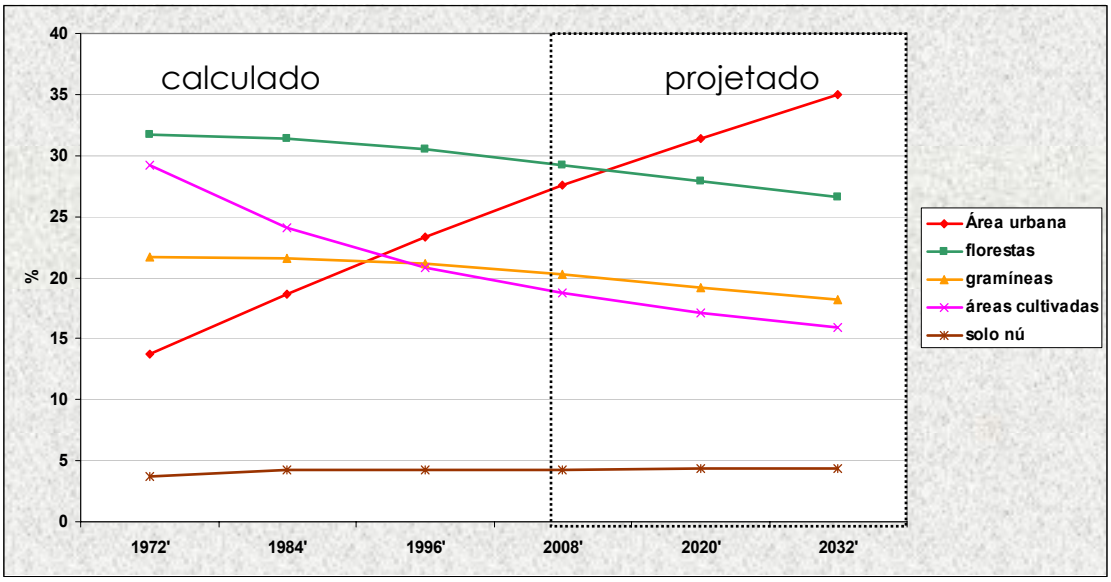


Figura 2.17- Projeção da evolução do uso do solo no Maciço da Tijuca, com base na média das tendências entre os períodos 1972-1984 e 1984-1996.
Fonte: adaptado de Baca (2002)

Com base nesta projeção, mantidas as tendências atuais, é possível prever que até o ano de 2020, o uso urbano no Maciço da Tijuca já deverá ter superado à área de florestas, o que coloca em risco não apenas o processo de recarga dos aqüíferos que se encontram neste domínio, como também a estabilidade das encostas sobre as quais se expande esta malha urbana desordenada.

A partir deste quadro, outras questões emergem em meio às interrogações da pesquisa: como se dá, na prática, a pressão da área urbana sobre a área de florestas? A partir da borda da floresta, até onde

se propagam estes efeitos da pressão urbana? A floresta responde de forma diferenciada a diferentes formas de pressão urbana?

Começou a nascer daí um eixo de investigação para esta pesquisa, ligado às diferenciações no padrão estrutural[14] e funcional das bordas florestadas em contato com diferentes formas de vizinhança do espaço urbano.

Enquanto conceito definidor partiu-se da hipótese de que as áreas de maior adensamento populacional são, potencialmente, as áreas de maior produção de entropia, o que se traduz na produção de um maior efeito de borda e, conseqüentemente, de maior degradação estrutural e funcional do geoecossistema, tal como aparece esquematizado na figura 2.18.

Pela análise da figura, percebe-se que o ecossistema florestal aparece dividido em dois setores nitidamente diferenciados. No setor "A", a menor pressão existente na zona de interface, decorrente das formas menos densas de uso do solo, garante a manutenção de um núcleo de floresta conservada. Dadas as características estruturais de melhor conservação deste setor, o ecossistema continua prestando inumeráveis serviços às áreas adjacentes, garantindo uma melhor qualidade de vida por meio de uma maior estabilidade ambiental.

Já no setor "B", a maior densidade na ocupação do espaço urbano em contato com a floresta, trás como conseqüência direta uma descaracterização dos padrões estruturais e funcionais[15] presentes no ecossistema florestal original.

---

[14] Reproduz-se aqui a compreensão de Plá e Vilás(1992), segundo a qual "(...) *se entende por elementos estruturais aqueles que estão Inter-relacionados entre si formando um sistema e evoluindo em bloco, de tal forma que a alteração ou modificação de um dos elementos afeta o resto e, por conseguinte, ao próprio sistema* (...)"(p.69).

[15] A funcionalidade, neste caso, está ligada aos serviços ambientais prestados pela floresta. Entre estes, podemos citar: interceptação, armazenamento e redistribuição da água da chuva; reforço mecânico das áreas de encostas; retenção de material particulado e "filtragem" dos poluentes atmosféricos; retenção de umidade e regulação da temperatura nas áreas adjacentes; decomposição e reciclagem de resíduos animais e vegetais; conservação da biodiversidade.

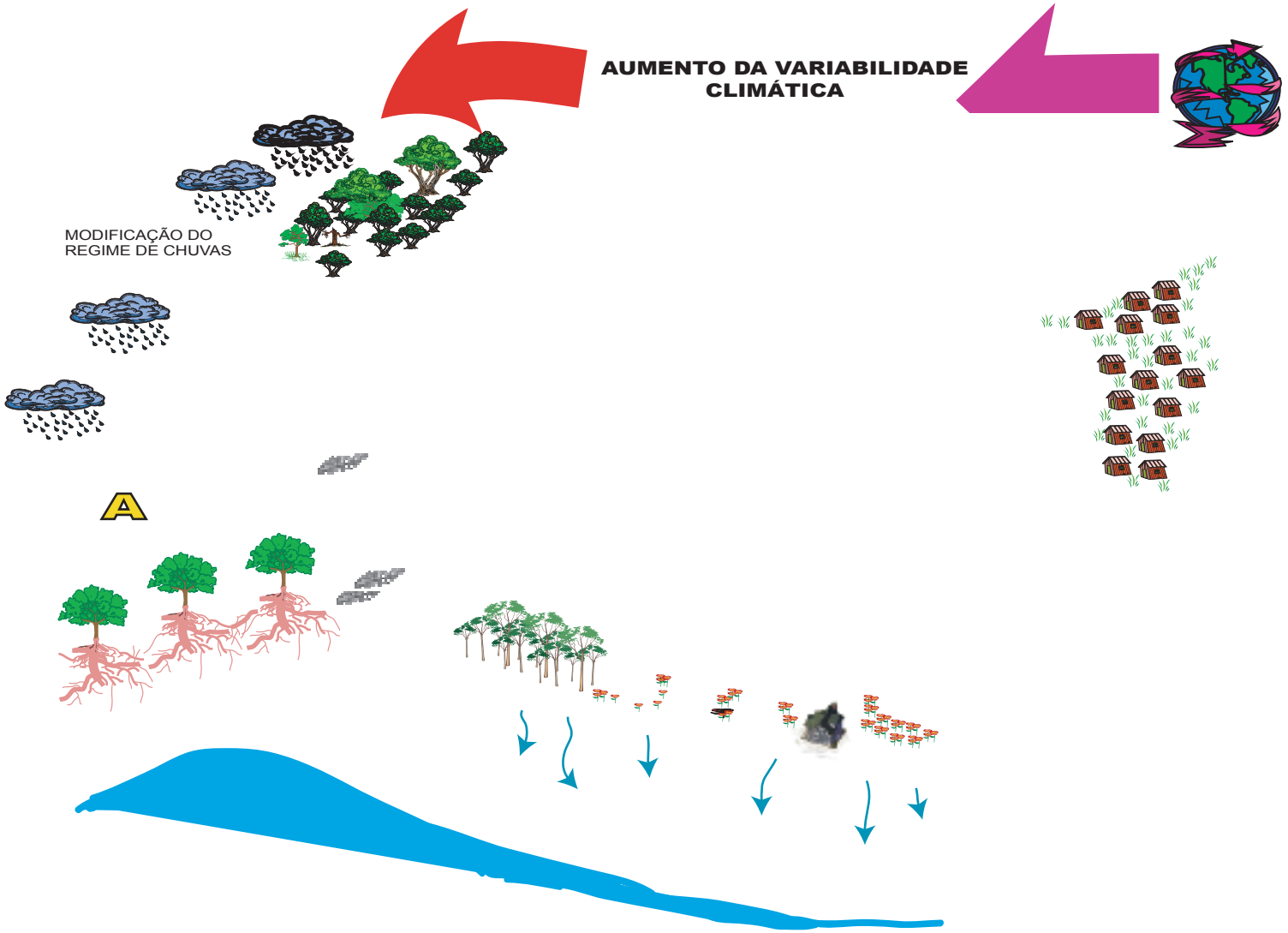


Figura 2.18- Modelo esquemático demonstrando a variação estrutural e funcional do geoecossistema florestal, em função da mudança nos padrões de uso das áreas de interface

Em decorrência disso, os serviços ambientais prestados pela floresta desaparecem, ou continuam a existir de forma precária; o que significa não apenas uma perda de diversidade biológica, mas, principalmente, uma dificuldade na recarga hidrológica do sistema (com aumento no escoamento superficial), e um aumento no risco associado à geração de desastres naturais (Fernandes e Amaral-1996, GEOHECO-SMAC- 2000).

Assim, partindo desse eixo de investigação, a opção do presente estudo foi de aprofundar a comparação entre duas áreas com bordas do tipo seis[16], porém com diferentes intensidades de urbanização envolvidas no contato, tal como será apresentado mais à frente.

O entendimento das interações que se estabelecem entre a floresta e a cidade nestas diferentes áreas nos fornece subsídios para repensar a organização e a arquitetura de uma paisagem que transcende aos limites do Maciço da Tijuca, posto que esta área é um laboratório-modelo para diversas outras regiões metropolitanas que convivem igualmente com grandes fragmentos florestais em áreas montanhosas (figura 2.19).

Diante de todo o exposto acima, colocou-se como **objetivo geral** da presente pesquisa:

Dimensionar as modificações estruturais do ecossistema florestal na interface com dois diferentes níveis de densidade de urbanização no Maciço da Tijuca (Rio de Janeiro-RJ), avaliando a propagação do efeito de borda como potencial metodológico para a revisão da arquitetura da paisagem local, na interface floresta-cidade.

[16] Na pesquisa realizada por Figueiró e Coelho Netto (2003) para a bacia do Canal do Mangue, este tipo de borda assumiu a terceira maior freqüência de ocorrência (com 17% do total), ficando atrás apenas das bordas de tipo 3 e 7. Dado o fato de que o modelo desta bacia se reproduz para outras áreas do Maciço (especialmente na vertente norte), é possível supor que um conhecimento e manejo adequado das "bordas de tipo 6" apresente uma importância considerável para a manutenção da estabilidade ambiental deste geoecossistema.

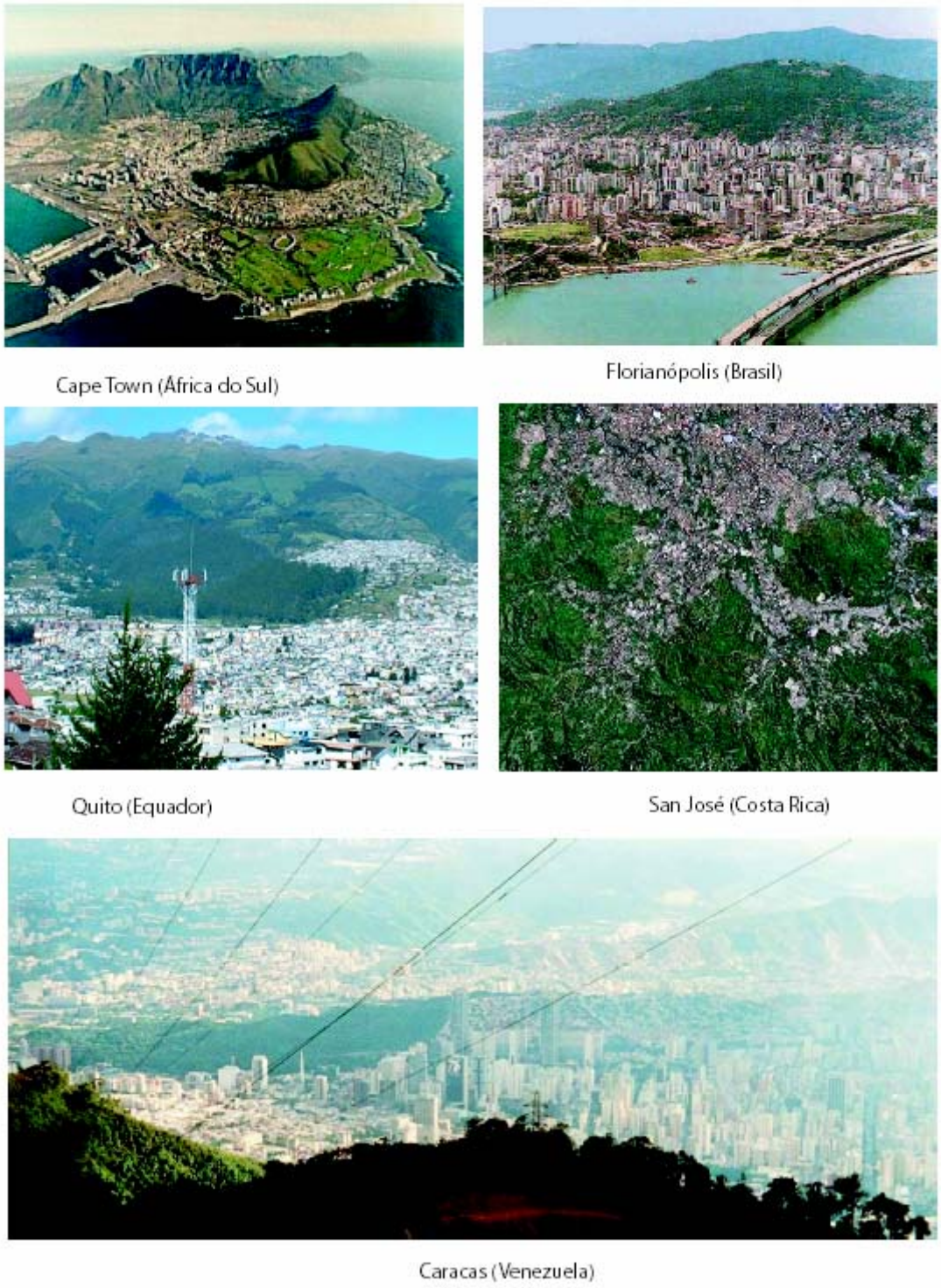


Figura 2.19- Assim como o Rio de Janeiro, diversas outras grandes cidades em áreas montanhosas ao redor do mundo possuem extensas áreas florestais na sua vizinhança imediata, apresentando problemas de regulação do uso do solo com perda de funcionalidade destes ecossistemas. Embora a literatura ainda seja bastante escassa acerca deste tipo de pesquisa, o entendimento e a discussão dos processos na interface floresta-cidade representa hoje um grande instrumento para alavancar uma outra forma de organização do espaço e de desenvolvimento urbano, socialmente mais rico e ambientalmente mais sustentável.

Com a finalidade de atingir este objetivo geral, propuseram-se como **objetivos específicos**:

Do ponto de vista do controle regional:

- Analisar a variabilidade da alimentação hidrológica do sistema nos últimos 30 anos, a partir do regime de chuva no Maciço da Tijuca.

Do ponto de vista do controle local:

- Caracterizar os padrões espaciais de alta e baixa densidade de ocupação no entorno das áreas de borda selecionadas.
- Caracterizar a estrutura do ecossistema florestal e os indicadores de degradação em transectos borda-interior, para áreas sujeitas a dois tipos de vizinhança: alta densidade urbana e baixa densidade urbana.
- Analisar a variação dos padrões microclimáticos em transectos borda-interior, para cada uma das formas de vizinhança acima mencionadas.
- Identificar e discutir as formas de interação existentes atualmente entre a população residente nas adjacências das bordas florestadas e a floresta propriamente dita.

O roteiro metodológico utilizado na realização desta pesquisa aparece esquematizado na figura 2.20.

Tendo como foco principal à caracterização da estrutura e dos conflitos existentes na interface floresta-cidade, o roteiro apresentado busca dar conta de como se organizaram, teórica e metodologicamente, as diferentes fases da pesquisa, desde a contextualização do problema, passando pela operacionalidade da coleta de dados e chegando em um diagnóstico integrado das áreas analisadas.

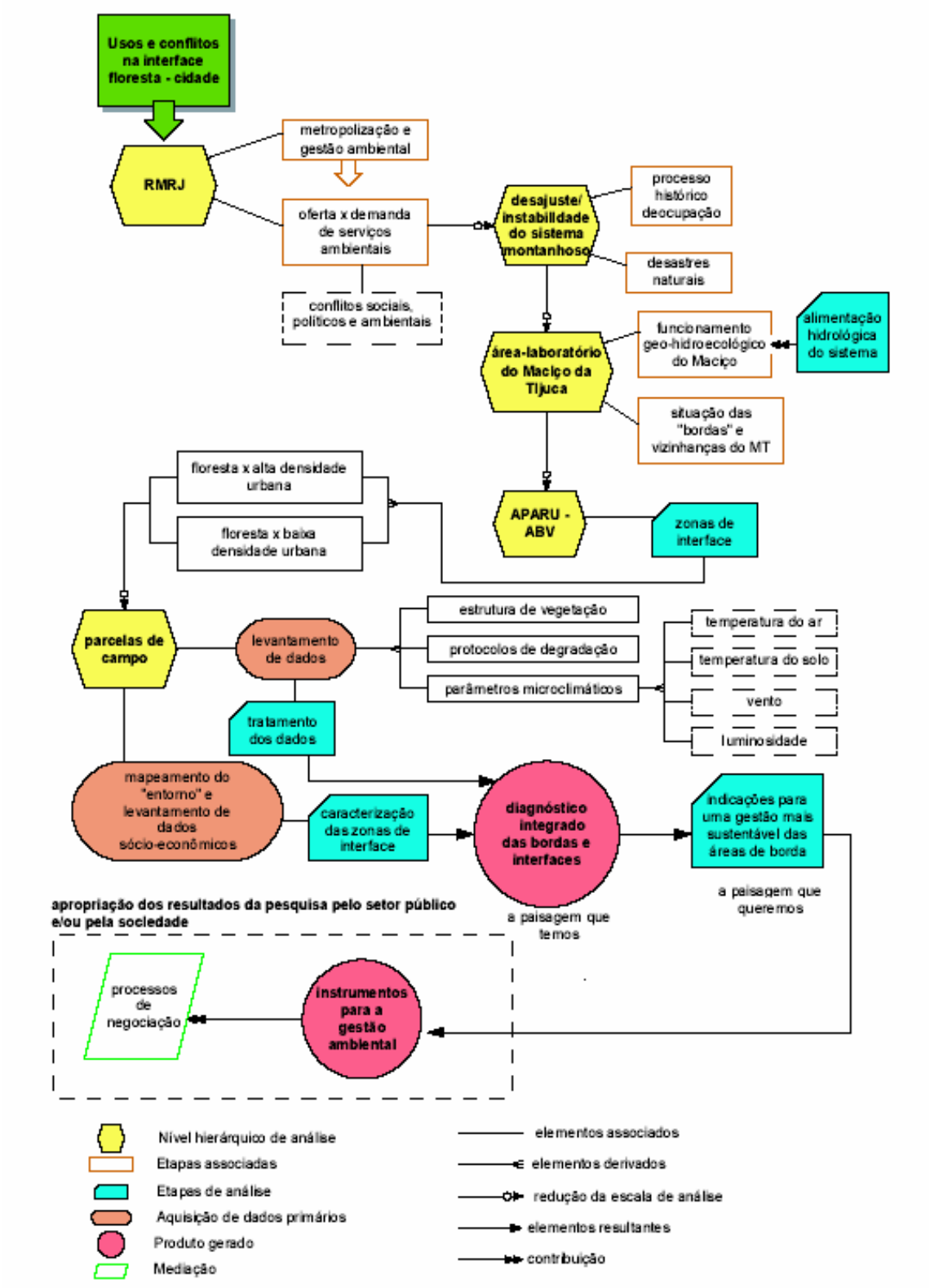


Figura 2.20- Roteiro metodológico utilizado no presente estudo

Tal diagnóstico, elaborado nos marcos de uma sustentabilidade ambiental urbana, propõe-se a servir como instrumento de negociação e suporte ao reordenamento territorial destas áreas, seja a partir de um processo educativo da população envolvida, seja pela elaboração de uma legislação própria.

A contextualização teórica de cada uma das questões levantadas, bem como o detalhamento das práticas metodológicas das etapas de análise, serão desenvolvidas ao longo dos capítulos deste trabalho.

2.4- SÍNTESE DAS REFLEXÕES APRESENTADAS NESTE CAPÍTULO

Se há uma questão que todos os autores são unânimes de apontar, é que o crescimento da cidade do Rio de Janeiro, associado à devastação das vertentes florestadas, tornou os desastres naturais um fenômeno recorrente do quotidiano da capital.

Assim, o grau de instabilidade do sistema ambiental e a ocorrência dos desastres naturais ligados a esta instabilidade estão diretamente vinculados com o destino que se deu às áreas de floresta.

Ao longo deste capítulo procurou-se demonstrar que os recursos florestais presentes na cidade do Rio de Janeiro sempre estiveram sob forte pressão, seja devido às práticas agrícolas, criação de gado, incêndios ou ocupação urbana das encostas.

Cada um destes focos de pressão teve, ou têm, o seu contexto histórico, agentes, métodos e ritmo próprios; porém, todos eles, invariavelmente, contribuíram para uma progressiva perda da área florestal e, por conseqüência, dos serviços ambientais prestados por esta floresta.

A fim de que seja possível alterar a tendência acima referida, é necessário que se aprofunde cada vez mais a compreensão acerca dos mecanismos que regulam a dinâmica deste geoecosistema,

especialmente nas áreas de contato da floresta com os demais tipos de uso. E este foi exatamente o objetivo da presente pesquisa.

Tal conhecimento, atrelado às políticas públicas adequadas, e sustentado por um verdadeiro engajamento e participação da população envolvida, nos diferentes espaços de discussão e tomada de decisão, é verdadeiramente o único caminho capaz de garantir à região, o retorno das condições de sustentabilidade em um cenário futuro.

CAPÍTULO 3

MODIFICAÇÕES AMBIENTAIS NA INTERFACE FLORESTA-CIDADE E PROPAGAÇÃO DO EFEITO DE BORDA: UMA REVISÃO TEÓRICA DA QUESTÃO

"As proposições conservacionistas fundamentadas na reprodução de ecossistemas 'naturais' em equilíbrio permanente não consideram que é impossível anular a ação humana sobre os mesmos, mas apenas regulá-la." (Bressan, 1996 : 45)

3.1. UMA BREVE REVISÃO DOS ESTUDOS DA INTERFACE FLORESTA-CIDADE

Uma das questões que têm, atualmente, merecido especial consideração nos estudos de ecologia da paisagem, refere-se às zonas de contato interdigitadas que se formam entre as bordas dos fragmentos florestais e a matriz de fundo da urbanização(Solecki e Welch, 1995; Godefroid e Koedam, 2003; Reganold e Christensen, 1986), uma vez que nestas zonas se estabelecem gradientes que, segundo Etter (1994), são responsáveis pelo desencadeamento de diferentes processos ecológicos.

Para Schonewald-Cox (1988), estas zonas de contato devem ser encaradas como "(...) *uma pele, cujas condições podem indicar a saúde do sistema inteiro*" (p.481).

Considerando a aridez da matriz que circunda estes fragmentos, o estudo dos biótopos florestais isolados tem se revelado uma ferramenta valiosa para o entendimento da complexidade dos sistemas ambientais em áreas urbanas, permitindo uma melhor compreensão das potencialidades e necessidades que se colocam na relação uso/ preservação. Tal como lembram Bedê et al (1997):

> Submetidas eventualmente a práticas de manejo extensivas ou livres de manejo, estas áreas desempenham papel fundamental na manutenção da diversidade florística e faunística das áreas urbanas. Atualmente, fragmentos da cobertura vegetal nativa, ilhados em meio às cidades, muitas vezes submetidos a graus diversos de interferência antrópica, constituem, na verdade, o único refúgio para plantas e animais não adaptados aos ambientes urbanos. (p.78)

Carvalho (1998) vai ainda mais longe, ao afirmar que estes fragmentos "(...) *possuem papel relevante na sustentabilidade do equilíbrio ecológico (...) do ecossistema urbano, seja relativo à sua auto-regeneração (capacidade de suporte), (...) seja quanto à conservação de energia (controle de entropia)(...)*" (p.26).

Nos casos onde as cidades se desenvolvem à jusante de vertentes florestadas, como acontece ao longo de toda a extensão da Serra do Mar, novas funções são agregadas ao sistema florestal, especialmente no que se refere à preservação das áreas de recarga (Moreira Lima, 1990) e à manutenção da estabilidade das encostas[1].

As áreas florestais e o seu entorno passam a ser, assim, a expressão das relações que determinam o nível de equilíbrio entre os elementos bióticos e abióticos da paisagem urbana, a partir da mediação da interferência antrópica, numa dimensão fractal que envolve diferentes escalas de tamanho, intensidade e detalhamento (Forman, 1995).

Mais do que um novo olhar sobre as "rugosidades" do espaço urbano (Santos, 1985), o manejo destas áreas passa a protagonizar uma mudança no paradigma do planejamento, incorporando os serviços ambientais prestados pela vegetação (Bolund e Hunhammar, 1999) e substituindo o modelo mecanicista de planejamento por um modelo mais orgânico e transversal (Kennedy et al, 1998).

O contraste entre o artificial e o natural se suaviza e, paradoxalmente, o fragmento passa a ser uma condição necessária para a sobrevivência da matriz. Estes espaços naturais fragmentados passam a constituir importante instrumento para a amenização da "aridez" das condições urbanas e de restauração da qualidade de vida da população que ali reside (Coles e Bussey, 2000; Roovers et al, 2002).

Em face do exposto até aqui, duas questões parecem merecer uma maior atenção no estudo dos processos que se estabelecem entre a floresta e a cidade:

- Considerando que os processos em curso, pela sua natureza diversa, apresentam controles em múltiplas escalas, como se articulam,

[1] Segundo Amaral (1997), o maior número de escorregamentos na cidade do Rio de Janeiro ocorre em áreas onde a floresta é retirada e a encosta escavada para a instalação de favelas. Os dados apresentados por Fernandes (1998), correlacionando as áreas de favelas com as áreas de escorregamento, corroboram tal afirmação.

teórica e metodologicamente, estes diferentes níveis na execução da pesquisa?

- Quais os mecanismos que traduzem a pressão urbana em focos de degradação e retração florestal?

Buscaremos analisar de forma mais detalhada estas "zonas de contato", a fim de responder às questões acima propostas.

3.1.1. Articulação de escalas e teoria da hierarquia nos estudos de paisagem

O sistema ambiental, materializado na paisagem, representa a interação de níveis hierárquicos que, segundo a escala de abordagem, contém um nível de generalidade e complexidade própria. O desenvolvimento de uma abordagem analítica apropriada, no entanto, requer que um determinado nível seja eleito para a operacionalização da pesquisa, porém ser perder de vista a atuação multiescalar de diferentes fenômenos, configurando uma verdadeira rede hierárquica de análise.

Segundo Forman (1995), a Teoria da Hierarquia pode ser definida como um sistema de elementos (ou unidades funcionais discretas) ligados em duas ou mais escalas de operação, as quais se conectam por meio das trocas de informação, matéria e/ou energia (Bolos y Capdevila, 1992).

Uma vez que cada nível hierárquico apresenta a sua própria complexidade[2], Scatena (2002) nos lembra que, "*em nenhum caso, um membro da hierarquia é mais ou menos importante que o outro, e cada nível está ligado a outras escalas, maiores e menores (...)*"(p.24).

Neste sentido, Coelho Netto e Castro Jr. (1997) chamam a atenção para o fato de que:

---

2 Segundo Chorley *et al* (1989), em escalas diferentes do espaço, diferentes variáveis tornam-se dominantes, diferentes níveis de generalização devem ser empregados e, portanto, diferentes problemas são identificados, o que configura uma complexidade própria a cada nível hierárquico que se esteja trabalhando.

> a problemática do conceito de escalas, associada aos estudos geoecológicos é de vital importância, uma vez que definirá a amplitude de observação dos fenômenos, interações e relacionamentos entre os componentes do sistema, bem como o nível de detalhamento necessário dos elementos que compõe a paisagem. (p.23)

O'Neill (1988) destaca que a relação entre os diferentes níveis[3] pode ser perfeitamente representada através de diagramas hierárquicos, ligando o nível de interesse (Nível zero), com os componentes que o constitui (Nível –1), ou com o nível mais elevado, que o controla (Nível +1). Para o autor, são as interações entre os componentes (Nível –1) que fornecem as explicações sobre o fenômeno do Nível zero. Assim, cada elemento de um sistema pode ser considerado como um sistema à parte, da mesma forma que qualquer sistema pode ser considerado como um elemento de um sistema de ordem hierárquica superior (Maystre, 1980).

No que se refere à hierarquia da paisagem, duas questões merecem ser mais bem analisadas: de um lado, as diferentes "fácies" observadas dentro do mesmo nível hierárquico (variação espacial) e, de outro lado, o "ritmo" de transformação estrutural de cada nível (variação temporal).

Em relação à primeira questão, é preciso considerar, tal como refere Christofoletti (1999), que "*(...) a energia ou massa disponível em uma unidade hierárquica não se distribui de maneira uniforme e regular pelas sub-unidades hierárquicas subjacentes*" (p.89). Assim, é possível afirmarmos que a variabilidade da entrada de energia no sistema acaba por determinar a sua heterogeneidade espacial dentro de um mesmo nível

---

[3] Scatena (2002) estabelece ainda uma diferenciação entre as chamadas hierarquias "aninhadas" (onde um dado nível contém os níveis inferiores, como é o caso da hierarquia da paisagem) e as hierarquias "não aninhadas" (onde o nível mais alto, apesar de controlar o nível inferior, não o contém, como é o caso da cadeia trófica). Quanto a esta questão, Christofoletti (1999) acrescenta: "*a questão do aninhamento hierárquico espacial é crucial, pois há necessidade de se estabelecer à seqüência interativa desde a escala do lugar até a escala do globo terrestre, pois obviamente repercutem no discernimento dos sistemas ambientais*" (p.43).

hierárquico[4] (Beroutchachvili e Mathieu, 1977). Em outras palavras, "*a diminuição ou entrada de novas energias, conduz à formação de fácies, enquanto que o desaparecimento destas entradas conduz à homogeneização de todo o sistema*" (Bolos y Capdevila, 1992:42).

Em determinadas situações, tal heterogeneidade só e possível de ser percebida a partir de determinadas escalas hierárquicas, graças à "propriedades emergentes" que não se manifestam em níveis hierárquicos superiores. Em função de tal complexidade, a transposição de escalas no contexto da pesquisa não pode simplesmente representar a transposição de relações padrão-processo, sem que sejam respeitadas as características e os limites de atuação das variáveis envolvidas.

Turner *et al* (1989) alertam para o fato de que a transposição de escalas inferiores (mais detalhadas) para escalas superiores (de maior nível de generalização) requer sempre que se levem em conta às restrições de análise próprias a cada nível, a fim de evitar a reprodução e/ou ampliação de padrões e processos que, para outros níveis da hierarquia, assumem significâncias completamente diferentes[5].

Já no que se refere ao ritmo de transformação da paisagem, é possível definir uma alta correlação com o "gradiente ambiental" gerado

---

[4] Por outro lado, a dinâmica do fenômeno acaba sempre sendo explicada com referência aos níveis superiores (sistemas antecedentes ou controlantes) ou inferiores (sistemas subseqüentes ou controlados) de organização (DeBoer, 1992), muito embora seja preciso considerar que a dinâmica dos níveis superiores é sempre mais lenta do que a do nível 0 (O'Neil, 1988) e que a dinâmica dos níveis inferiores só se traduz em modificações do nível de interesse quando são rompidas as condições de resiliência deste (Bertrand, 1986). Neste sentido, à medida que o sistema se aproxima do seu limite de resiliência, ou seja, o ponto da bifurcação (ponto crítico de mudança do sistema), a sua capacidade de recuperação torna-se mais lenta, devido à perda de estabilidade (Turner *et al*, 1989).

[5] Muito embora seja preciso considerar a dimensão fractal dos elementos da paisagem (Christofoletti e Christofoletti, 1995), isto é, a "*auto-similaridade em várias escalas de grandeza*" (Christofoletti, 2004), é preciso ter-se em conta também que os diferentes níveis de intensidade (ou importância) nos quais os processos se apresentam nas diferentes escalas, podem nem sempre ser tão visíveis quanto a repetitividade do padrão geométrico que a dimensão fractal projeta.

pela velocidade de transferência de matéria e energia dentro do sistema, tal como afirma Bolos y Capdevila (1992):

> Sempre que a energia tem alguma interação com a matéria, resulta em alguma modificação, degradação e, por conseguinte, resta algum sinal; efetivamente, a matéria conserva este sinal da interação, se registra um aumento da entropia (degradação da energia). Dito sinal corresponde à chamada "informação". (p.33)

Etter (1994) lembra que são justamente os gradientes os responsáveis pelo desencadeamento dos processos ecológicos. Dessa maneira, diz o autor, "(...)*a análise dos padrões de heterogeneidade espacial estrutural deve ser a base para a análise funcional de ecossistemas*"(p.32)

Importante contribuição ao entendimento desse processo foi dada pelo surgimento da teoria da Holarquia ou sistema de *holons*[6] (Haigh, 1987), durante a década de 60 do século passado. Segundo Haigh (op.cit.), a forma como o *holon* reage ao distúrbio, é o fator determinante para a reestruturação da rede hierárquica do sistema, ou para o retorno dele ao estado de equilíbrio do *holon* mais estável.

Assim, a capacidade do distúrbio em gerar uma transformação na estrutura do sistema, será proporcional à distância escalar entre os dois níveis considerados (o nível onde se processa a perturbação, e o nível perturbado). No caso dos distúrbios de baixa magnitude, a capacidade de auto-organização do sistema se encarrega de estabelecer os processos necessários para o retorno às condições anteriores. No caso dos distúrbios de grande magnitude e/ou de longa duração, o sistema evoluirá incorporando o distúrbio ou desenvolvendo-se apenas nos intervalos de cada ciclo (Allen e star, 1982).

A relação de troca entre os diferentes níveis da holarquia permitem o estabelecimento de um processo de auto-regulação, o qual representa

---

6 Para Haigh (1987), o holon representa um nível da estrutura hierárquica, sendo considerado como uma chave para a compreensão da dinâmica multiescalar dos sistemas naturais.

um mecanismo de defesa do sistema contra a ação de forças externas perturbadoras, por meio de processos regulatórios de retro-alimentação e tamponamento.

Dessa forma, a capacidade de modificação estrutural do sistema passa a depender diretamente das escalas temporal (tempo de recorrência) e espacial (razão entre a área perturbada e a área total da paisagem no nível considerado) do processo de transformação (Turner *et al*, 1993).

3.1.2- a estrutura da paisagem como reflexo da qualidade ambiental do sistema.

Cada paisagem, estruturada em um sistema funcional hierárquico, apresenta uma *estrutura*, uma *função* e um processo de *transformação* próprios (Turner, 1989). A "*estrutura*" é a característica que reflete o "arranjo" entre os elementos da paisagem, ou seja, o tamanho, forma, número, tipo e características físicas dos componentes.

Alguns autores buscam definir esta estrutura a partir de "padrões de complexidade" (Turner, 1989) que se materializam por meio do cálculo de índices associados ao processo de fragmentação, como riqueza relativa, diversidade, dimensão fractal, bordas, etc. Uma sistematização destes diferentes índices é apresentada em Gustafson e Parker (1992) e em Castro Jr. (1998).

A capacidade de quantificar a estrutura da paisagem é, portanto, o pré-requisito para o estudo da função e das alterações de uma paisagem[7] (McGarigal & Marks, 1995).

Apesar do grande desenvolvimento que as técnicas de quantificação da paisagem têm apresentado nos últimos tempos,

---

[7] Para Valente (2001), "*o aumento de estudos em ecologia da paisagem é justamente função de sua habilidade em quantificar a estrutura da paisagem, que é um pré-requisito para compreensão das funções e mudanças de uma paisagem*" (p.02).

Metzger (2004) faz uma ressalva quanto ao uso excessivo das métricas da paisagem. Diz o autor:

> A ecologia da paisagem ainda está engatinhando na compreensão da influência da estrutura da paisagem em processos ecológicos. Para avançar neste campo, são necessários estudos criteriosos, nos quais a quantificação da estrutura da paisagem é sem dúvida crucial. O cálculo dos índices pode ser automático, mas o uso adequado, não. (...) As métricas são uma ferramenta importante na investigação ecológica espacializada, porém é necessário usá-las de forma criteriosa. (p.451).

Já a "*função",* envolve os fluxos de matéria e energia entre os elementos da paisagem, o que leva a uma sucessão de estágios diferenciados, configurando a característica de "*transformação"*[8]. Segundo Forman (1995), no caso de fragmentos florestais, as funções estão diretamente associadas à proporção dos mesmos no contexto da paisagem, podendo-se definir:

Para fragmentos maiores:

1. proteção da qualidade da água de lagos e aqüíferos;
2. conectividade para espécies aquáticas e terrestres;
3. habitat para sustentar populações não tolerantes a efeitos de borda;
4. centro de dispersão para a colonização de novas áreas da matriz;
5. refúgio de espécies durante processos de mudança ambiental

Para fragmentos menores:

1. habitat e "trampolim" para dispersão de espécies, e para recolonização após a extinção local de espécies interiores;
2. habitat para espécies típicas de borda;
3. refúgio contra predadores;

[8] Pla e Vilàs (1992) propõem um sistema de classificação da paisagem baseado justamente na transformação processada pelo fluxo de matéria e energia entre os diferentes elementos. "O processo dinâmico que possibilita a passagem de um tipo de paisagem para outro é determinado por uma mudança no aporte de energia", dizem os autores (p.78).

4. habitat para espécies com alto grau de especialização e espécies raras, que não sobrevivem em fragmentos grandes;

Assim, para Forman e Godron (1986), os elementos que expressam a estrutura e condicionam as características de função e transformação da paisagem são os "fragmentos", os "corredores" e a "matriz". Estes elementos definem o "tecido da paisagem", sobre o qual se desdobram os processos que determinam as transformações ao longo do tempo.

Estas transformações geram padrões espaciais em diferentes escalas que, por vezes, reproduzem modelos fractais da paisagem (Olff e Ritchie, 2002) uma vez que, por possuírem originalmente a mesma estrutura interna, reagem de forma similar aos distúrbios.

Dessa forma, o manejo adequado entre estes três elementos (fragmentos, matrizes e corredores), aliando diferentes formas de ocupação do solo com a conservação da biodiversidade, representa hoje o paradigma conservacionista mais adotado pelos cientistas da paisagem, uma vez que o arranjo espacial gerado pela transformação do uso do solo influencia significativamente sobre a riqueza de espécies, tal como demonstra o trabalho de Collinge (1998), reproduzido na figura 3.1.

Esta perspectiva busca na teoria de metapopulações, atrelada ao uso de corredores biológicos, uma alternativa de conservação que avance para além das rígidas fronteiras do tradicional modelo de conservação *in sito*.

Atualmente a maior parte dos autores concorda que em áreas de fragmentos florestais, a estrutura da paisagem é largamente influenciada por fatores como tamanho do fragmento, proporção de área sujeita a efeito de borda, além do tipo e intensidade das atividades desenvolvidas

no entorno (Laurance et al, 1998; Mesquita et al, 1999; tabarelli et al, 1999)[9].

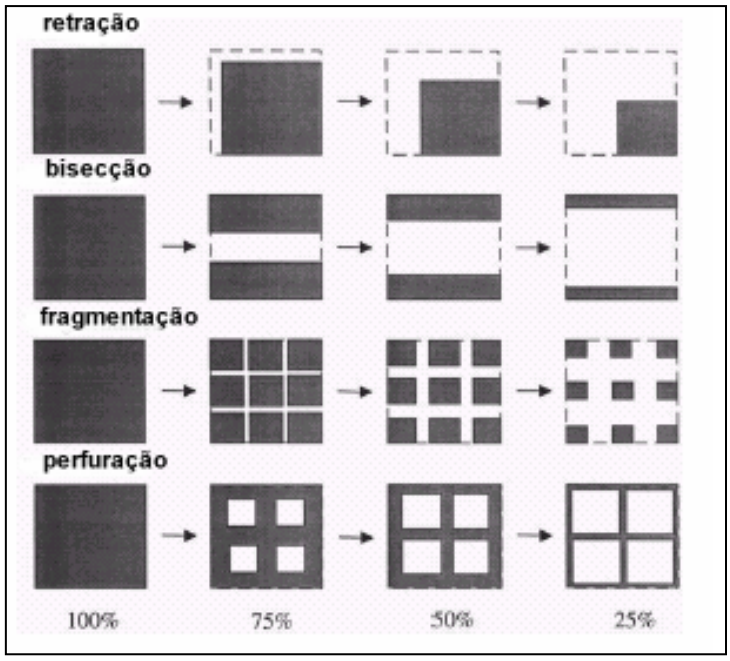


Figura 3.1- Modelo conceitual de quatro seqüências de transformação do uso do solo proposto por Collinge (1998), incluindo: retração do habitat (típico das áreas agrícolas), bisecção do habitat (típico das áreas de abertura de estrada), fragmentação do habitat *strictu sensu* (típico das áreas de expansão urbana) e perfuração do habitat (típico das áreas tropicais de desmatamento). O isolamento dos fragmentos e a inexistência de corredores biológicos permitiram ao autor indicar os modelos de *bisecção* e de *fragmentação* como os de geração de maior impacto sobre a riqueza de espécies, no estágio de 25% da área original preservada (áreas escuras).

3.1.2.1- PRODUÇÃO E PROPAGAÇÃO DO EFEITO DE BORDA EM FRAGMENTOS FLORESTAIS.

Como regra geral para áreas planas e em condições de livre circulação atmosférica, é possível afirmar que à medida que à distância da borda dos fragmentos em direção ao interior da floresta aumenta, a

[9] Embora o estudo da influência destes fatores sobre a estrutura da paisagem florestal seja um campo fértil para a pesquisa, a maior parte dos trabalhos existentes são de investigações em áreas de condições topográficas homogêneas, eliminando a complexidade decorrente da influência do gradiente hidro-geomorfológico; além disso, as pesquisas em áreas de matriz urbana, são praticamente inexistentes (entre as exceções, pode-se destacar o trabalho de Godefroid e Koedam, 2003, em um fragmento urbano de floresta temperada, na Bélgica).

diversidade de espécies e a umidade relativa também aumentam, e a temperatura do ar diminui significativamente (Bierregaard et al., 1992).

Em relação à diversidade de espécies, é preciso, todavia, estabelecer uma ressalva. Considerando que a borda refere-se, ecologicamente, a uma área de ecótono (Odum, 1985), ou seja, a área de encontro entre dois geoecossistemas distintos, alguns autores definem uma tendência de aumento da variedade e densidade de organismos nas bordas[10], tendo em vista que estas áreas apresentam características dos dois geoecossistemas em contato, além de características próprias da área de interface (Magro, 1988), tal como se vê na figura 3.2.

Essa condição de "contato" faz com que Godefroid e Koedam (2003) destaquem que "*a borda florestal não é uma linha de fronteira, mas uma zona de influência, cuja largura varia conforme a variável que é medida*" (p.03).

No que se refere a esta questão, Gascon et al (2001) chamam a atenção para a necessidade de distinguir entre as áreas de formação de bordas por fragmentação da paisagem, e as zonas de ecotonia natural. Para os autores, "*a diferença básica é de grau de contato entre os dois habitats*". Enquanto as áreas fragmentadas exibem um limite abrupto entre dois ambientes distintos, nas áreas ecotonais a transição se dá de forma mais suave. Todavia, a maioria dos trabalhos analisados não estabelece claramente esta distinção, além do quê, os processos ecológicos que se estabelecem nestas áreas de contato, naturais (ecótonos) ou "artificiais" (bordas de fragmentos), parecem variar em intensidade, mas não em direção.

Muito embora o processo de transformação estrutural nas áreas marginais seja uma característica implícita a qualquer sistema ambiental,

---

[10] Van der Maarel (*apud* Kent et al, 1997) lembra que embora o aumento da biodiversidade e da riqueza de espécie nas comunidades de borda possa ocorrer, isso não pode ser tomado como uma tendência universal, já que muitas áreas ecotonais são bastante pobres em espécies.

a fragmentação da paisagem tende a maximizar este processo, uma vez que:

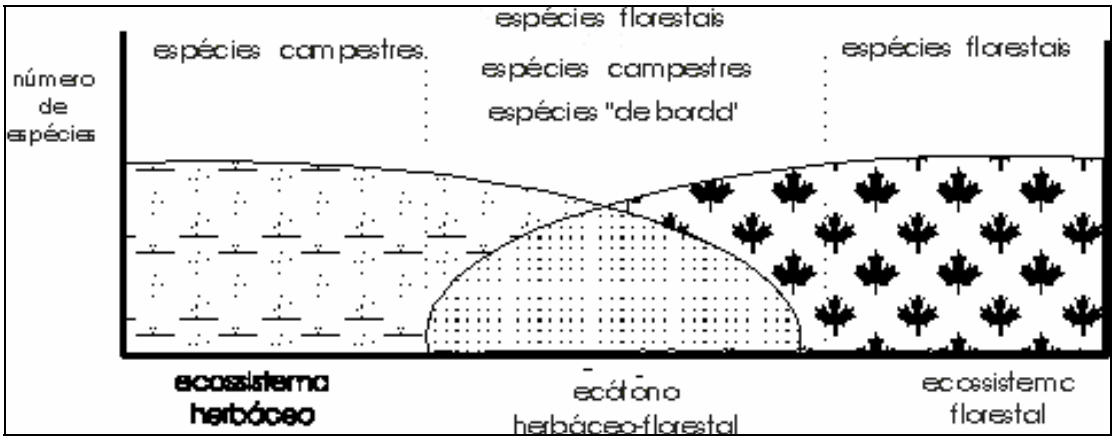


Figura 3.2- Representação esquemática da distribuição das espécies nos fragmentos, com formação de ecótonos nas zonas de contato.
Fonte: adaptado de Nebel e Wright, 1999.

a) quanto menor o tamanho dos fragmentos, maior a quantidade proporcional de borda por unidade de área do habitat[11] (figura 3.3);

b) a "pulverização" de fragmentos cada vez menores, leva a que o centro de cada fragmento esteja cada vez mais próximo da sua borda e, portanto, sujeito aos processos de modificação do ambiente (Saunders et al, 2001). Este princípio, corroborado pela hipótese de Malcolm (1994)[12], é demonstrado nos resultados apresentados por

[11] É preciso lembrar também que "*o aumento na proporção de borda em relação à área torna os fragmentos mais susceptíveis às perturbações antrópicas como fogo, caça, animais domésticos, exploração madeireira, espécies invasoras, etc.*"(Scariot et al, 2003:108).

[12] Na hipótese de Malcolm (1994), quando um transecto borda-interior é interceptado por outras bordas, um efeito adicional é acrescido ao efeito de borda principal, potencializando o processo de degradação e reduzindo o gradiente centro-periferia. Esse é o caso dos pequenos fragmentos, onde a proximidade entre os lados do fragmento tende a somar os efeitos de cada um, até que o fragmento todo esteja sob a

Kapos (1989), comparando o comportamento da temperatura em grandes e pequenos fragmentos. Segundo o autor, dentro dos primeiros 60m de borda, os pequenos fragmentos estudados apresentaram uma temperatura consideravelmente maior do que a mesma distância nos fragmentos grandes[13].

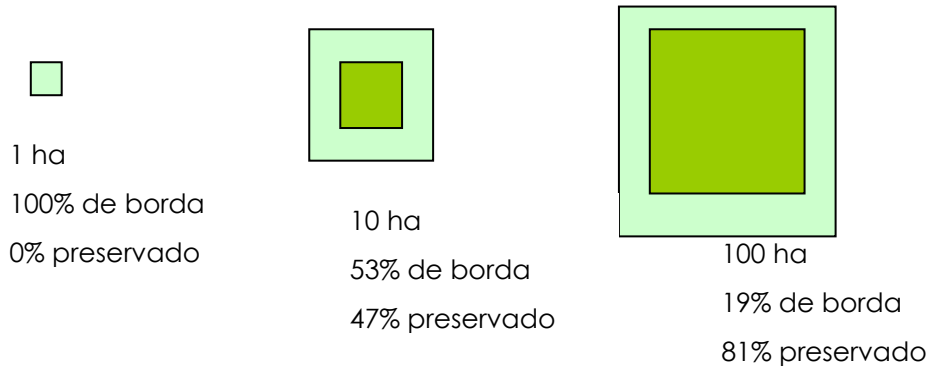


Figura 3.3- Representação esquemática entre tamanho do fragmento e efeito de borda, assumindo uma largura constante de 50m para o ambiente de borda. À medida que o fragmento aumenta de tamanho, a proporção relativa do ambiente de borda diminui[14]. Fonte: Collinge, 1996.

Um breve exemplo pode ser ilustrativo desse processo. Supondo uma unidade de conservação florestal, quadrada, com 1000m em cada lado, totalizando 100ha. Considerando uma faixa aleatória de 100m para o

influência do efeito de borda. Infelizmente a literatura ainda é pobre de evidências acerca desta questão.

[13] É importante lembrar, todavia, que se os grandes fragmentos apresentam um gradiente mais suave de transição, por outro lado, eles tendem a apresentar maior contraste e largura de borda (Forman e Moore *apud* Rodrigues, 1998). Além disso, caso se confirme à hipótese defendida por Yahner (1988), de que o comprimento da borda é mais potencializador de efeitos degradantes do que a largura (já que um maior comprimento pressupõe uma maior potencialidade de invasão por espécies de borda), os fragmentos maiores estariam mais sujeitos às transformações estruturais e funcionais da borda do que os fragmentos menores. Para Rodrigues (*op.cit.*) a questão ainda não respondida é se as populações de plantas respondem mais intensivamente aos grandes contrastes das bordas mais longas e mais largas (grandes fragmentos) ou às bordas menores e mais estreitas, porém com valores extremos (pequenos fragmentos).

[14] Lovejoy et al (1986) já haviam afirmado que fragmentos de até 10ha são totalmente afetados pelo efeito de borda, fato esse que é confirmado pelos resultados de Tabarelli et al (1999)

efeito de borda, chegaríamos a um índice de 36 ha de floresta sob o "domínio" do efeito de borda e 64 ha de floresta conservada.

Imagine-se agora, a construção de duas estradas (N-S e E-W) com 10m de largura cada, fragmentando a unidade de conservação em quatro partes (figura 3.4). Embora a área ocupada pelas estradas seja relativamente pequena (dois ha), a porção de floresta sob o domínio do efeito de borda sobe de 36 ha para 63,2 ha (considerando a mesma margem de 100m a partir de cada borda do fragmento), enquanto que a área de floresta conservada se reduz de 64 ha, para 34,8 ha.

Abre-se aqui uma nova questão que merece ser analisada, a diferença entre os efeitos de borda "externos" e "internos" ao fragmento. O primeiro caso compreende o modelo clássico de mudanças estruturais e funcionais na faixa marginal do fragmento, proporcional ao gradiente ambiental que se estabelece no contato com uma matriz estruturalmente diferente. Este é caso dos "contatos artificiais" que se fez referência anteriormente, cuja transformação se assemelha àquela ocorrida nas áreas de "contatos naturais" (ecótonos).

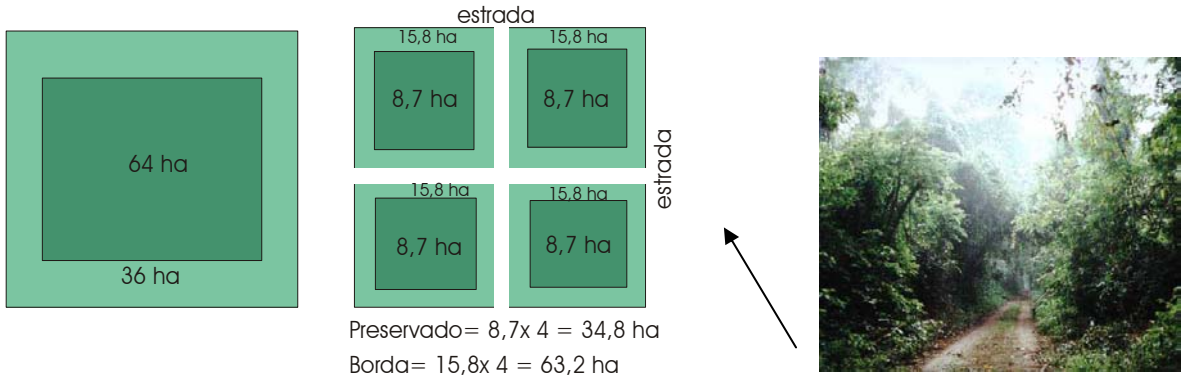


Figura 3.4- Exemplo hipotético do aumento do ambiente de borda promovido pela fragmentação da paisagem.
Fonte: adaptado de Primack e Rodrigues, 2001.

Já o segundo caso (efeitos de borda internos) refere-se aos efeitos naturais do processo de sucessão (clareiras naturais) ou a efeitos induzidos

no interior dos fragmentos (clareiras de corte ou abertura de caminhos e estradas).

No caso de fragmentos florestais em áreas urbanas, a geração de bordas internas representa uma situação bastante comum, dada a circulação de pessoas nas áreas de interface com a cidade e a conseqüente abertura de trilhas e caminhos, aumentando a intensidade e a complexidade do efeito de borda principal, tal como prevê a hipótese de Malcolm (1994), anteriormente referida.

Enquanto os efeitos internos induzidos podem ser tão danosos à estabilidade do sistema quanto os efeitos externos[15], os efeitos internos naturais correspondem a etapas necessárias ao processo de regeneração e desenvolvimento do sistema, como nos lembra Melo (2000):

> Com a abertura de uma clareira inicia-se o ciclo de regeneração natural. Nas clareiras grandes (...) o crescimento rápido da vegetação conduz, depois de várias décadas, ao estabelecimento de novas árvores maduras no dossel. Com o tempo, a queda de outra árvore reinicia o ciclo. O processo de substituição de árvores produz um mosaico de distintas fases regenerativas[16] na comunidade de plantas, que diferem na estrutura, na composição de espécies, e nas situações ambientais. (p.03)[17]

Assim, no que se refere às mudanças decorrentes do efeito de borda, ZAÚ (1998) aponta que as mesmas podem ser percebidas em três níveis:

a) modificações na estrutura física da vegetação, que na borda apresenta menor altura total, menor sobreposição de copas, menor diâmetro médio das espécies arbóreas e maior espaçamento entre indivíduos de maior diâmetro;

---

[15] Scoss (2003) faz referência a efeitos de borda sobre a estrutura de populações de A*strocarium aculeatissimum* (brejaúva) decorrentes de abertura de estradas no interior de fragmentos, que se propagam a distâncias de até 150m a partir do eixo da estrada.

[16] Viana et al (1997) definem as partes deste mosaico como "eco-unidades".

[17] Uma discussão mais detalhada acerca do papel das clareiras na geração e propagação de efeitos de borda internos, será feita no próximo capítulo, juntamente com o resultado das análises microclimáticas feitas para as áreas pesquisadas.

b) modificações na composição florística, onde passam a predominar espécies pioneiras e heliófitas, características de estágios iniciais da sucessão. Dessa forma, a distribuição e a densidade das espécies vegetais na borda será diretamente proporcional à tolerância de cada espécie a estas mudanças.

c) modificações na dinâmica populacional, com alterações na densidade e arranjo espacial em relação a situações de não-borda.

Tabanez et al (1997) definiram um índice para a determinação destes três níveis de modificação. O IDS (Índice de Desenvolvimento Sucessional) é um parâmetro composto que leva em conta quatro variáveis estruturais: altura das maiores árvores, índice de diversidade (ID) de Shannon-Weaver, o índice de valor de cobertura (IVC) de espécies não pioneiras e, por fim, a área basal das maiores árvores.

Segundo Murcia (1995), há ainda um quarto nível de percepção do efeito de borda, que corresponde justamente aos efeitos abióticos, envolvendo mudanças nas condições ambientais, como resultante da proximidade com uma matriz estruturalmente diferente.

Dois processos são fundamentais para desencadear o efeito de borda nas áreas marginais dos fragmentos: o aumento na incidência da luz (que deixa de ter uma penetração exclusivamente vertical, como no interior da floresta, e passa também a incidir de forma lateral) e a redução da resistência à circulação do vento, que passa a incidir de forma mais intensa sobre os indivíduos da borda. "*Esta mudança, aparentemente pequena, faz com que a margem do fragmento receba maior incidência de iluminação e ressecamento e promove marcadas alterações microclimáticas na borda do fragmento*" (Pellens, 2002: 26).

Para Gascon et al (2001), estas "*mudanças microclimáticas associadas à formação de bordas provavelmente são os fatores causadores que explicam mudanças observadas na estrutura da floresta (...) e mudanças na comunidade vegetal*" (p.117), às quais, por sua vez,

acabam acarretando mudanças no fluxo de matéria e energia, retroalimentando modificações nos elementos bióticos do sistema (Coelho Netto, 1985).

Cabe salientar, neste caso, que a orientação da vertente resulta em uma característica fundamental para intensificar ou atenuar o efeito das mudanças microclimáticas, já que quanto menor for à exposição da vertente à radiação solar, mais fracos serão os efeitos abióticos ou menor será a amplitude destes efeitos, diminuindo seu impacto sobre as comunidades locais[18].

A partir da alteração da borda da floresta, algumas espécies ruderais, mais resistentes, podem densificar e dispersar para o interior do fragmento. Embora isso fique bastante evidente quando se trata de espécies animais[19] (Paton, 1994), a densificação de espécies pioneiras de cipós também é uma característica marcante do efeito de borda, uma vez que essas espécies, ao competirem por luz, causam danos às árvores, provocando excesso de peso sobre a copa, causando queda múltipla de árvores, além de prejudicar o crescimento de indivíduos jovens (Putz, 1984), e diminuir sua taxa reprodutiva (Stevens, 1987). Segundo Brokaw (1985), as espécies pioneiras estão adaptadas para fazer o melhor uso dos pulsos de luz e dos nutrientes disponíveis nas áreas de borda,

---

[18] Em que pese à lógica teórica desta relação, Turton e Duff (1992), analisando o efeito de borda sobre a correlação entre os parâmetros microclimáticos e a densidade de plântulas, em um fragmento florestal de encosta, na Austrália, não encontraram diferenças significativas na densidade de plântulas entre as bordas voltadas para o sul e àquelas voltadas para o norte. Segundo Rodrigues (1998), ainda não há trabalhos conclusivos sobre a importância da orientação das encostas na propagação dos efeitos de borda em áreas tropicais. O autor (*op.cit*) ainda acrescenta que, da mesma forma que na orientação das encostas, o papel da declividade sobre as bordas florestais é muito pouco conhecido.

[19] Uma pesquisa coordenada por Vasconcelos (1998) em fragmentos florestais da Amazônia, evidencia uma clara relação entre distância da borda dos fragmentos e espécies de formigas encontradas. Para o autor, "próximo à borda (...) às árvores são menores (em função da maior mortalidade) e a camada de serapilheira é mais espessa, fatores estes que aparentemente causam mudanças na composição de espécies de formigas e talvez também de outros invertebrados da floresta" (p.97). Mesmo assim, à distância da borda não apresentou nenhuma relação significativa com a densidade de formigueiros ou com a riqueza de espécies (Carvalho e Vasconcelos, 1999).

apresentando um rápido crescimento e produzindo uma grande quantidade de sementes. Essas características conduzem, segundo o autor, a uma dominância das pioneiras após algumas gerações.

Como decorrência desse processo, Tabarelli et al (1999) demonstram claramente o crescimento do percentual de espécies ruderais a medida em que se verifica a diminuição da área do fragmento. Da mesma forma, em fragmentos de sucessão secundária de Floresta Atlântica, Viana et al (1997) observaram um decréscimo do número de árvores mortas com o aumento da distância da borda.

Por outro lado, a aceleração do crescimento de lianas, favorecida pela abundância de luz acaba por produzir um "tamponamento" das áreas de borda, podendo reduzir significativamente a propagação dos seus efeitos na direção do interior da floresta[20]. Nas palavras de Pellens (2002),

> O emaranhado que então cresce na borda do fragmento promove uma espécie de "lacre". Este "lacre" promove uma redução das variações microclimáticas internas, dificulta o fluxo para dentro e para fora do fragmento e, com isso, diminui a distância interna de penetração do efeito de borda. Devido a esta dinâmica que parece gerar condições para que haja um tamponamento do efeito de borda em alguns anos após o isolamento, à distância de penetração do efeito de borda pode ser mitigada ao longo do tempo. (p.27)

Uma boa discussão acerca da importância das lianas na formação de "zonas tampão", capazes de amortecer o gradiente ambiental nas bordas dos fragmentos, é feita por Engel et al (1998). Neste sentido, as

---

[20] Apesar disso, os resultados encontrados por Viana et al (1997) sugerem um aumento do efeito de borda com o passar do tempo. Em outro trabalho (Tabanez et al, 1997), os autores defendem a idéia de que um efeito de borda significativo associado a um baixo número de espécies e presença marcante de cipós, pode impedir que o fragmento seja auto sustentável, necessitando de manejo adequado para a sua recuperação. Esta idéia é compartilhada por Scariot et al(2003), ao afirmarem: "*a reconstituição da vegetação da borda para que volte a ter a mesma estrutura da floresta original, parece improvável de ocorrer, pois as modificações iniciais no microclima da borda, criam condições para o estabelecimento de espécies diferentes daquelas que ali se encontravam quando da criação da borda.*" (p.109).

lianas parecem ter um papel fundamental na "cicatrização" de bordas recém-formadas (Williams-Linera, 1990).

As mudanças microclimáticas mensuráveis estão geralmente limitadas a uma zona de 15 a 60 m (Fraver, 1994; Jose et al, 1996; Esseen e Renhorn, 1998), sendo que para alguns fenômenos físicos, a penetração máxima se estende até aproximadamente os 100 m (Laurance, 1991).

Em síntese, é possível afirmar que alguns efeitos de borda podem exibir variações espaciais e temporais consideráveis, embora nem todas as variáveis apresentem um comportamento monotônico em função da distância à borda (Didham, 1997; Rodrigues, 1998). Neste particular, Primack e Rodrigues (2001) comentam:

> Para alguns dos efeitos estudados, a borda apresentou efeitos não-monotônicos, uma onda, ao invés de uma linha ascendente ou descendente. Isto muda completamente a interpretação dos dados obtidos até hoje, que consideravam as freqüentes oscilações de dados como ruído. As novas estimativas de largura de borda devem levar em conta a possibilidade de um efeito se borda ser mais intenso a uma certa distância da borda do que na própria borda do fragmento. (p.101).

Acerca desta não linearidade das respostas ao efeito de borda, Murcia (1995) comenta que "*essas variâncias podem ser flutuações inerentes à variável ou ainda o resultado da interação de duas ou mais variáveis do efeito de borda*".

O quadro 6.1 apresenta a síntese de alguns trabalhos com relação às variações do efeito de borda em transectos centro-borda de fragmentos florestais.

Entre as variáveis ambientais que respondem à influência do efeito de borda, Franklin e Forman (1987) chamam a atenção para os componentes da estrutura da vegetação (altura, densidade e área basal) que, segundo os autores, retratam a distância do efeito propagado. Já para Scariot et al (2003), "*os estágios iniciais de vida tais como as plântulas, parecem apresentar as respostas mais intensas e imediatas à*

fragmentação da floresta, o que poderá afetar a futura composição da comunidade vegetal"(p.108).

Já no que se refere às mudanças na composição fitosociológica do geoecossistema florestal como decorrência do efeito de borda, Scoss (2003) comenta:

> Em contraste com a clara relação existente entre estrutura da floresta e condições abióticas, a resposta da composição de espécies frente às modificações e distúrbios de uma área, é menos óbvia. Até o momento, poucos estudos demonstraram a importância dos efeitos biológicos, diretos ou indiretos, na distribuição e abundância de espécies próximas a bordas de florestas tropicais (p.06).

Quadro 3.1- Comparação entre as diferentes comportamentos e larguras de borda* encontrados na literatura

EFEITO	MAIS ALTO	SEM DIFERENÇA	MAIS BAIXO
Umidade do ar	-	Matlack, 1993**	(**50**)Matlack, 1993 (**4**) Cadenasso et al, 1997***
Temperatura	(**20**)Kapos, 1989** (**24**) Matlack, 1993 (**15**) Williams-Linera,1990a** (**10**) Turton e Duff, 1992	Matlack, 1993	-
Luz	(**20**)Kapos, 1989 (**44**) Matlack, 1993 (**5**) Rodrigues, 1998	Matlack, 1993	-
Umidade do solo	-	Kapos, 1989	(**40**) Kapos, 1989 (**30**) Jose et al
Densidade de plantas	(**15**)Palik e Murphy, 1990** (**30**) Ranney et al, 1981** (**20**) Williams-Linera,1990a	Chen et al, 1992** Palik e Murphy, 1990 Williams-Linera, 1993**	(**56**) Chen et al, 1992 Williams-Linera, 1993
Área basal	(**15**) Ranney et al, 1981	Chen et al, 1992 Williams-Linera, 1993	(**10**) Mayaka et al, 1995***-
Cobertura do sub-bosque	(**40**) Matlack, 1993	Matlack, 1993 Williams-Linera,1990a	-
Densidade de lianas	-	-	Laurance, 1991**
Densidade de plântulas	Chen et al, 1992	Chen et al, 1992 Williams-Linera,1990b**	Chen et al, 1992
Mortalidade	(**56**) Chen et al, 1992 Williams-Linera,1990a	Williams-Linera,1990b	-
Riqueza de espécies	(**10**) Matlack, 1994** (**15**) Ranney et al, 1981 (**4-16**) Fox et al, 1997 (**20-40**) Fraver, 1994	Matlack, 1994	_

* os números em parênteses em cada coluna são as estimativas da distância (em metros) que os efeitos de borda penetram dentro da floresta.
** *apud* Murcia (1995)
*** *apud* Rodrigues (1998)
Fonte: Adaptado de Murcia, 1995.

3.2. A CONSTRUÇÃO DE UM "EIXO CONCEITUAL" EM BASES GEO-HIDROECOLÓGICAS PARA A PESQUISA.

Desde o início do século XX, com as idéias de Schlüter (discípulo de Humboldt), já se falava em uma concepção de paisagem que integra os elementos da ordem social com os elementos naturais (Appleton, 1986). Porém, é somente a partir de Karl Troll que o debate em torno do conceito desta "paisagem cultural" (*kulturlandschaft*) toma efetivamente consistência.

Ao afirmar que "os componentes naturais e culturais não estão superpostos ou somados (...)" *mas sim que* "(...) *a natureza e a cultura na maioria dos objetos geográficos se acham integradas*" (Bobek e Schmithüsen, 1982:331) os teóricos da *kulturlandschaft* chamavam a atenção para a influência do papel antrópico no fato geográfico. Trata-se, portanto, não de estabelecer uma dicotomia entre a paisagem natural e a cultural, mas de ressaltar o nível de transformação da natureza primitiva pela sociedade.

A idéia de totalidade também está muito presente na obra de Troll, especialmente quando o autor afirma:

> Cada vez mais se tende a considerar uma paisagem como uma "unidade orgânica" e a estudá-la no ritmo temporal e espacial de seus numerosos e diversos fatores. Também tem-se colocado a questão de se a paisagem é algo mais que a soma de objetos geográficos, quer dizer, uma "totalidade" ou uma "configuração". (Troll, 1982).

O desenvolvimento das idéias de Troll deu origem a Geoecologia[21], semelhante à Ecologia da Paisagem, desenvolvida na Alemanha por Ernest Neef, que consiste na análise funcional do conteúdo paisagístico,

[21] O termo "geoecologia" foi usado a primeira vez por Troll em 1939, no seu trabalho de fotointerpretação de paisagens de savanas da África Ocidental. Na prática, combinou a abordagem horizontal do geógrafo com uma abordagem verticalizada dos ecologistas, no estudo dos inter-relacionamentos funcionais de um sítio pré-definido.

ou seja, no estudo do desenvolvimento e dinâmica da heterogeneidade espacial nos ecossistemas (Risser et al, 1984)[22]. De acordo com Fochler-Hauke (1983):

> (...) se investigam as forças, quer dizer, a estrutura dinâmica da paisagem. Se trata neste sentido de uma análise funcional, que investiga as dependências e interdependências dos elementos que formam a paisagem. Se tem chamado às vezes a este método "fisiologia da paisagem", mas convém melhor denominá-lo Ecologia da Paisagem. (p.10)

De acordo com Troll (1982), a pesquisa geoecológica vai procurar estabelecer os relacionamentos qualitativos e quantitativos, entre os elementos da biosfera e da litosfera. A geoecologia é, assim, o estudo dos relacionamentos físico-biológicos, que governam as diferentes unidades espaciais de uma área geográfica.

Desta forma, Coelho Netto e Castro Jr. (1997) apresentam a geoecologia como uma disciplina geográfica na interface com a ecologia, caracterizando-a como uma disciplina operacional de análise do espaço-ambiente, especialmente ao nível da paisagem, suas mudanças no tempo e resultantes geo-hidroecológicas.

Dentro desta mesma linha, Bertrand (1972) vai se referir à ciência da paisagem (geoecologia) como uma "*confluência da geografia e da ecologia. E não é uma supersíntese, senão uma opção*(...)"(p.128).

A paisagem não poderia ser, então, tratada por um ramo específico da ciência, tampouco por um conjunto deles, mas sim por ciências denominadas por Bertrand (1972a) de "diagonais", ou seja, ciências que, superando a perspectiva verticalizada das disciplinas tradicionais, tratam o objeto de estudo de uma forma integrada, "(...) tratando de descobrir as leis comuns a fenômenos de distintos gêneros e aparentemente sem relação (Bertrand, 1972[a]).

[22] Numa publicação mais recente (Risser, 1985), o autor comenta que a "(...) ecologia da paisagem compreende desde a análise de um ecossistema, até a análise dos limites entre ecossistemas, especialmente quando esses limites influenciam e são influenciados pelas atividades humanas"(p.415)

É com base nesse entendimento, que Cruz (1985) afirma:

> A ciência da paisagem não é uma síntese, não é uma superposição de cartas geomorfológicas, geológicas, etc... É um reagrupamento harmônico de ciências diagonais exprimindo os elementos da paisagem, com anastomoses e coordenações não somente juntando os resultados, mas confrontando-os, reunindo os fenômenos esparsos numa ciência do espaço dentro de uma preocupação taxionômica. (p.58)

Para Rimbert (1973), o mérito de Bertrand reside no fato de o autor ter ultrapassado os estágios da descrição e da classificação, atingindo uma sistematização global dos elementos da paisagem e seus atributos, fato este que contribuiu enormemente para uma interpretação do complexo da paisagem mais próxima da realidade.

Em que pese este importante aporte teórico integrativo promovido pela geoecologia, Neef (1987) nos lembra que "(...) *a unidade das relações entre natureza e sociedade tem sido o problema central da pesquisa aplicada da paisagem*"(p.40).

Uma boa análise sobre esta questão está presente no trabalho de Doing (1997).

Podemos perceber, dessa forma, que a busca de um modelo teórico de análise que melhor se aproxime do comportamento da paisagem, a fim de estabelecer elementos preditivos é, por certo, um dos maiores desafios colocados às "ciências diagonais" (Bertrand, 1972[a]) na atualidade. Forman e Godron (1986) comentam que "*o difícil teste da utilidade da ecologia da paisagem é ver se é possível encontrar padrões gerais que forneçam a capacidade preditiva e sejam aplicáveis a qualquer paisagem*"(p.17).

Se as transformações espaciais da paisagem estão ligadas, como comprovam diversos autores, à resposta às entradas diferenciadas de energia (Beroutchachvili e Bertrand, 1978; Bolós, 1992; Bovet e Ribas, 1992), então é somente a partir da modelização da estrutura, das entradas de energia e das transformações, que poderemos chegar a um

conhecimento (diagnósticos e prognósticos) mais aproximado da realidade, o que é, em última instância, o objetivo perseguido pela ciência há mais de um século.

Este é sem dúvida, o caminho para onde devem convergir os estudos ambientais, ou seja, a análise integrada dos elementos e a tentativa de modelização dos processos. Só assim será possível chegar às respostas para problemas concretos da sociedade nas suas relações com a natureza, promovendo uma nova fase da geografia física contemporânea.

Já caminhando nesta direção, uma grande contribuição foi dada pelo aparecimento de uma interpretação geo-hidroecológica dos processos que se desenvolvem na paisagem. Considerando a água como elemento de regulação dos processos que se desenvolvem na paisagem, Coelho Netto (1999) propõe o uso do termo Geo-hidroecologia para designar o caminho metodológico de análise integrada da paisagem. Diz a autora (*op.cit.*):

> O termo geo-hidroecologia foi criado (...) para expressar uma abordagem analítico-integrativa para o estudo do sistema da paisagem (ou geoecossistema). O termo paisagem é aqui apropriado das perspectivas geoecológica e geomorfológica. (...) A água é vista como um elemento de ligação das esferas terrestres (atmosfera, litosfera, biosfera, homosfera), exercendo um importante papel no controle das relações funcionais ou de interdependência que governam os processos operativos dentro de um determinado geoecossistema. (p.23)

Dessa forma, a abordagem geo-hidroecológica está voltada ao "(...) *reconhecimento, explicação e modelagem funcional dos processos hidrológicos, geoecológicos e geomorfológicos que regulam as transformações e evolução dos sistemas de paisagem (ou geoecossistemas) em regiões tropicais úmidas*" (Coelho Netto, 1999).

Em outra publicação (Coelho Netto, 1998), a autora reforça o papel do subsistema hídrico como elemento de ligação e regulação dos demais subsistemas da paisagem:

> (...) tem-se considerado que a disponibilidade de água e sua mobilidade, superficial e subsuperficial, constituem condições limitantes à regulagem dos ajustes externos e internos dos geoecossistemas, particularmente em regiões úmidas. Assim sendo, os estudos de balanços, processos e rotas de fluxos hidrológicos tem sido fundamentais no desenvolvimento ou aplicação dos procedimentos analítico-integrativos que permeiam a abordagem geo-hidroecológica. (p.27)

A partir desta perspectiva buscou-se estabelecer o modelo conceitual de dinâmica da paisagem utilizado no presente estudo (figura 3.5), tendo por base as seguintes premissas:

- os fluxos diferenciados de matéria e energia gerados pela interação entre os diferentes elementos do sistema, criam gradientes ambientais que, por sua vez, estimulam o aparecimento de heterogeneidades fisionômicas na paisagem (fácies ou fragmentos que se distribuem no interior de uma matriz[23]);

- estes gradientes ambientais se materializam nas zonas de contato (interfaces) entre dois usos distintos, gerando limites e bordas de tensionamento;

- os processos hidrológicos são responsáveis pela interconexão das diferentes esferas (atmosfera, noosfera[24], biosfera e litosfera) coexistentes e interatuantes na paisagem, estando entre os principais responsáveis (especialmente nas áreas tropicais) pelo desencadeamento da dinâmica de transformação natural desta paisagem ao longo do tempo.

Para a montagem deste modelo conceitual, foram levadas ainda em conta as observações feitas por Monteiro (2000), acerca da "modelização" da paisagem:

---

[23] Segundo Forman (1995), toda paisagem é composta de uma matriz de fundo, onde se distribuem os diferentes fragmentos (associados às diferentes formas de cobertura do solo), alguns dos quais conectados por corredores que permitem o fluxo de matéria e energia entre eles.

[24] Naveh (apud Rocha et al, 1997) propõe que a espécie humana seja considerada como um componente inter-relacionado e coevolutivo do ecossistema, cujos processos se derivam da "noosfera"- o campo da mente e da consciência humana.

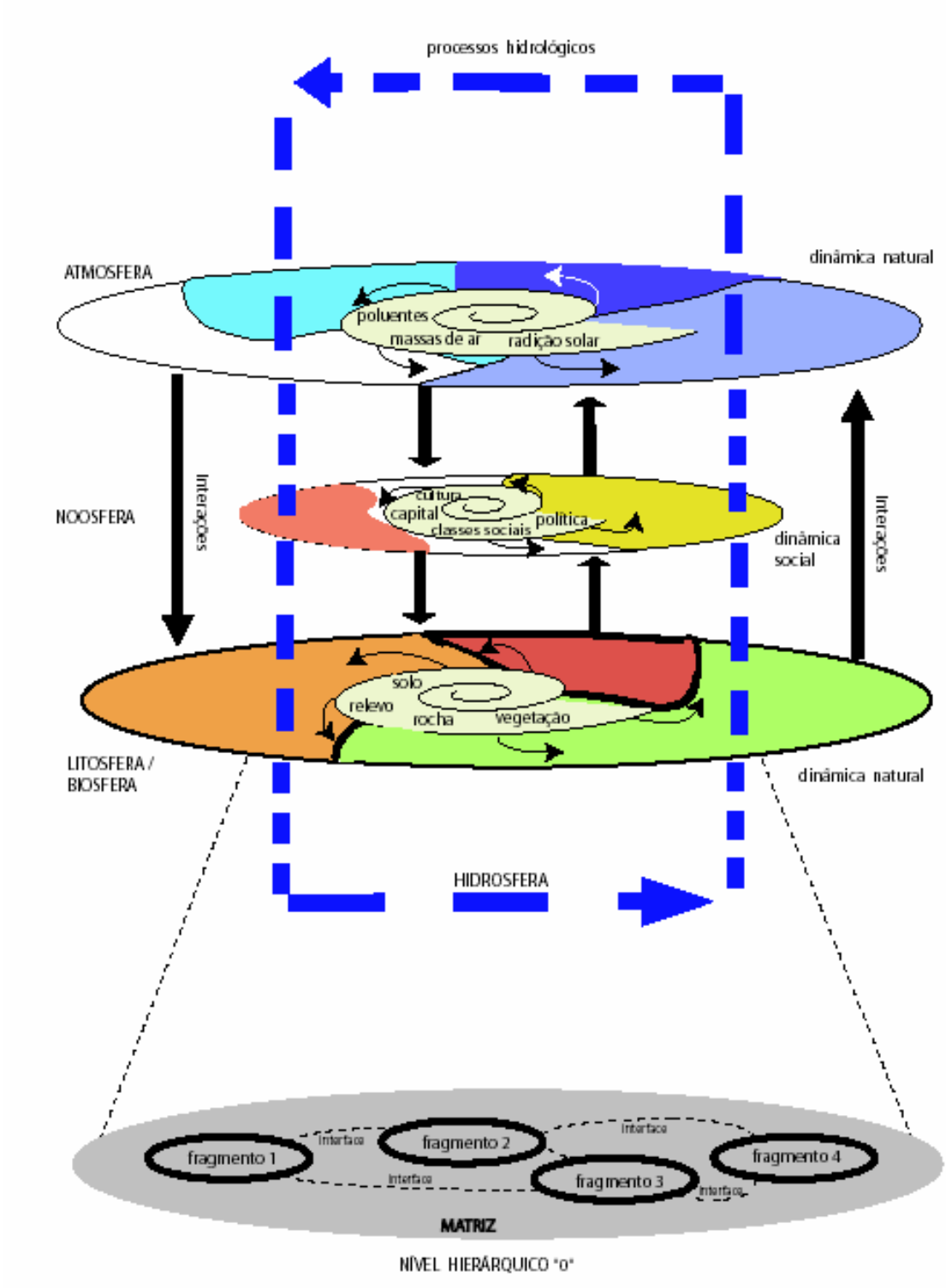


Figura 3.5- Modelo conceitual de dinâmica da paisagem, adotado para este estudo.

1. o modelo deve assumir a perspectiva de um sistema singular complexo, onde os elementos socioeconômicos não sejam vistos como um outro sistema, oponente e antagônico, mas sim incluído no próprio sistema;
2. o modelo deve representar uma realidade espacial que assume um jogo de relações sincrônicas;
3. o modelo deve expressar a inteireza diacrônica da realidade;
4. conjunção de análises quantitativas às qualitativas.

Este modelo conceitual nos ajuda a interpretar a evolução da paisagem nas suas diferentes escalas (ou níveis hierárquicos) de abordagem, tal como se pode visualizar na figura 3.6.

Considerando a natureza desta evolução, e considerando também que as determinações acerca dos processos reguladores do grau de funcionalidade das áreas estudadas não se restringem aos controles locais, foi necessário trabalhar de forma articulada com quatro níveis hierárquicos de análise.

Parte-se de uma análise mais geral das determinações históricas que condicionaram a dinâmica de exploração da Mata Atlântica na costa brasileira, bem como das políticas atuais que direcionam o processo de uso e/ou conservação deste bioma . Este primeiro nível hierárquico de análise serve de contextualização para compreendermos a área de estudo como uma estrutura resultante de múltiplas determinações, passadas e presentes, e sujeita a interferências de diferentes níveis.

O segundo e terceiro níveis hierárquicos correspondem a etapas intermediárias e complementares de análise, onde se buscou caracterizar, mesmo que de uma forma mais geral, a dinâmica natural e sócio-econômica deste grande fragmento florestal que é o Maciço da Tijuca, cercado por uma matriz urbana com diferentes graus de intensidade e formas de organização.

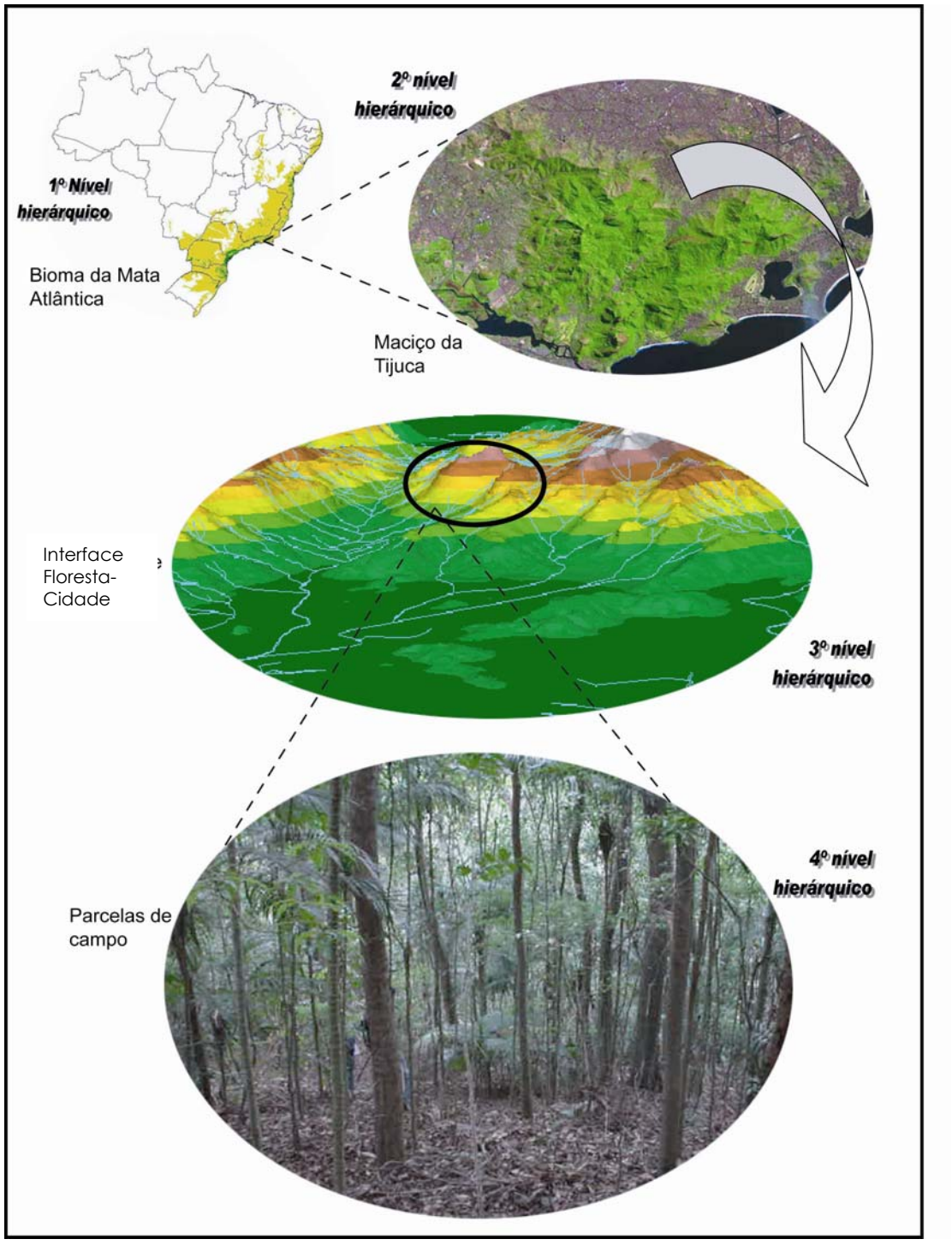


Figura 3.6- Esquema de representação dos níveis hierárquicos de análise da interface floresta-cidade no Maciço da Tijuca (RJ).

O quarto nível hierárquico de análise corresponde aos locais selecionados para a realização da coleta de dados propriamente dita. Os levantamentos de campo visam estabelecer uma caracterização mais detalhada de algumas variáveis que refletem o estado e a dinâmica atual daquela paisagem. Os resultados obtidos neste nível hierárquico de análise servirão para realimentar a compreensão dos níveis antecedentes, muito embora a capacidade de extrapolação acabe sempre esbarrando na dificuldade de determinação precisa da fractalidade[25] do sistema (Christofoletti, 1997).

Uma das características mais fascinantes do estudo de um fenômeno de alta complexidade é o fato de que muitas das dimensões deste fenômeno, seja pela sua particularidade ou pela sua grande abrangência, só podem ser vistas em determinadas escalas de análise. Para outras escalas, estas mesmas dimensões se tornam imperceptíveis ou incapazes de serem apreendidas (Debinski et al, 2001).

Assim, somente a partir da articulação entre estes diferentes níveis escalares, é que poderemos estabelecer as ligações decorrentes da multidimensionalidade do fenômeno, ou seja, poderemos melhor caracterizar as relações que se estabelecem entre o local e o regional. Para Christofoletti (1999), "*a viabilidade aplicativa nos vários degraus da hierarquia decorre justamente da complexidade e da unicidade da organização espacial*" (p.48).

Assim, a escolha dos níveis hierárquicos decorre não apenas da dimensão do fenômeno em questão, mas também do nível de generalização ou particularização que se pretenda adotar. Neste sentido, lembra Castro (1996),

---

[25] Embora a idéia dos fractais, ou seja, um agrupamento sistêmico de variáveis que mantém similaridades estruturais em diferentes escalas (Moreira, 2003), represente uma possibilidade coerente no plano teórico, a sua aplicação prática na modelagem da paisagem ainda apresenta limites bastante estreitos, devido à dificuldade de se dimensionar concretamente esta auto-similaridade nas diferentes escalas de abordagem.

> (...) a simplicidade matemática da escala como medida de representação gráfica esconde a enorme complexidade do termo quando se trata de recortar a realidade espacial. Este recorte supõe, consciente ou inconscientemente, uma concepção que informa uma percepção do espaço total e do "fragmento" escolhido. Em outras palavras, a utilização de uma escala exprime uma intenção deliberada do sujeito de observar seu objeto. (p.02).

3.3- REVISÃO TEÓRICO-CONCEITUAL DAS QUESTÕES LIGADAS AO DESDOBRAMENTO DA PESQUISA

No desenvolvimento desta pesquisa, duas grandes questões merecem ser mais bem compreendidas, dado o rebatimento que tais questões apresentam na busca do entendimento da paisagem da interface floresta cidade. São elas: as tendências assumidas pela variabilidade pluviométrica local (que modificam o aporte hidrológico que alimenta o sistema) e a questão referente à escolha de indicadores globais que permitam avaliar a ocorrência e a propagação do efeito de borda.

3.3.1- O aporte de água na "alimentação" da floresta: mudanças decorrente da variabilidade pluviométrica.

3.3.1.1 O PAPEL DAS CHUVAS NA INTERFACE SOLO-PLANTA-ATMOSFERA

A entrada de água no sistema é uma variável que regula não apenas a distribuição e a estrutura dos biomas na superfície da Terra[26] (Walter, 1986), como também a grande maioria dos processos que concorrem para a formação e transformação das paisagens. Dessa forma, o ciclo hidrológico não pode ser entendido de forma isolada, mas sim na interação que ele estabelece com os processos geomorfológicos e biológicos. Neste caso, a água, juntamente com o clima, é o agente mais

[26] Segundo Strahler e Strahler (1997), ao longo da história geológica da Terra, a água tem sido o elemento responsável pelos processos adaptativos de plantas e animais, seja devido ao excesso, seja devido à sua escassez em determinadas áreas.

dinâmico dessa interação (Kobiyama, 1998). Nas palavras de Coelho Netto (1995),

> A precipitação é um importante fator-controle do ciclo hidrológico e, portanto, da regulagem das condições ecológicas e geográficas de uma determinada região. As quantidades relativas de precipitações (volume), seus regimes sazonais ou diários (distribuição temporal) e as intensidades de chuvas individuais (volume/duração) são algumas das características que afetam a natureza e a magnitude do trabalho gemorfológico em bacias de drenagem e, portanto, o planejamento de áreas urbanas, industriais ou rurais (p.100).

A mesma autora afirma, em outro momento (Coelho Netto, 1998), que é preciso considerar que a disponibilidade de água, bem como a sua mobilidade na paisagem (superficial e subsuperficial), "(...) *constituem condições limitantes à regulagem dos ajustes internos e externos dos geoecossistemas, particularmente em regiões úmidas*" (p.27).

Neste mesmo sentido, Gardner (1960) reconhece o sistema floresta-atmosfera como um todo, um contínuo físico no qual a dinâmica dos diferentes processos de transferência ocorre interdependentemente.

Em áreas florestadas, as características do ciclo hidrológico definem não apenas o balanço hídrico das bacias hidrográficas, como também a ciclagem de nutrientes, interferindo na disponibilidade dos mesmos para o restante do sistema biológico (Silva Filho, 1988).

Segundo Lima (1988), as chuvas constituem uma importante fonte de nutrientes para os ecossistemas florestais. Os elementos minerais, advindos da precipitação atmosférica e distribuídos na floresta através do dossel, fazem parte da entrada de bioelementos que ajudam a suprir adequadamente o estado nutricional do sistema (Leitão Filho,1993).

Dessa forma, além de garantir o processo de fotossíntese, alguns autores afirmam que a entrada de água no sistema hidrológico de florestas tropicais também pode ser responsável pelo suprimento das necessidades nutricionais destes biomas, através da lavagem de copas e troncos promovida pela água da chuva (Herrera, 1981; Leitão Filho, 1993).

Por esta mesma razão, Goldstein et al (2002) chegam a afirmar que "*(...) a água é um fator limitante de grande importância e, por vezes, um dos determinantes críticos do funcionamento das árvores do dossel* " (p.252).

A interceptação reduz a energia erosiva das gotas de chuva[27] e, após uma estocagem temporária da água no nível das copas e/ou na serapilheira, disponibiliza a umidade para o topo do solo. A água infiltrada e estocada no solo torna-se disponível à absorção pelas plantas e também ao retorno para a atmosfera por evapotranspiração. A água que não retorna à atmosfera, recarrega o reservatório de água subsuperficial ou subterrânea e daí converge muito lentamente para as correntes de fluxos (Coelho Netto, 1995).

Dessa forma, salienta Neumann (1989), "*a floresta mantém, de certo modo, a paisagem em equilíbrio com o sistema hídrico regional, evitando catástrofes de ordem erosiva e a degradação ambiental*" (p.5).

O caminho percorrido pela água da chuva inclui seu movimento até as raízes; absorção e transporte pelas raízes até os caules e folhas, através do xilema; evaporação nos espaços intercelulares das folhas; difusão do vapor através dos estômatos e cutícula, e seu movimento até a atmosfera externa. Nestes processos, afirma Reichardt (1975), a quantidade de água transpirada diariamente é grande, quando tomada em relação à variação do teor de água da planta, "*(...) de tal forma que o fluxo de água pode, para certos intervalos de tempo, ser considerado como um processo em equilíbrio dinâmico (Steady-State)*" (p.235).

Como conseqüência disso, o volume e a forma de distribuição da precipitação condicionam estruturas morfológicas e funcionais das plantas que, por sua vez, implicam em alterações no tipo e na intensidade dos serviços ambientais prestados por estas comunidades vegetais. Estudos desenvolvidos por Clinebel (1995) corroboram com esta

[27] Para Gardner (1960), neste sistema, o fluxo de água corre no sentido da diminuição de sua energia potencial.

afirmação. Ao estudarem as características físicas de 69 áreas de floresta tropical, na América Central e América do Sul, os autores concluíram que as duas variáveis que melhor se relacionaram com o número de espécies de epífitas, eram a precipitação e sua estacionalidade.

Diversos são os serviços ambientais prestados pelos geoecossistemas florestais; no entanto, em áreas tropicais de encosta, os mais importantes, dizem respeito às relações que o sistema florestal estabelece com os processos hidrológicos, uma vez que a natureza da paisagem (tipo, forma e densidade da cobertura, declive da superfície e características do solo) condiciona os fluxos superficiais e subsuperficiais que, por sua vez, definem os mecanismos erosivo-deposicionais nas áreas a jusante.

Quando chove sobre uma área florestada, a água da chuva não chega diretamente a terra, já que a massa vegetal retém uma parte considerável da água. Segundo o tipo de floresta e a característica morfológica dos indivíduos que a habitam, a água da chuva chegará mais rápido ou mais lentamente ao solo.

Por outro lado, para compreender a capacidade de estocagem de água pelo sistema, é preciso considerar também a estreita relação entre a duração da chuva, a densidade da massa vegetal e a absorção de água pelo solo (Bernal e Aguiar, 1982).

Assim, o percentual de interceptação das águas da chuva é uma função tanto da freqüência das precipitações, quanto das características estruturais do dossel (Dunne e Leopold, 1978). Nos lugares com chuvas curtas, freqüentes e de baixa intensidade, o total anual de interceptação será certamente maior do que nos locais onde ocorrem chuvas fortes, pouco freqüentes e de grande intensidade, típicas das áreas tropicais dominadas por uma dinâmica atmosférica de frontogênese.

Dessa forma, considerando que a demanda por evapotranspiração é praticamente constante nas regiões tropicais (Reichardt, 1975), uma mudança no regime de distribuição das chuvas traz como conseqüência

inevitável, uma reorganização (leia-se refuncionalização) da parte biótica em relação ao uso da água disponível, armazenada no solo. A dimensão deste desequilíbrio dependerá da habilidade das raízes de absorver a água do solo, bem como das propriedades do solo no fornecimento e na transmissão desta água até as raízes, em uma proporção que satisfaça as exigências da transpiração. Vê-se então, que o fenômeno depende de fatores do solo (especialmente nas características que se relacionam à condutividade hidráulica), da planta (densidade, profundidade, orientação, taxa de crescimento e fisiologia das raízes) e da atmosfera (distribuição da precipitação, déficit de saturação, vento e radiação disponível).

Em função do que se apresentou até aqui, é possível perceber que as chuvas e as florestas representam elementos interatuantes da paisagem, ou seja, ao mesmo tempo em que as características da precipitação condicionam características estruturais e funcionais da vegetação (em função do volume, freqüência e intensidade das precipitações e do aporte de nutrientes), a vegetação também regula importantes aspectos da precipitação (seja pelo controle da liberação de umidade na evapotranspiração, seja pela ação na regulagem da temperatura da atmosfera). Para Bonan (2002), esse processo dá origem ao conceito de "*coevolução do clima e da vida*", onde "*a atividade biológica é regulada pelo clima e, por sua vez, através da ciclagem de energia, água e elementos químicos, regula o clima*" (p.11).

Esta visão é também compartilhada por Nobre (1992), ao afirmar:

> (...) Pensava-se que os mecanismos responsáveis pelas altas e quase contínuas taxas de precipitação (...) eram ligados à circulação geral da atmosfera e não dependiam da vegetação. Esta visão tem sido modificada nos últimos 15 anos, à medida que experimentos com modelos complexos da atmosfera têm demonstrado que a presença ou ausência de vegetação pode influenciar o clima regional. Uma implicação desses resultados é que o clima atual e a vegetação coexistem num equilíbrio dinâmico que pode ser

> alterado por perturbações em qualquer dos dois componentes. (p10).

Entendida dentro desse contexto, a água da chuva pode ser considerada tanto um recurso, quanto um fator de distúrbio para o os ecossistemas, uma vez que uma mudança no regime das chuvas que acarrete uma má distribuição, associada aos impactos sócio-econômicos sobre as áreas de floresta, pode gerar grandes efeitos sinergísticos[28] de degradação estrutural e funcional.

Assim, quando se pensa a relação entre a água e a floresta num contexto de fragmentação florestal e geração de efeitos de borda, a discussão da variabilidade pluviométrica assume uma dimensão ainda mais significativa, já que, ao afetar sobremaneira a condição microclimática das áreas florestadas, a fragmentação pode induzir a uma redução na disponibilidade de água, particularmente nas bordas (Kapos *et al*, 1997); e, para os indivíduos das bordas, uma maior demanda evaporativa poderia significar um *déficit* hídrico severo.

3.3.1.2 VARIABILIDADE CLIMÁTICA NO PERÍODO ATUAL: CONTEXTUALIZANDO O DEBATE ACERCA DAS MUDANÇAS NO REGIME DAS CHUVAS.

Nas escalas histórica e geológica de tempo, o regime de chuvas tem apresentando uma variabilidade que pode chegar a centenas de anos, como revelam os estudos de Thompson *et al* (1985) e Grissino-Mayer (1996)– figura 3.7.

Para além da associação com fenômenos naturais de variabilidade da dinâmica atmosférica (Philander e Fedorov, 2003), este aquecimento global é também creditado a um aumento potencial das taxas de temperaturas em escalas regional e/ou local, decorrentes das mudanças

[28] Para Klar (1984), todos os organismos são altamente integrados na sua fisiologia e metabolismo, sendo que os efeitos principais decorrentes do déficit de água, são capazes de produzir efeitos secundários e terciários ao longo do geoecossistema.

ambientais marcadas, de um lado, pela forte expansão dos centros urbanos e industriais (Lahmer *et al*, 2001) e, de outro, por altas taxas de retração dos remanescentes florestais (Bruijnzeel, 1988).

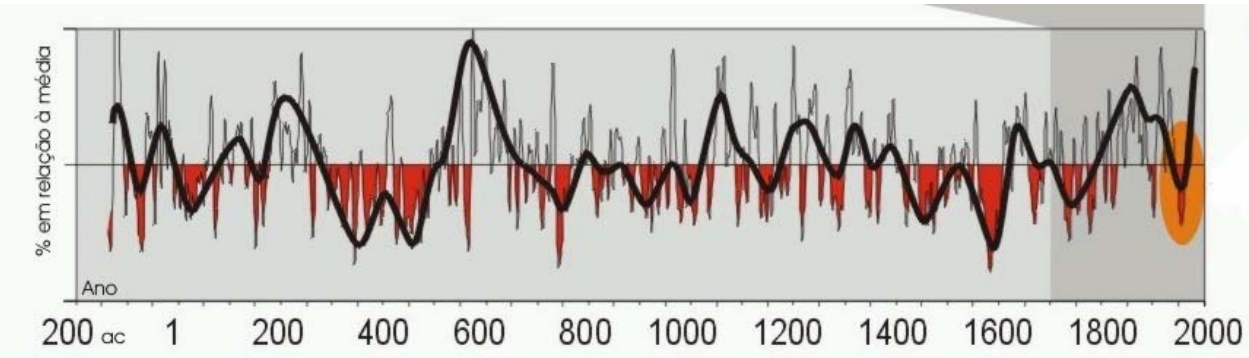


Figura 3.7- Reconstrução geológica das variações pluviométricas no NW do Novo México (U.S.A.) nos últimos 2129 anos, demonstrando o comportamento cíclico das precipitações. Fonte: Grissino-Mayer (1996)

No entanto, nos últimos anos, graças à evolução dos modelos preditivos (Mavromatis e Jones, 1998), vem se tornando cada vez mais freqüente a divulgação de informações sobre distorções no comportamento climático esperado para diversas regiões do Planeta (Wang e Schimel, 2003), tanto na literatura especializada como na mídia de amplo alcance. Essas distorções têm sido atribuídas, pelo menos em parte, aos efeitos do aumento da temperatura média global sobre a circulação geral da atmosfera (Arnell, 2003)- figura 3.8.

Associado a este aumento médio da temperatura, alguns estudos (Hulme e Sheard, 1999; Walsh, 1996; Meis et al, 1981; Figueiró e Coelho Netto, 2004) têm identificado uma clara tendência de redução dos totais pluviométricos anuais para algumas regiões do Planeta[29] (figura 3.9), as

[29] A discussão de tendências pluviométricas tem sido um dos assuntos mais controversos dentro da literatura que discute mudanças climáticas, justamente pela dificuldade de se estabelecer padrões universais para um fenômeno que apresenta tanta variação espaço-temporal. Mesmo regiões que estejam geograficamente próximas, podem assumir comportamentos bastante diferenciados, definidos pela variação dos controles locais. Um exemplo disso, é o estudo desenvolvido por Sant'Anna Neto (1995),

quais, muito provavelmente, estão ligadas à tendência cíclica de variação pluviométrica já anteriormente referida.

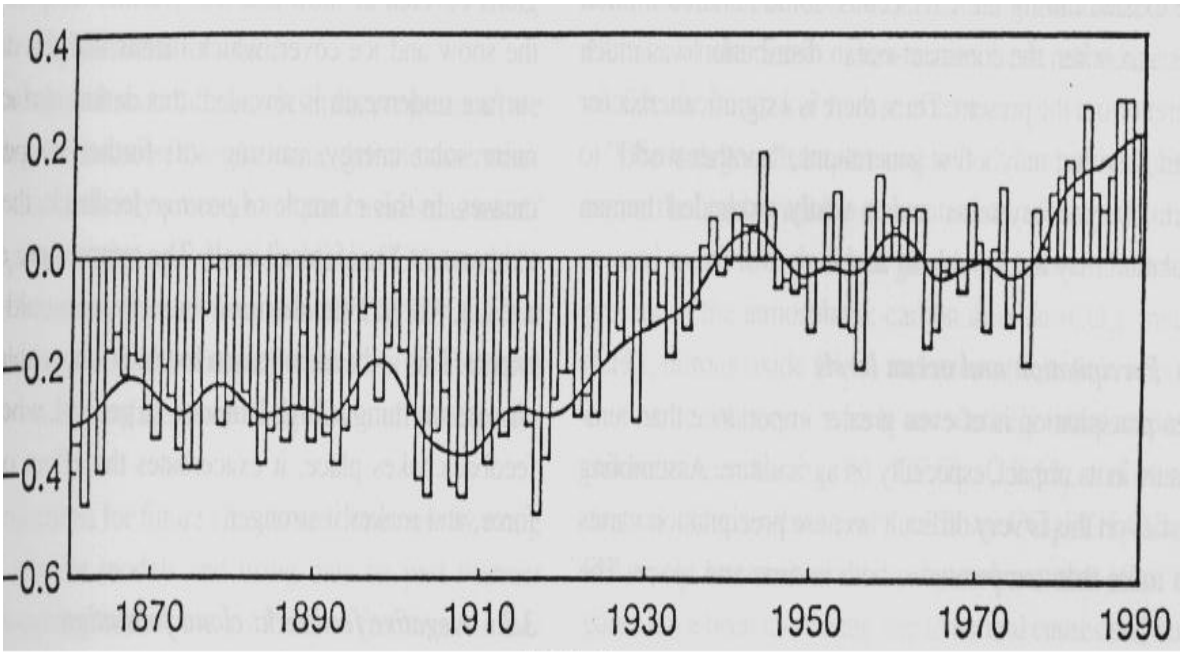


Figura 3.8- Média das variações globais de temperatura do Planeta (em °C, combinando temperatura atmosférica com a temperatura no nível do mar) entre 1861 e 1989, em relação à média do período 1951-1980. Pela análise do gráfico é possível observar as variações positivas de temperatura a partir da década de 40, acompanhando o rápido crescimento urbano-industrial.
Fonte: Crutzen e Golitsyn (1993)

Essa tendência à redução das chuvas pode representar, de certa maneira, um *stress* adicional aos sistemas já ameaçados, uma vez que, segundo Nobre (1992), "(...) *devido ao aumento da temperatura, poderia haver aumento da demanda evaporativa e redução da água disponível no solo até mesmo em áreas que experimentassem aumento das chuvas (...)*" (p.01).

---

demonstrando a diferença de tendências existente entre a região litorânea (decréscimo de precipitações) e o planalto ocidental paulista (tendência de aumento dos totais pluviométricos). Além disso, o caráter cíclico da variável em questão pode permitir interpretações diferenciadas para um mesmo local, dependendo do intervalo de tempo utilizado.

Soma-se a isso as evidências acumuladas durante as últimas décadas, de que algumas variações interanuais de precipitação estão de alguma maneira relacionadas com uma oscilação periódica do sistema atmosfera-oceano no Pacífico Equatorial, conhecido como fenômeno de "El Niño" (ou ENSO- "El Niño Southern Oscillation).

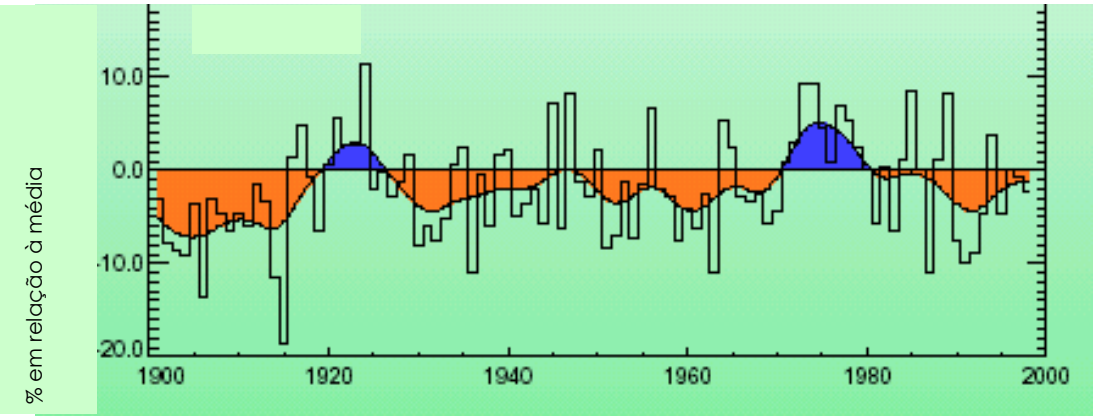


Figura 3.9- Modelo meteorológico de variação pluviométrica para o Brasil durante o Século XX, onde se pode evidenciar um claro predomínio dos desvios negativos, decorrentes da tendência secular de redução dos totais pluviométricos anuais.
Fonte: Hulme e Sheard (1999).

Este fenômeno, segundo Cavalier e Vargas (2002), apresenta uma periodicidade média de 3 a 5 anos, podendo variar de 2 a 7 anos. Ele tem uma duração de 14 a 22 meses e começa com uma diminuição dos ventos Alísios de leste sobre o Pacífico equatorial. Esta redução da intensidade do vento resulta em uma diminuição da espessura das águas quentes superficiais sobre o Pacífico ocidental (SE da Ásia) e, de forma concomitante, em um aumento das temperaturas superficiais do Pacífico central e oriental, estendendo-se até as costas da América do Sul (Hastenrath, 1990).

No Brasil, embora as conseqüências de tal fenômeno sejam mais evidentes e regulares para as regiões Sul e Nordeste (Dzinski, 1995), é possível se pensar, tal como se tentará demonstrar mais à frente, que tanto

a ocorrência de El Niño, quanto de La Niña[30], concorrem para uma intensificação da circulação das massas de ar sobre a região Sudeste durante o verão, ocasionado aumento de chuvas frontais, com concentração dos eventos durante estes meses.

Neste caso, uma hipótese bastante razoável é a de que o agravamento da variabilidade pluviométrica sobre a região Sudeste reside justamente no somatório destas duas tendências apresentadas, ou seja, tendência secular de redução dos totais pluviométricos anuais, e tendência de concentração dos eventos de chuva nos meses de verão, durante os períodos de ação de El Niño e La Niña.

Já na escala local, Nimer (1971) destaca que as barreiras impostas pelo relevo montanhoso à circulação das massas de ar promovem variações quantitativas das chuvas frontais, além de propiciarem alguns eventos de chuvas locais. As chuvas convectivas, de abrangência local, também estão fortemente associadas à geração de *ilhas de calor* nas grandes metrópoles, podendo igualmente potencializar os efeitos dos mecanismos de chuvas frontais (Monteiro, 1976; Brandão, 2001). A mudança nos padrões de cobertura, transforma a aerodinâmica e as propriedades radiativas da superfície, modificando o comportamento da temperatura e da umidade na camada de ar mais próxima do local transformado. Nestes, modificam-se especialmente os parâmetros de conforto térmico (Gómez *et al*, 2001), sob a influência daquilo que Oke (1987) chama de "urban canopy layer", ou seja, o estrato mais inferior da atmosfera, onde se associam a influência da geometria da cidade com as suas funções urbanas respectivas.

A interação entre a dinâmica climática regional e o que Oke (*op.cit.*) denomina de "Urban Boundary Layer" (conjunto da área

[30] O fenômeno de La Niña é exatamente o oposto de El Niño, ou seja, uma intensificação dos ventos alísios de leste é acompanhada de um resfriamento das águas do Pacífico oriental. Neste caso, as águas mais frias estendem-se por uma estreita faixa, com largura de cerca de 10 graus de latitude ao longo do equador, desde a costa peruana, até aproximadamente 180 graus de longitude no Pacífico Central.

construída), provoca alterações nas variáveis atmosféricas, modificando o comportamento tanto da temperatura (Chandler, 1962; Mendonça, 1994), quanto da intensidade e distribuição da pluviosidade (Brandão, 1994 e 1997) sobre as áreas urbanas.

3.3.2- Em busca de indicadores globais para a avaliação do efeito de borda

Considerando a diversidade de comportamentos possíveis decorrentes do efeito de borda (Murcia, 1995) e, da mesma forma, considerando os efeitos sinergísticos e/ou não monotônicos (Primack e Rodrigues, 2001) que os elementos da paisagem apresentam frente ao processo de degradação, torna-se necessário buscar indicadores globais que permitam avaliar de forma mais rápida e simplificada o nível de integridade estrutural e funcional do geoecossistema afetado (Garay, 2001).

Grande parte dos estudos que se dedicam a analisar a largura e a propagação do efeito de borda em áreas florestais têm utilizado a distribuição de espécies como principal indicador, tendo em vista que as áreas de borda tendem a apresentar um predomínio de espécies pioneiras e uma redução (ou mesmo ausência) de espécies climáxicas (Fox *et al*, 1997). Todavia, os resultados apresentados por Godefroid e Koedam (2003) sugerem que grupos de espécies com alto valor de conservação podem estar mais bem representados na borda do que no interior dos fragmentos, o que coloca em xeque a idéia da existência de um modelo único para a explicação do comportamento das espécies em áreas de borda.

Assim, é possível que a presença de muitas espécies generalistas e a profusão de micro-habitats decorrentes tanto da conformação topográfica da área, quanto da dinâmica natural de sucessão, possam

mascarar ou induzir falsas relações acerca do efeito de borda sobre a comunidade local de espécies.

Além disso, Canham e Marks (1985) especulam que, dentro de um mesmo grupo de espécies, as respostas às mudanças das condições ambientais na borda podem se dar de forma bastante diferenciada, devido o desenvolvimento diferencial de mecanismos locais de adaptação, o que acaba dificultando o uso deste indicador de análise.

Dentro deste contexto, é pertinente o comentário de Garay (2001) acerca da necessidade de elaboração de métodos mais rápidos e eficazes de avaliação da condição geral do sistema. Diz a autora:

> A posição contrária, que pretende avaliar a integridade do ecossistema através do levantamento exaustivo de todas as espécies pertencentes, em geral, a um mesmo grupo taxonômico, ignora igualmente que processos essenciais à manutenção do ecossistema podem estar perturbados apesar da presença de um grupo completo de espécies, devido, notadamente, à inadequação de escalas espaços-temporais entre as técnicas de levantamento destas espécies e o processo em questão. (p.404).

Frente a isso, Murcia (1995) comenta que o uso de indicadores abióticos resulta em respostas mais claras, enquanto que os efeitos biológicos são menos óbvios de se avaliar.

Na perspectiva de superação destas dificuldades interpretativas, diversos trabalhos têm buscado aliar o uso de indicadores abióticos (especialmente aqueles advindos da microclimatologia ou parâmetros edáficos) com a análise de variações biológicas. Este é o caso dos estudos desenvolvidos por Turton e Duff (1992), Jose et al (1996), Fraver (1994), Young e Mitchell (1994), dentre outros.

Além da fitossociologia e da variação estrutural da vegetação, outro indicador bastante utilizado para a identificação da qualidade funcional do sistema, refere-se às variações no estoque de matéria orgânica em superfície (Oliveira, 1987; Kindel, 2001).

O uso deste indicador responde à necessidade de avaliação da condição global de funcionamento do sistema da paisagem, uma vez que "*os padrões de acumulação orgânica (...)são regulados pelas condições climáticas, pelo tipo de vegetação e de solo e pelos organismos decompositores*" (Kindel e Garay, 2002).

Assim, na linha dos trabalhos supracitados que buscam entender os mecanismos de ação do efeito de borda a partir de uma avaliação conjunta de indicadores bióticos e abióticos, o presente trabalho buscou analisar as conseqüências do efeito de borda :

- na variação estrutural da vegetação ao longo de transectos centro-borda;

- frente às variações hidro-geomorfológicas de cada área escolhida;

- na variação de parâmetros microclimáticos associados a estes transectos;

- na produção de efeitos combinados, a partir da geração de novas "bordas internas";

- na transformação dos depósitos de matéria orgânica em superfície.

3.3.2.1- O PAPEL DA VARIAÇÃO DA ESTRUTURA VEGETACIONAL

A descrição da estrutura da vegetação tem servido de base para estudos que envolvem uma compreensão mais detalhada dos processos ecossistêmicos, como a análise da dinâmica e da estabilidade do sistema florestal (Oliveira, 1999).

Além disso, segundo Knight (*apud* Melo, 2000), as características estruturais da vegetação fornecem importantes informações sobre a riqueza em espécies das florestas tropicais.

De acordo com Krebs (1972), as comunidades que compõe os ecossistemas apresentam uma tendência em direção ao equilíbrio. Neste sentido, a capacidade diferencial de resiliência do sistema tende a

estabelecer uma velocidade também diferencial de regeneração após cada perturbação, dando origem a um mosaico sucessional da paisagem.

Os resultados obtidos por Oliveira (1999ª) para a Ilha Grande (RJ) demonstram claramente a existência de uma relação entre o padrão estrutural da vegetação e o tempo decorrido após a perturbação da sucessão natural (quadro 3.2), de tal forma que se poderia pensar na existência de um "ritmo" mais ou menos variável entre a reincidência das perturbações e a evolução da estrutura do ecossistema.

Quadro 3.2- Padrões estruturais encontrados por Oliveira (1999ª) para áreas florestais com diferentes tempos de recomposição após o uso agrícola, na Ilha Grande (RJ)

Característica	5 anos	25 anos	50 anos	Clímax Local
densidade (ind./ha)	1.915	2.784	2.273	1.996
área basal (m2/ha)	5,6	26,3	32,4	57,9
diâmetro médio	4,7 cm	7,5 cm	9,6 cm	12,2 cm
altura média	3,7 m	7,0 m	8,8 m	11 m
indivíduos mortos em pé	15,10%	7,80%	6,30%	1,50%
troncos múltiplos	18,30%	8,80%	7,60%	0,90%

Pesquisas desenvolvidas por outros autores (figura 3.10) para diferentes áreas de floresta tropical úmida demonstram que a capacidade de recuperação estrutural da vegetação vai estar associada não apenas ao tempo de abandono pela lavoura, mas também à disponibilidade de nutrientes no solo.

Dessa forma, a variabilidade das condições naturais do ecossistema (posição na vertente, grau de umidade e fertilidade do solo, orientação e declividade do terreno, etc.) acaba definindo, na escala local, ritmos diferenciados de recuperação. Guariguata e Ostertag (2002) chamam a atenção para o fato de que mesmo em áreas onde se observa uma

rápida recuperação do estoque de biomassa[31] e da riqueza de espécies, a recuperação da composição florística original é um processo muitíssimo mais lento. Comentam os autores (*op.cit.*): "*ao realizar seqüências cronológicas muito amplas, se tem observado que depois de 80 ou inclusive 100 anos de sucessão secundária, a composição de espécies do dossel ainda não se parece com a de um bosque primário*" (p.610).

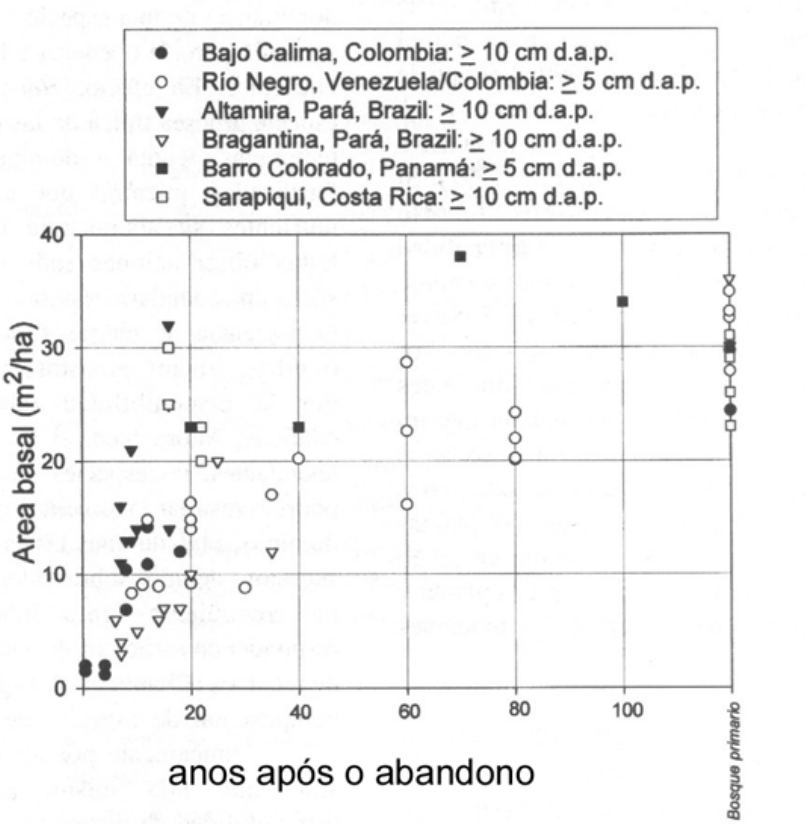


Figura 3.10- Gráfico de recuperação da área basal de um ecossistema florestal em diferentes locais de clima tropical úmido durante o processo de sucessão secundária. Os dados contemplam diferentes localidades nas quais o uso agrícola da terra, previamente ao abandono, foi de fraco a moderado. Os autores salientam que a grande variabilidade na recuperação entre áreas com períodos semelhantes de sucessão retrata as diferenças na disponibilidade de nutrientes por parte dos solos.
Fonte: Guariguata e Ostertag (2002).

[31] Em que pese o fato de considerarmos a recuperação da biomassa e da cobertura vegetal um processo bem mais rápido do que o do retorno da funcionalidade ou da composição florística original, Hughes *et al* (1999) observaram que mesmo depois de 50 anos de sucessão, a biomassa aérea de um bosque secundário no México ainda estava longe dos valores apresentados por um bosque primário.

Situação semelhante foi encontrada por Chirol (2003) e Montezuma (2005) acerca da recomposição funcional em cicatriz de movimento de massa, com quinze anos de sucessão.

Certamente que todas estas questões apontam para a necessidade de se aprofundar o conhecimento acerca do processo de perturbação/recuperação florestal, buscando entender o sistema de maneira integral, a partir da evolução das suas características estruturais e funcionais. Com isso, não apenas melhoraremos nossa capacidade de realizar predições acerca dos ecossistemas florestais sucessionais, como também melhoraremos nossa habilidade para manejá-los adequadamente.

3.3.2.2- VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS MICROCLIMÁTICOS AO LONGO DAS ÁREAS DE BORDA

O microclima representa um conjunto de condições climáticas medidas em áreas próximas à superfície do solo, na escala local (Geiger, 1961).

De forma ainda mais específica, Larcher (2000) define o microclima de ecossistemas naturais como "bioclimas", os quais representam "(...) *o microclima ao redor de onde as plantas crescem: do limite da superfície das partes aéreas até onde as raízes se estendem no solo*." (p.61).

Este conjunto particular de variáveis atmosféricas serve facilmente como descritor das mudanças estruturais e funcionais do ecossistema, uma vez que responde de forma rápida às mudanças nos fluxos de matéria e energia que se processam nas áreas de borda (Forman, 1995).

Ainda segundo Larcher (2000),a escala bioclimática se integra às escalas superiores por meio do controle da precipitação (escala regional) e da intensidade de radiação solar (zona climática).

Na escala local, estas variáveis ambientais, que incluem temperatura, luz, velocidade do vento e umidade, condicionam os

padrões estruturais da vegetação e definem a direção de alguns processos ecossistêmicos, tais como regeneração e crescimento das plantas, respiração do solo, ciclagem de nutrientes e mortalidade (Young e Mitchell, 1994).

Da mesma forma, Bonan (2002) comenta que as trocas de calor, umidade e gases com a atmosfera, regulam e são regulados pelo microclima, pela fisiologia das plantas e pelos processos do solo.

Cada componente do ambiente microclimático exibe uma resposta espacial e temporal única às mudanças estruturais da paisagem. Dessa forma, "*(...) a sensibilidade do microclima às transformações estruturais (...) oferece grande potencial para o monitoramento das mudanças do ecossistema e da paisagem em múltiplas escalas*" (Chen *et al*, 1999, p. 288).

Segundo os autores (*op.cit.*), a maior parte dos estudos microclimáticos têm sido focados na busca de séries estatísticas (diárias, mensais e anuais). Todavia, "*(...) menor atenção tem sido dada à variabilidade no microclima ou às diferenças nos padrões microclimáticos nas escalas espaciais e temporais*" (*op.cit.*, p.289), especialmente quando se trata de avaliar a dinâmica destas variáveis como conseqüência da propagação de efeitos de borda (Harris, 1988).

Neste particular, Rodrigues (1998) também observa que pouca atenção tem sido dada ao comportamento ondulatório (não-monotônico) de algumas variáveis ambientais nas áreas de borda. Entre os mecanismos geradores destes padrões não monotônicos, o autor destaca especialmente os parâmetros microclimáticos. Estes, por incidirem de forma diferenciada sobre os mosaicos da paisagem de borda, produzem uma heterogeneidade estrutural que, por sua vez, acaba condicionando uma variabilidade das respostas microclimáticas.

A luz é uma das principais variáveis de regulação da estrutura e da composição da vegetação, já que a quantidade e a "qualidade" da

radiação condiciona grande parte dos processos fisiológicos das plantas (Welden *et al*, 1991). Por outro lado,

> (...) a estrutura do bosque (altura do dossel, área basal, densidade de fustes), em particular, afeta as condições lumínicas e determina tanto a quantidade de luz que cai em um ponto dado do sub-bosque, como sua qualidade. (Hogan e Machado, 2002:119).

Assim, a quantidade de energia recebida por um solo coberto por floresta, varia de 5% a 20%[32] da radiação incidente na base da troposfera, dependendo da densidade das copas e da estrutura da vegetação[33] (AFUBRA, 2001).

Esta interceptação da radiação solar interfere diretamente nas características de umidade do solo, para a qual se associam também a declividade e orientação da vertente (Galicia *et al*, 1999), além da proximidade da borda (Van Den Berg e Santos, 2003).

Nas áreas de borda, a modificação estrutural decorrente do contato com ecossistemas não florestais tende a aumentar a quantidade de luz não interceptada, muito embora a maior incidência de radiação tenda a ocorrer nas distâncias intermediárias do transecto borda-centro, devido o ângulo de inclinação da luz lateral que penetra pela borda (Rodrigues, 1998).

Para Kitajima (*apud* Hogan e Machado, 2002), esta disponibilidade de energia luminosa é, sem dúvida, um fator limitante para a fotossíntese e, conseqüentemente, para a regeneração e crescimento das espécies de sub-bosque.

Segundo Chasco (2000), a maioria das espécies arbóreas dominantes nos bosques apresentam um ótimo fotossintético

---

[32] Hogan e Machado (2002) estimam que a quantidade de luz que atinge o sub-bosque das florestas tropicais esteja em torno de 2%, sendo que destes, de 50% a 80% é produto dos chamados "destelhos de luz" (*sunflecks*), ou seja, radiação solar direta que consegue penetrar diretamente no piso florestal por meio das aberturas do dossel.

[33] Segundo Larcher (2000), "(...) *o limite de radiação mínima para a sobrevivência das plantas vasculares está, em geral, entre 0,5-1% da radiação solar total incidente*" (p.49).

aproximadamente entre 20.000 e 30.000 lux[34]. Acima disso, tende-se a atingir o ponto de saturação luminosa das espécies a partir do qual, por mais que se aumente à intensidade de luz, não há um aumento da fotossíntese.

Além da grande variabilidade de distribuição da luz no plano horizontal, os ecossistemas florestais apresentam também uma ampla variação vertical de luminosidade, "(...) *o que determina, como fator ecológico, a distribuição das espécies que vivem em distintos níveis do dossel e, como fator evolutivo, as adaptações que tenham*" (Hogan e Machado, 2002:124).

Assim, considerando a grande interação existente entre a disponibilidade de energia luminosa e a estrutura da vegetação, é possível estabelecermos uma relação de interdependência, onde os níveis de luminosidade medidos possam ser considerados como descritores do grau de degradação/regeneração do ecossistema florestal estudado. Afirmam Hogan e Machado (2002):

> Assim como se tem utilizado a estrutura vertical e horizontal do dossel para estimar as condições lumínicas do bosque em um ponto dado, também se pode fazer o contrário: medir as condições lumínicas em ponto dado para estimar a estrutura do dossel. Este procedimento se denomina "inversão" e consiste em determinar a fração de dossel aberto, fazendo leituras da luz incidente (...). (p.136)

Por outro lado, a maior parte das atividades vitais dos organismos vivos depende ou está influenciada por uma ou várias características de temperatura.

De forma geral, a temperatura no interior das florestas é sempre inferior à temperatura das áreas externas (AFUBRA, 2001), embora Chen *et*

[34] Embora estes valores representem uma média para as espécies arbóreas dominantes nas áreas florestais, Nicotra *et al* (1999) chamam a atenção para a grande variabilidade existente na distribuição da luz dentro de ecossistemas florestais, gerando mecanismos de adaptação diversos e padrões estruturais diferenciados. Da mesma, Hogan e Machado (2002) relatam uma pesquisa realizada na Costa Rica, onde seis medidores de radiação foram colocados a uma distância de apenas 15 cm um do outro, no interior da floresta, e os resultados variaram de 7 a 33 minutos/dia de radiação solar direta.

al (1999) ressaltem que pela noite esta característica tende a se inverter, e durante o inverno este gradiente tende a ser atenuado (figura 3.11) .

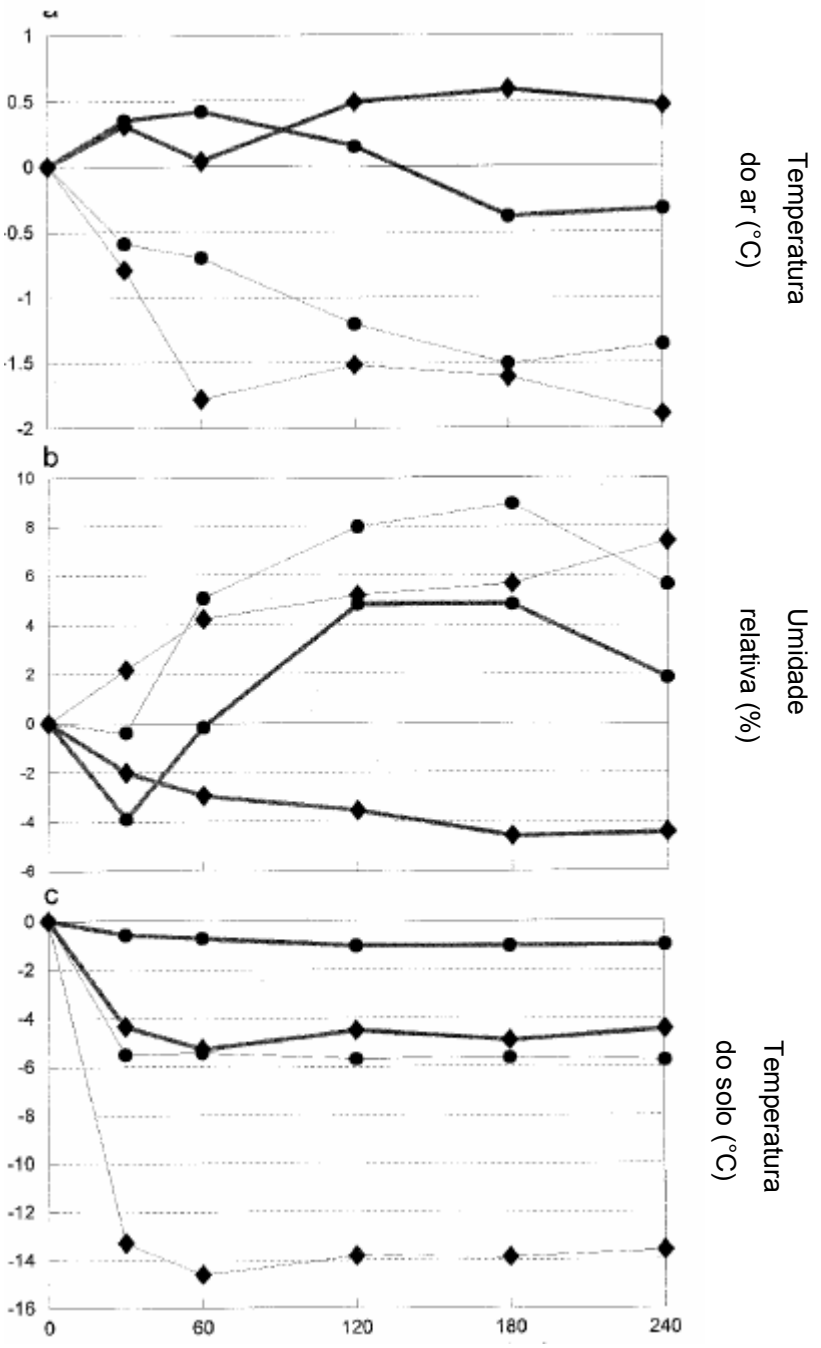


Figura 3.11- Gradientes de temperatura do ar e do solo e umidade relativa ao longo de um transecto borda-centro em uma floresta temperada. Os dados representam as médias dos períodos de verão (linhas de cor cinza) e de inverno (linhas de cor preta), para as condições diurnas (losângulos) e noturnas (círculos). O valor obtido a 0m foi tomado como referência para o cálculo do gradiente.
Fonte: Chen *et al* (1999).

Resultados semelhantes foram encontrados por Jose *et al* (1996) para uma área de floresta tropical de alta montanha na Índia.

A mudança no padrão de temperatura das áreas de borda, acarreta também uma mudança inversamente proporcional no gradiente de umidade atmosférica, embora com grande variabilidade (Camargo e Kapos, 1995). Para algumas áreas da Amazônia, Luizão e Vasconcelos (2001) detectaram que a redução da umidade relativa do ar se propagava até um limite situado entre 40 e 60m da borda dos fragmentos. Já para uma área de floresta temperada, Young e Mitchell (1994) encontraram uma redução na pressão do vapor d'água de até 9,1mB, propagando-se até 100m da borda da floresta[35].

Isso nos leva a pensar nas áreas de borda como detentoras de um regime microclimático próprio e diferenciado das áreas de interior (*op.cit*.). Estas mudanças microclimáticas são, provavelmente, responsáveis pelo aumento na taxa de mortalidade de árvores e pela redução da biomassa vegetal[36] observada por diversos autores, nas áreas de borda (Laurance *et al*, 1998; Luizão e Vasconcelos, 2001).

Dentre estas mudanças, Chambers *et al* (2000) destacam que o aumento na velocidade do vento nas áreas de borda, é um dos principais responsáveis pelo incremento do número de árvores mortas (figura 3.12).

Além disso, como afirma Chasco (2000), "*o vento estimula a evaporação e pode obrigar o fechamento dos estômatos para evitar uma*

---

[35] Considerando que a pressão do vapor d'água representa a energia evapotranspirativa gerada pela diferença entre a umidade atmosférica e a água disponível nos tecidos vegetais, os valores de alta pressão encontrados próximos da borda, pressupõe a baixa umidade atmosférica encontrada nestas áreas (aumentando o gradiente em relação à água armazenada pelas plantas).

[36] Como os indivíduos maiores apresentam menor capacidade de adaptação e menor resiliência do que os indivíduos jovens, as alterações estruturais nas áreas de borda tendem sempre a apresentar uma alta taxa de mortalidade dos indivíduos de espécies climáxicas, em detrimento do aumento na densidade de espécies pioneiras, produzindo uma redução na biomassa total (chambers *et al*, 2000).

excessiva perda de água, detendo a fotossíntese e, portanto, o crescimento" (p.63) dos indivíduos na borda.

Por outro lado, é preciso lembrar que este aumento da mortalidade promovido pelo vento também contribui para acelerar a dinâmica de recuperação nas áreas de borda, uma vez que "(...) *a abertura de clareiras (...) e a habilidade de certas espécies em prosperar nelas favorece um nível de diversidade muito mais elevado (na escala local e regional) do que o que se apresentaria se faltassem estas perturbações*" (Asquith, 2002:383).

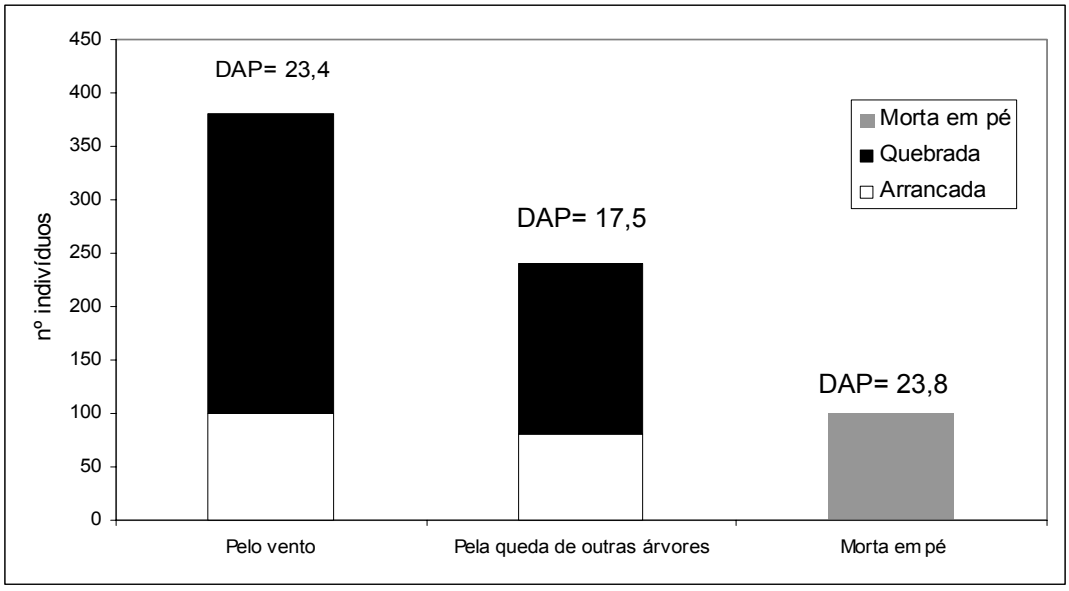


Figura 3.12- Tipo de mortalidade e agente para 707 indivíduos mortos, inventariados em um fragmento na área central da Amazônia. Acima de cada coluna aparece expresso o valor médio do DAP para cada um dos tipos considerados, indicando que os indivíduos mortos pelo vento e os indivíduos mortos em pé, apresentam um diâmetro consideravelmente superior à média geral dos indivíduos vivos inventariados (20,8 cm), enquanto que os indivíduos mortos pela queda de outras árvores, apresentam um DAP ligeiramente inferior à média.
Fonte: Chambers *et al*, 2000.

3.3.2.3- VARIAÇÃO DO ESTOQUE DE MATÉRIA ORGÂNICA EM SUPERFÍCIE

Além dos indicadores supracitados, outro indicador bastante utilizado para a identificação da qualidade funcional do sistema, refere-se

às variações no estoque de matéria orgânica em superfície (Oliveira, 1987; Kindel, 2001).

O uso deste indicador responde à necessidade de avaliação da condição global de funcionamento do sistema da paisagem, uma vez que "*os padrões de acumulação orgânica (...)são regulados pelas condições climáticas, pelo tipo de vegetação e de solo e pelos organismos decompositores*" (Kindel e Garay, 2001).

Este estoque de matéria orgânica morta em superfície (serapilheira) é composto por detritos vegetais (folhas, galhos, cascas, frutos e flores) e animais, dispostos na superfície do solo, refletindo um equilíbrio entre as taxas de produção e de decomposição orgânica do sistema (Swift *et al*, 1979).

Através de um gradiente vertical de decomposição, a serapilheira é responsável, juntamente com os demais compartimentos florestais, pela interceptação, redistribuição e armazenamento da água da chuva, bem como pelo aumento das taxas de infiltração no solo (Oliveira, 1987).

Em que pese à existência desta funcionalidade hidrológica da serapilheira, Coelho Netto (1987) chama a atenção para o fato de que a participação da precipitação no fluxo de água da serapilheira é pouco significativa frente à entrada total de chuva no sistema. Neste caso, o principal papel desempenhado pela serapilheira passa a ser o de uma resina iônica (Clevelário Jr., 1996), ou seja, a serapilheira se transforma em " (...) *um reservatório de compostos orgânicos utilizados como um mecanismo de captura de íons atmosféricos*" (Oliveira, 1999a:06).

No caso das áreas mais degradadas, os diferentes mecanismos de retenção e aceleração da reciclagem de nutrientes a partir da serapilheira, podem ser responsáveis pela definição do ritmo de recuperação dos ecossistemas (Brown e Lugo, 1990; Borém e Ramos, 2002).

Assim, dentro de um mesmo ecossistema florestal a produção de serapilheira pode variar grandemente em função do grau diferencial de perturbação da área (Pagano, 1989), o que a credencia como um importante indicador do grau de estabilidade do sistema decompositor (Swift *et al*, 1979). Nas palavras de Werneck *et al* (2001), "(...) *diferenças na produção de serapilheira entre trechos próximos podem estar relacionadas aos diferentes graus de perturbação que são encontrados dentro de um mesmo tipo florestal*" (p.195).

CAPÍTULO 4

A ÁREA-LABORATÓRIO DO MACIÇO DA TIJUCA

"(...) as áreas verdes da cidade não constituem território alheio à dinâmica urbana. A ilusão de mantê-las intactas pode ser, paradoxalmente, estímulo involuntário à sua devastação" (Sirkis, 1999: 148)

4.1- A ÁREA DE PESQUISA NO SEU CONTEXTO: CRESCIMENTO URBANO E CONFLITOS AMBIENTAIS NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO

A cidade do Rio de Janeiro, tal qual a maior parte das grandes cidades do mundo subdesenvolvido, sofre de um processo bastante extremado de macrocefalia urbana[1]. Tanto é assim, que um em cada três moradores do Estado do RJ reside na capital, a qual detém 61% do total do PIB do Estado. (Carneiro, 2002).

Alicerçada em um processo histórico de esvaziamento social e econômico das áreas interioranas, esta concentração se estende também à região metropolitana, uma vez que três em cada quatro fluminenses residem na RMRJ (*op.cit*). Segundo Davidovich (2001):

> A economia do café, em terras fluminenses, concorreu (...) para a concentração de recursos e funções na cidade do Rio de Janeiro, através da ampliação do movimento de comercialização e da expansão portuária, associadas à importância conquistada pelo setor financeiro e pela produção imobiliária. Acresce que a decadência do café no vale do Paraíba, quase totalmente eliminada na década de 1950, estimulou a aplicação de capitais em atividades especulativas, as quais emprestaram um caráter específico à economia da cidade do Rio de Janeiro. (p.88)

Por certo, este acelerado crescimento urbano (que passou de 2.375.280 de habitantes, em 1950, para 5.851.914 de habitantes no ano 2000) trouxe consigo um não menos acelerado aumento dos conflitos de uso do solo, resultando em uma degradação de terras que atinge atualmente 31% da área do município[2] (PMRJ, 2002) ou 62% da área não

---

[1] Crescimento desproporcional da área-núcleo (capital) em relação a sua região circundante.

[2] Esta quantificação de terras degradadas leva em conta o grau de alteração da estrutura original da paisagem, com conseqüente mudança na sua funcionalidade. Segundo o estudo desenvolvido pela prefeitura do município (PMRJ, 2002), as terras degradadas distribuem-se em quatro categorias:

Terras ligeiramente degradadas. As interferências antrópicas causam pequenos prejuízos na qualidade das terras. Apresentam cobertura de floresta alterada, restinga, reflorestamento, área úmida com vegetação e campo antrópico, dependendo da classe de vulnerabilidade das terras.

Terras moderadamente degradadas. As interferências antrópicas causam significativos prejuízos na qualidade das terras. Apresentam coberturas de floresta alterada,

urbanizada (figura 4.1), contrastando com os 15% de áreas naturais conservadas.

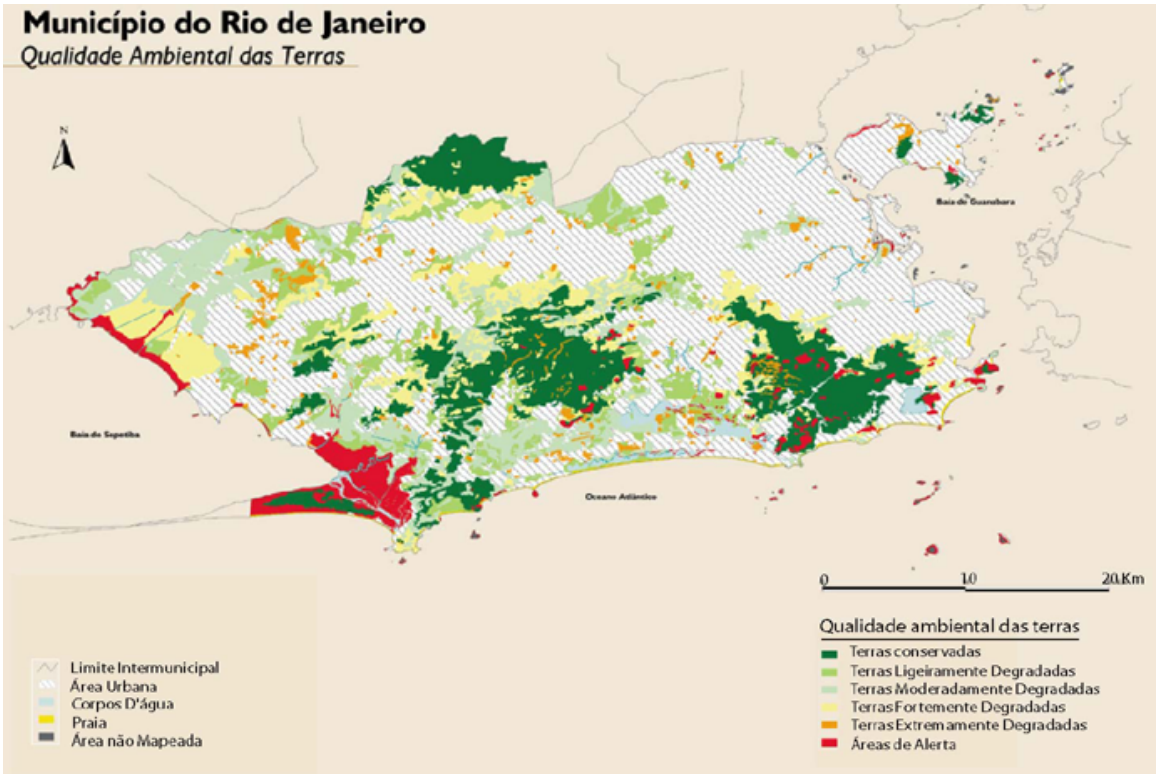


Figura 4.1- Mapa de qualidade ambiental das terras do município do Rio de Janeiro
Fonte: PMRJ (2002)

Uma boa parte desta degradação tem se verificado em áreas acima da "cota 100"[3] (curva de nível de 100m), as quais representam 20,33% do total do território do município (IPP, 2000). Esta dinâmica tem representado, para a cidade do Rio de Janeiro, não apenas a perda de áreas naturais (5,27% do território ou 6.453 hectares de áreas naturais foram perdidas entre 1984 e 1999 - quadro 4.1), mas, especialmente, a

---

reflorestamento, campo antrópico, cultura e pastagem, dependendo da classe de vulnerabilidade das terras.
Terras fortemente degradadas. As interferências antrópicas causam grandes prejuízos na qualidade das terras. Apresentam coberturas de campo antrópico, de cultura e pastagem associadas à classe de vulnerabilidade muito alta.
Terras extremamente degradadas. Áreas de solo exposto (decorrência de terraplanagens e deslizamentos), de mineração (pedreiras e saibreiras) e retirada de areia.

[3] As áreas acima da curva de nível de 100m são legalmente protegidas do processo de ocupação pelo Decreto 322/76.

fragilização ou perda de serviços ambientais importantes que contribuem para a sustentação da área urbana à jusante, como é o caso do aumento da vulnerabilidade aos movimentos de massa[4].

Segundo os dados da prefeitura municipal (PMRJ, 2002), entre os anos de 1984 e 1999, as áreas de floresta reduziram 16,7% no município do Rio de Janeiro, sendo esta perda superada apenas pelas áreas de restinga, que sofreram uma redução de cerca de 30% e pelas áreas úmidas com vegetação, que perderam 20,1% neste período de 15 anos.

Quadro 4.1- Evolução das classes de uso do solo na cidade do Rio de Janeiro entre os anos de 1984 e 1999.

		1984	1988	1992	1996	1999
Área antropomorfizada (1)	**ha**	79.170,94	80.055,08	81.800,31	85.460,97	85.624,18
	%	64,79	65,43	66,91	68,48	70,05
Área natural (2)	**ha**	43.049,76	42.165,62	40.420,39	36.759,73	36.596,52
	%	35,21	34,57	33,09	31,52	29,95
% de área natural que mudou para área antropomorfizada entre 1984 e 1999= **5,27**						

Fonte: PMRJ (2002)

(1) Área antropomorfizada= área urbana, área urbana não consolidada, campo antrópico, cultura e pastagem, vegetação em parques públicos, solo exposto e áreas de mineração.
(2) Área natural= floresta, floresta alterada, mangue, restinga, área úmida com vegetação, praia e areal, afloramento rochoso e ambiente estuarino (lagoas, rios e canais)

Apesar de todos os esforços desenvolvidos pelo setor público no sentido de recompor a vegetação original das áreas degradadas, o resultado destes últimos quinze anos demonstra que o reflorestamento atingiu não mais do que 20% dos quase 6500 hectares de áreas naturais perdidas desde 1984 (quadro 4.2).

[4] A pesquisa realizada por Fernandes (1998) demonstra claramente que 85% dos casos de movimento de massa ocorridos no maciço da Tijuca em fevereiro de 1996 estavam localizados em áreas de gramíneas (43% dos casos) e de floresta degradada (42% dos casos), enquanto que apenas 12% dos casos de movimento de massa ocorreram em área de floresta conservada.

Quadro 4.2- Evolução das áreas reflorestadas no Município do Rio de Janeiro, no período 1987-2001.

ano	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
ha	15	34	45	65	115	199	249	266	334	496	652	842	935	1178	1319

Fonte: PMRJ (2004)
Nota: Os valores presentes no quadro são referentes à área acumulada desde 1987.

Mesmo que se considere o ganho social envolvido nos mutirões de reflorestamento[5], é preciso reconhecer a insuficiência dos mesmos enquanto política efetiva de resposta à degradação de terras no município do Rio de Janeiro.

Por outro lado, dentre as áreas consideradas antropomorfizadas (área urbana, área urbana não consolidada, campo antrópico, cultura e pastagem, vegetação em parques públicos, solo exposto e áreas de mineração), as classes de área urbana e de área urbana não consolidada foram as que apresentaram as maiores taxas de crescimento, especialmente na base dos Maciços da Tijuca e Pedra Branca e na zona oeste da cidade (figura 4.2).

Fernandes (1998) chega a afirmar, para o maciço da Tijuca, que a expansão urbana (formal e informal) constitui-se no principal e mais antigo vetor de transformação da estrutura da paisagem, tendo aumentado sua área de cobertura em 20,6% entre os anos de 1966 e 1998.

É preciso considerar aqui, que além da ocupação desordenada das encostas, os incêndios acidentais e provocados (em parte decorrentes da própria ocupação desordenada) também representam uma importante fonte de retração para as áreas florestais do município do Rio de Janeiro, uma vez que, como nos lembra Freitas (2001):

> Uma queimada atinge diretamente a biota e o topo do solo, afetando desta forma uma grande gama de elementos e

[5] Para Sirkis (1999), "(...)um aspecto político essencial para o reflorestamento é o estabelecimento de um pacto de auto-regulação do crescimento com a comunidade, onde ela assume o compromisso de não se expandir sobre a área reflorestada, a área de risco ou áreas próximas" (p.163).

processos que estão intimamente relacionados a estes dois componentes essenciais da paisagem. (p.12).

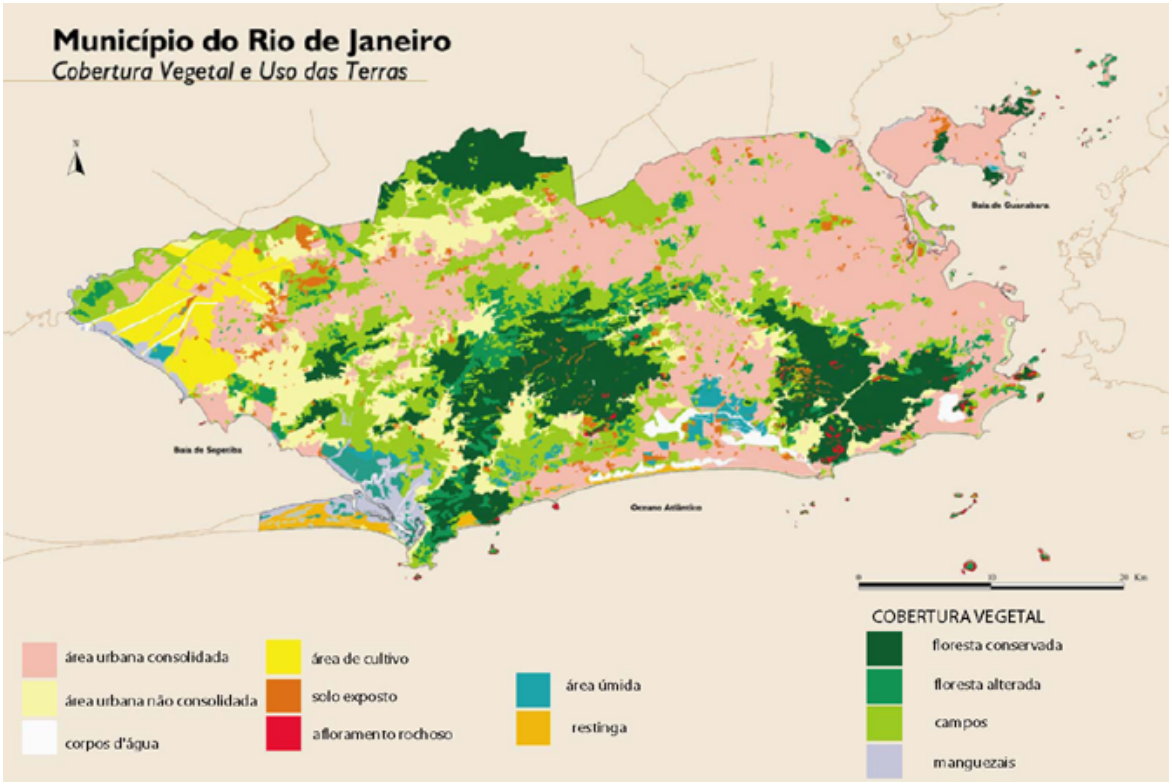


Figura 4.2- Mapa de cobertura vegetal e uso da terra no município do Rio de Janeiro
Fonte: PMRJ (2002)

4.2- CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA-LABORATÓRIO DO MACIÇO DA TIJUCA

O Maciço da Tijuca representa um fragmento florestal em área montanhosa, inserida na matriz urbana da cidade do Rio de Janeiro, que se estende ao longo da planície fluvio-marinha que banha a Baía de Guanabara (figura 4.3).

Situado entre 22°55' e 23° de latitude sul e, entre 43°20' e 43°10' de longitude oeste, o Maciço da Tijuca é considerado como uma área representativa das regiões montanhosas florestais do Rio de Janeiro, apresentando um clima tropical de altitude (Gallego *apud* Coelho Netto, 1992), com temperatura média em torno de 22°C, com pouca variação anual (média mensal máxima de 25°C para o mês de fevereiro e mínima de 19°C para o mês de junho).

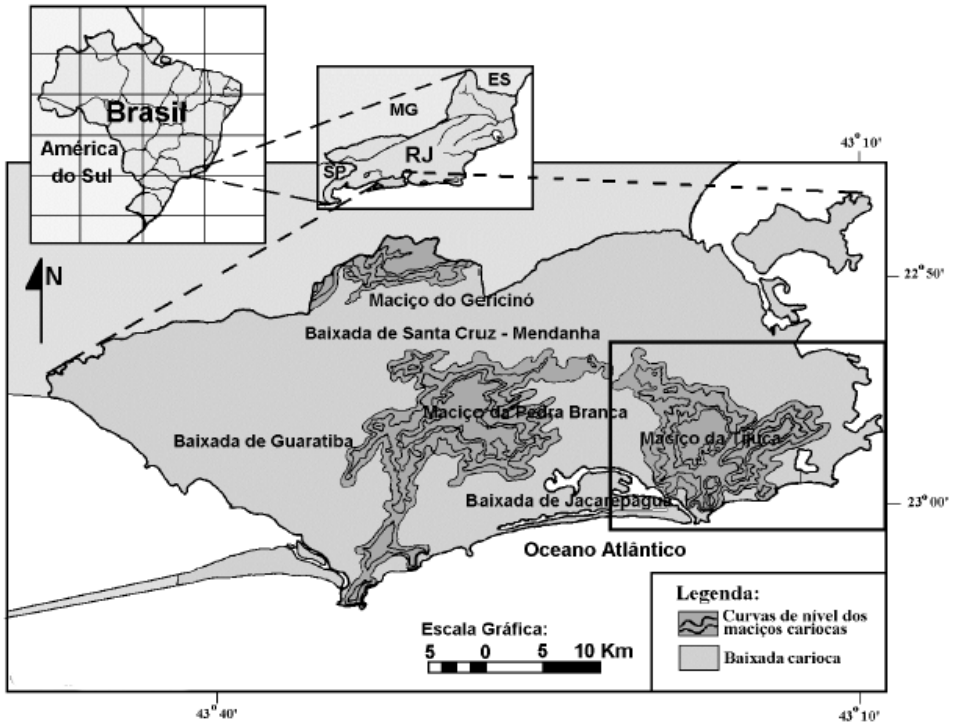


Figura 4.3- Mapa de localização do Maciço da Tijuca na cidade do Rio de Janeiro
Fonte: GEOHECO (UFRJ)

A distribuição anual da precipitação não chega a definir uma estacionalidade muito marcada, apresentando apenas uma pequena redução das chuvas no período de maio a agosto, voltando a aumentar à medida que se aproxima o verão.

A média anual de precipitação oscila entre 2.000 e 2.500mm, podendo chegar a 3.300mm em anos com desvios positivos e até 1.600mm em anos com desvios negativos.

Com predomínio de chuvas frontais, originadas pela dinâmica da Massa de ar Polar sobre a Massa Tropical Atlântica, os eventos pluviométricos no Maciço da Tijuca se caracterizam predominantemente pela grande intensidade, especialmente no período de verão, quando os eventos freqüentemente ultrapassam os 100mm no período de 24h.

Esse maciço montanhoso apresenta uma área de 118,7 Km^2, distribuída entre cinco grandes setores hidrográficos[6] (figura 4.4).

Os setores 1 (direção N) e 2 (direção NE) drenam em direção à Baía de Guanabara; o setor 3 (direção E) drena em direção à zona sul da cidade; e os setores 4 (direção S) e 5 (direção W) drenam em direção á baixada de Jacarepaguá.

O setor 1 compreende aproximadamente 13,7% da área do Maciço e tem como principais bacias às dos rios Jacaré e Faria. Já o setor 2, drena parte do bairro da Tijuca e do centro da cidade, somando uma área de 19,1% do total do Maciço, onde se destacam os rios Maracanã, Joana e Comprido. Estes dois setores compreendem a área da vertente norte do Maciço da Tijuca, que historicamente tem concentrado as maiores taxas de ocupação e de degradação da área de florestas.

O desmatamento, a recorrência de queimadas e a ocupação desordenada nestas áreas têm gerado reflexos não apenas na vegetação mas também nos canais de drenagem, muitos dos quais já se encontram em regime temporário (Freitas, 2001).

O setor 3, voltado para a zona sul da cidade, é formado pelas bacias dos rios Carioca, da Rainha e dos Macacos, drenando um total de 16,5% da área do Maciço. Com vertentes escarpadas de menor declividade e uma história de menor pressão de uso que a vertente norte, este setor preserva os melhores remanescentes florestais do Maciço, os quais continuam a desempenhar um papel fundamental na funcionalidade hidrológica do sistema (Basile *et al*, 2003).

---

[6] Usaremos aqui a classificação adotada por Fernandes (1998), que estabelece cinco setores hidrográficos para o Maciço, levando em conta as características geobiofísicas e de ocupação destas áreas. Em outro trabalho (GEOHECO-SMAC, 2000), estes cinco setores são reagrupados em três grandes subsistemas, considerando a direção de convergência dos fluxos. Independente da classificação adotada, a análise das relações funcionais entre os elementos naturais (geobiofísicos) e sócio-culturais inseridos no sistema da paisagem é compartilhada por ambos os trabalhos.

Enquanto o setor 4 ocupa uma área de 23,7% do Maciço, distribuída entre os rios Cachoeira, Canoas e Pires, o setor 5 ocupa uma área de aproximadamente 25% do Maciço, sendo formado pelas bacias dos rios Sangradouro, Quitite e das Pedras. Estes dois setores, que congregam os fluxos superficiais que drenam em direção à lagoa da Tijuca, baixada de Jacarepaguá e São Conrado, foram as áreas mais atingidas pelos movimentos de massa ocorridos com as chuvas de fevereiro de 1996 (Cruz *et al*, 2004), devido ao intenso processo de degradação estrutural das áreas de floresta que tem ocorrido nos últimos anos.

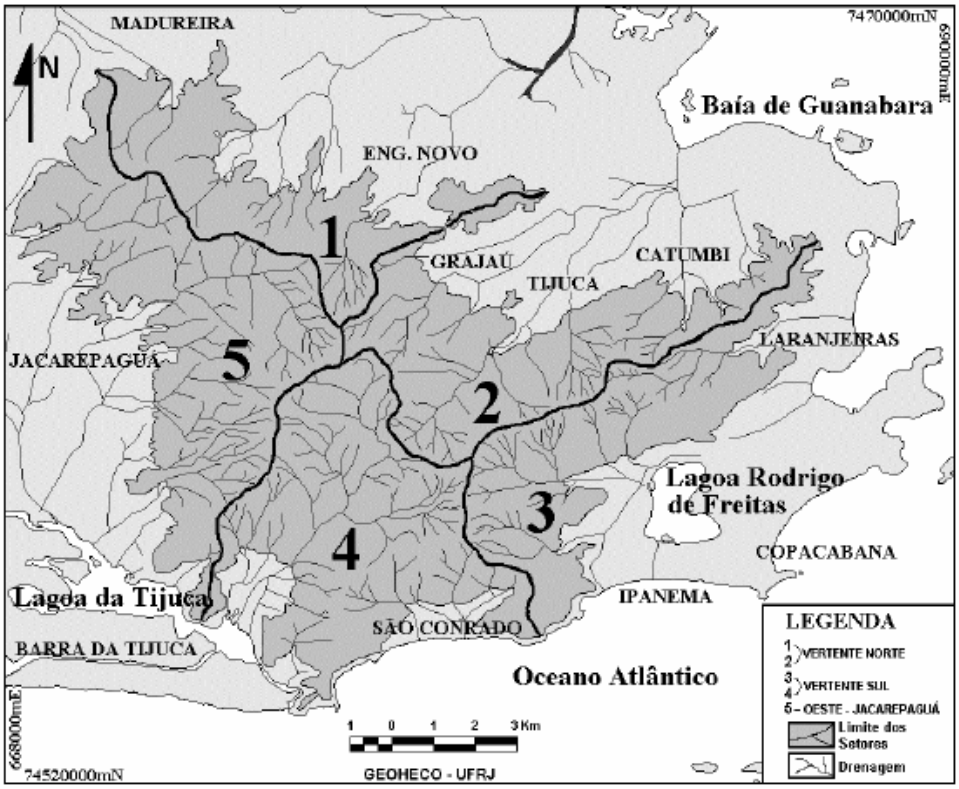


Figura 4.4- Mapa de localização dos setores hidrográficos do Maciço da Tijuca.
Fonte: Fernandes et al (1999)

O Maciço da Tijuca, situado em um grande domínio de "faixas de dobramentos remobilizados" (RADAMBRASIL, 1983), apresenta um embasamento pré-cambriano constituído predominantemente de diversos tipos de gnaisses e intrusões de granito na sua porção leste

(Costa, 1986). A área faz parte da grande faixa móvel que formou as rochas do Sudeste brasileiro, como conseqüência das falhas tectônicas do Terciário inferior, mantendo, ainda hoje, nítido controle estrutural sobre a morfologia da área. (figura 4.5).

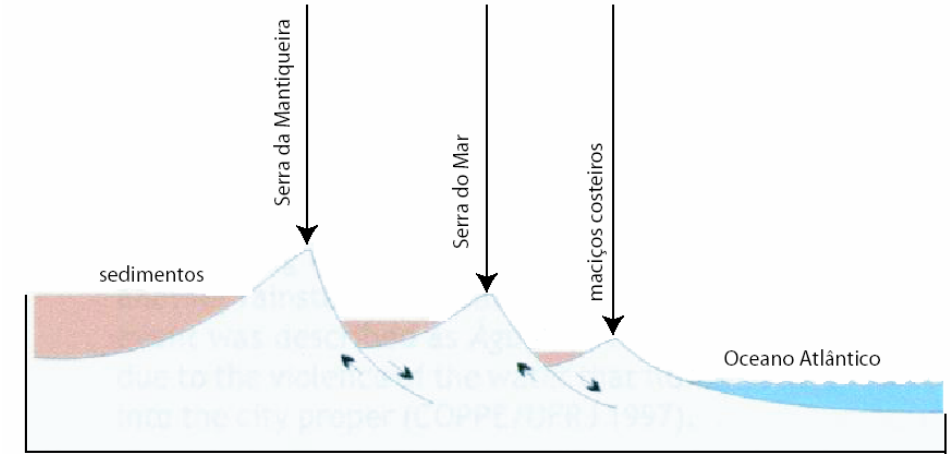


Figura 4.5- esquema de representação dos grandes conjuntos montanhosos do SE brasileiro gerados a partir de movimentos crustais do Terciário.
Fonte: Asmuz e Ferrari (*apud* Schlee ,2002)

O Maciço da Tijuca se constitui, assim, em uma unidade morfológica gerada por soerguimento da crosta, cujas principais rochas formadoras encontram-se dispostas em um "dobramento deitado" (Pires e Heilbron, *apud* Coelho Netto, 1992).

O controle estrutural deste relevo define a prevalência de encostas convexas e retilíneas, estimulando um aumento na energia do relevo e um processo erosivo que fornece sedimentos que se acumulam em depósitos mais recentes, localizados nas áreas mais baixas. Mesmo assim, Coelho Netto (1992) ressalta que "*as encostas côncavas (ou vales não canalizados) representam as zonas de convergência de fluxos d'água, constituindo-se numa extensão dos sistemas de vales canalizados que drenam o maciço*" (p.110).

A ocorrência de eventos de precipitação intensa, somados à grande declividade das vertentes, à ocupação desordenada destas encostas (com degradação das áreas de floresta) e à existência de um "favorecimento estrutural" (intensificação do escoamento subsuperficial na base dos paredões rochosos, fraturamentos da rocha com geração de artesianismos), tem levado a um aumento do processo erosivo e ao deslocamento recorrente de grande volume de sedimentos (figura 4.6), na forma de movimentos de massa, especialmente nas vertentes norte e oeste do Maciço, onde a degradação da floresta ou a sua substituição pelas áreas de capim, tem se tornado um fenômeno bastante freqüente na última década.

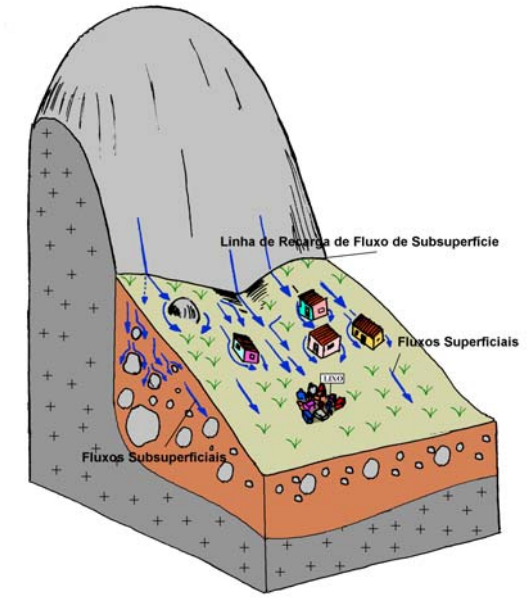


Figura 4.6- Modelo esquemático de representação da dinâmica hidrológica promovida pelos paredões rochosos em áreas de ocupação de encostas.
Fonte: Fernandes (1998)

As drenagens canalizadas, em grande parte controladas pelas estruturas geológicas do Maciço, apresentam vales geralmente estreitos e profundos, com encostas laterais bastante íngremes. Dois deles, os vales dos rios Maracanã e Cachoeira, definem uma linha NE-SW de maior rebaixamento do relevo, por onde se instalaram as primeiras ocupações e que concentram, até hoje, o maior fluxo de circulação nesta área, ligando os bairros da Tijuca e Grajaú com a Barra da Tijuca (estradas Edson Passos e Furnas).

Estes vales definem a separação do Maciço em dois grandes conjuntos montanhosos (figura 4.7): para leste, a Serra da Carioca, constituída pelos morros de Santa Tereza, Corcovado, Dona Marta,

Cochrane, Gávea e Pedra Bonita. Nesta área situam-se dois dos três setores em que se encontra dividido o Parque Nacional da Tijuca[7]: Setor 2 (Pedra da Gávea/Pedra Bonita) e Setor 3 (Serra da Carioca/Corcovado).

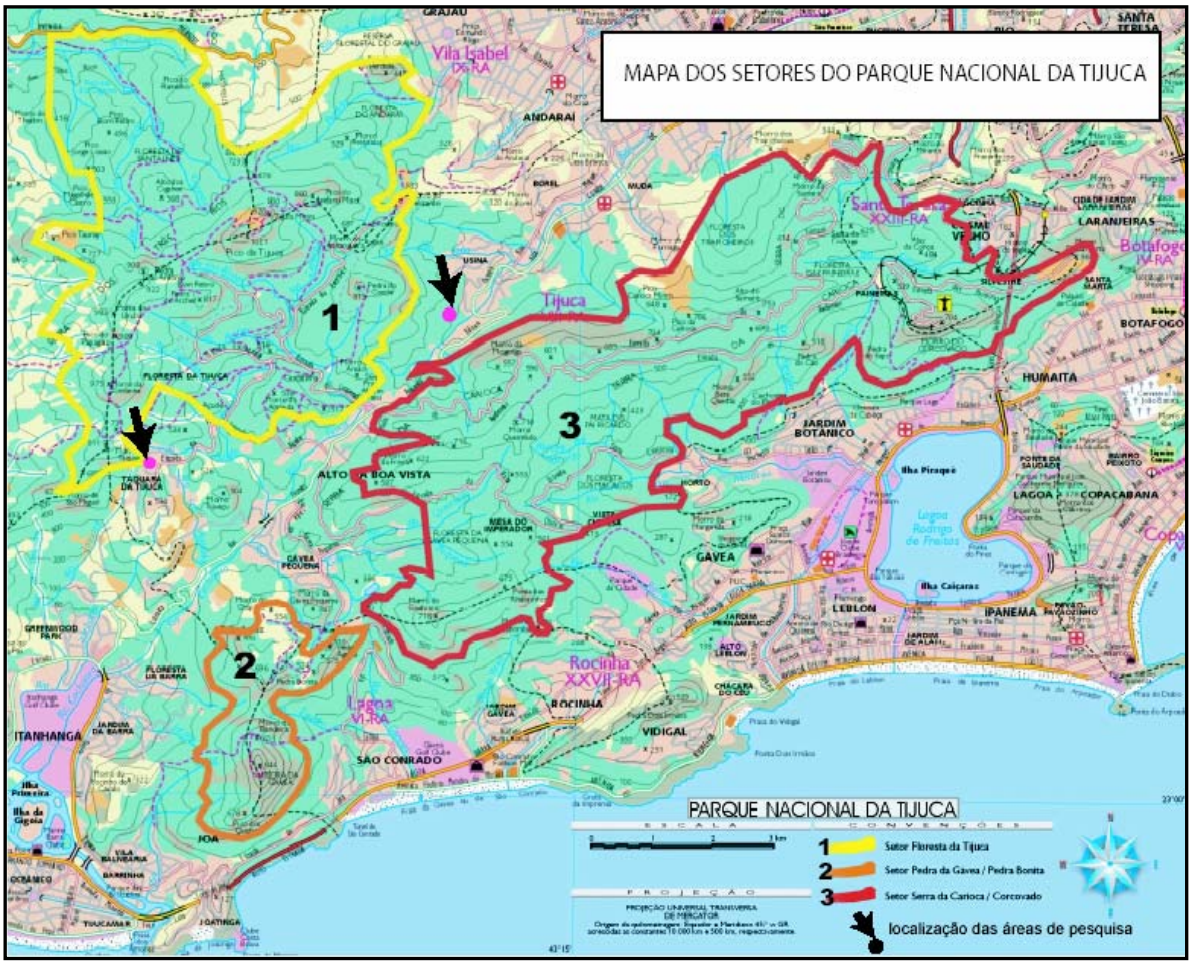


Figura 4.7- Mapa de localização dos três Setores do Parque Nacional da Tijuca, com destaque para a localização das áreas de levantamento de dados desta pesquisa.
Fonte: adaptado da PMRJ

Para oeste, se estende a Serra da Tijuca, com os pontos mais elevados do Maciço (figura 4.8) e onde se localiza o Setor 1 do Parque (Setor Floresta da Tijuca).

[7] O Parque Nacional da Tijuca possui 3300 ha de área florestada, tendo sido criado em 1961, pelo Decreto 50.923 (de 6/7/61), com o nome de Parque Nacional do Rio de Janeiro e incluindo apenas a floresta da Tijuca. Somente em 1967, o Decreto 60.183 (de 28/2/67) redelimitou o parque e mudou o seu nome oficial para o que é ainda hoje.

Ligando os três Setores do Parque, a APARU[8] do Alto da Boa Vista representa uma área extremamente relevante para a manutenção da conectividade do PNT.

Embora até hoje o parcelamento do solo tenha sido controlado por uma legislação mais restritiva, a APARU-ABV poderá perder, em um futuro próximo, a sua função de amortecimento da pressão urbana, seja devido o avanço das áreas de ocupação e parcelamento ilegal (favelas e loteamentos de classe média-alta), seja pela atitude do poder público que, ao propor uma lei de regulamentação[9], busca reduzir o nível de restrição de ocupação em áreas que considera já adensadas e de baixo risco.



Figura 4.8- Fotografia panorâmica do Maciço da Tijuca, destacando os pontos mais elevados do Setor 1 do Parque (Serra da Tijuca).

Se a estratégia do poder público for vitoriosa, ela certamente resultará em um novo "boom" de construções para esta área, com um aumento na densidade de ocupação e, conseqüentemente, uma fragilização do equilíbrio ambiental na interface floresta-cidade.

Tal situação demandará um grande investimento público na manutenção da qualidade ambiental desta área, não apenas para evitar a propagação dos riscos de ocorrência de desastres naturais, mas, principalmente, para garantir a sustentação de um novo modelo de

[8] A APARU (Área de Proteção Ambiental e Recuperação Urbana) representa uma unidade de conservação criada pelo município, para regular o processo de uso e ocupação em áreas de proteção ambiental.

[9] Referimo-nos aqui, à proposta de zoneamento que acompanha o Projeto de Lei 1.307/2003, de autoria da Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro, e que visa regulamentar o uso do solo na APARU-ABV.

ocupação que preserve a funcionalidade do geoecossistema florestal ali presente, mantendo não apenas o capital natural, como também o capital social e financeiro investido.

4.2.1- Características do Ecossistema florestal

A vegetação do Maciço da Tijuca pode ser classificada como floresta ombrófila densa submontana (RADAMBRASIL, 1983), desenvolvendo-se em solos pobres em nutrientes, como no geral o são os das florestas tropicais úmidas.

Tal situação nos remete ao fato de que a manutenção deste ecossistema depende fundamentalmente dos mecanismos auto-regulares por ele criados. Dentre eles, o relatório GEOHECO-SMAC (2000) destaca a produção e decomposição de serapilheira, "(...) *assim como a mobilização da fauna edáfica no topo dos solos, os quais, junto com o desenvolvimento dos sistemas radiculares constituem os principais elementos reguladores da ciclagem de nutrientes por vias hidrológicas*" (*op.cit*, p.6-7). Assim, concluem os autores (*op.cit*),

> (...) pode-se dizer (...) que a porção superior dos solos (serapilheira e topo do solo), assim como toda a rizosfera, constituem os principais compartimentos funcionais reguladores, tanto da ciclagem de água e nutrientes, como da estabilização das encostam que sustentam o ecossistema florestal. (p.7).

Quanto aos solos, destacam-se os latossolos e os cambissolos. Enquanto os primeiros ocorrem, geralmente, em áreas com perfil de alteração mais profundo, os segundos se destacam pela sua baixa profundidade e ocorrem em áreas de maior declividade.

Os latossolos são solos bastante lixiviados, com predominância de argilominerais 1:1 e óxidos de ferro e alumínio que tornam estes solos de reduzida fertilidade. Já os cambissolos[10], apresentam uma textura

[10] Segundo Rosas (1991), os cambissolos, no Maciço da Tijuca, aparecem junto aos paredões rochosos, com a presença de uma grande quantidade de blocos. Todavia, nas

predominantemente arenosa, com pequena concentração de matéria orgânica em superfície (Rosas, 1991).

A saturação em bases dos solos do Maciço fica geralmente abaixo de 10%, o que caracteriza os solos como sendo de baixa fertilidade natural. Esta condição, somada ao caráter álico (saturação de Al acima de 70%, segundo Rosas - 1991) de grande parte destes solos, torna a manutenção do geoecossistema florestal uma questão bastante delicada.

Em que pese à pobreza nutricional dos solos, segundo Oliveira (1987), a floresta encontra-se em estágio avançado de regeneração em termos estruturais e morfológicos, produzindo um estoque de matéria orgânica semelhante àquele encontrado para outras áreas de floresta tropical do planeta [11](quadro 4.3).

Mesmo assim é preciso considerar o papel do comportamento hidrológico como um dos principais reguladores da velocidade de decomposição da matéria orgânica no Maciço da Tijuca, tal como exemplificam os resultados encontrados por Clevelário Jr. (1996) na comparação entre topos e fundos de vale (o fundo de vale, pela sua morfologia, favorece a concentração de umidade e aumenta a taxa de decomposição da matéria orgânica morta. Já nas áreas de encosta, com a redução da umidade, há uma tendência de diminuição da taxa de decomposição e, conseqüentemente, de aumento da estocagem de matéria orgânica morta em superfície).

Para Mattos *et al* (1976), a vegetação atual do Parque é constituída de três categorias: áreas de formação secundária em regeneração, remanescentes da formação primária e terrenos degradados.

---

encostas mais íngremes e afastadas dos paredões, aparecem manchas de litossolo, representadas por uma alteração pouco profunda do material *in situ*.

[11] Parte desta aparente contradição é explicada por Rosas (1991), ao demonstrar que as características físicas dos solos do Maciço da Tijuca favorecem o crescimento radicular e a intensa atividade biológica, compensando, de certa maneira, a pobreza em bases da rocha matriz.

Quadro 4.3- Comparação entre os estoques de matéria orgânica em superfície encontrados por diversos autores em áreas de floresta tropical

Local	Estoque (ton/ha/ano)	Fonte
Silva Jardim (RJ)- encosta	7,8	Borém e Ramos (2002)
Floresta da Tijuca - topo	25,9	Clevelário Jr. (1996)
Floresta da Tijuca – vale	9,6	Clevelário Jr. (1996)
Floresta da Tijuca - encosta	8,9	Oliveira (1987)
Maracá (Roraima)	4,6	Scott et al (1992)
Panamá	4,8	Golley et al (1978)
Colômbia	5	Jenny e Bingham (1949)
Porto Rico	6	Jordan e Herrera (1981)
Nova Guiné	6,5	Edwards (1977)
Bornéo	8,5	Proctor et al (1983)
Jamaica	10,3	Tanner (1981)
Bornéo	10,3	Proctor et al (1983)
Pará	13,2	Uhl et al (1988)
Colômbia	16,5	Jenny e Bingham (1949)
Manaus	25,6	Carvalho Jr. Et al (1995)

Nos fragmentos primários e nas áreas de floresta secundária, Coelho Netto (1992) destaca que a fisionomia da vegetação é marcada por três estratos bem diferenciados:

- O estrato arbóreo, composto por indivíduos que facilmente ultrapassam os 20m de altura, onde se destacam espécies típicas tanto de mata secundária inicial - quaresmeiras (*Tibouchina granulosa*) e imbaúbas prateadas (*Cecropia hololeuca*)- quanto de mata secundária tardia ou mesmo climáxica - jequitibá vermelho (*Cariniana excelsa*r), pau Brasil (*Caesalpinia echinata*), angicos (*Piptadenia sp.),* dentre outras.

Dada a presença de um certo grau de esclerofilia neste estrato, quando comparado ao sub-bosque, a taxa de decomposição da matéria orgânica sobre para 158 dias, contra 116 dias no sub-bosque.

- O estrato arbustivo (ou de sub-bosque), composto por indivíduos mais baixos e que se desenvolvem em presença de menor quantidade de luz, onde são encontradas diversas espécies de palmeiras, dentre as quais o palmito juçara (*Euterpe edulis*), indaiá (*Pindarea fastuosa)* jerivá (*Arecastrum romanzoffianum*) e outras.
- Estrato herbáceo, onde predominam as bananeiras do mato (*Heliconia angustifólia*), marantas (*Calathea zebrina*) antúrios, bromélias etc.

Ao longo de todos os estratos, porém, é comum a presença de um grande número de epífitas, especialmente nas áreas de maior incidência de luz ou em áreas de condensação atmosférica. As famílias mais numerosas são: *Bromeliaceae, Orchidaceae, Araceae,* Begoniaceae entre outras (Santos, 1979).

As áreas submetidas a um intenso processo de degradação, no entanto, tendem a apresentar um desaparecimento da estratificação (Zaú, 1994), sucedida pela invasão de gramíneas como o capim navalha (*Rhyconspora sp.*) ou capim colonião (*Panicum maximum*), rompendo os limites da resiliência da floresta.

Estas perturbações a que está submetido o ecossistema florestal implicam não apenas em perdas ecológicas e econômicas, mas também na perda das funções ambientais desempenhadas por essas florestas.

Neste particular, "*as florestas que recobrem o Maciço da Tijuca apresentam especificidades que as situam em plano distinto em relação a formações congêneres de Mata Atlântica, devido a interações com a metrópole do Rio de Janeiro*" (Oliveira *et al*, 1995, p.558).

Uma síntese dos principais serviços ambientais prestados pelo geoecossistema florestal do Maciço à cidade do Rio de Janeiro encontra-se no quadro 4.4.

Quadro 4.4- Síntese dos principais serviços ambientais prestados pelo geoecossistema florestal do maciço da Tijuca à cidade do Rio de Janeiro

Serviço	Eficiência	Fonte
Fixação de C na biomassa	160 ton/ ha	Clevelário Jr. (1996)
Fixação de C na matéria orgânica do solo	150 ton/ha	Clevelário Jr. (1996)
Produção de água pelas fontes	7.660 m^3/ha	Oliveira et al (1995)
Redução no pH da água da chuva, na filtragem pelas copas	Até 3 unidades de pH	Silva Filho (1985) Silveira (1997)
Interceptação de 17 a 24,5% da chuva pelo dossel	Até 5.750 m^3/ha	Coelho Netto (1985) Miranda (1992)
Interceptação das chuvas pela serapilheira	± 250 % do peso seco da serapilheira	Coelho Netto (1985)
Favorecimento da infiltração da água da chuva (± 70 %)	± 1600 mm/ano na porção superior do Maciço	Coelho Netto (1979)
Interceptação de metais pesados (Pb, Cu e Zn) da atmosfera	Pb= 145 g/ha Cu= 105 g/ha Zn= 630 g/ha	Oliveira e Lacerda (1993)
Evapotranspiração (solos e plantas)	± 40 % da pluviosidade anual	Coelho Netto (1985)
Reforço dos solos pelo sistema radicular arbóreo	Variável	Prandini et al (1976)

Fonte: GEOHECO-SMAC (2000)

Considerando que estes serviços implicam, de um lado, na melhoria da qualidade ambiental (e, em última instância, da qualidade de vida) da população residente na cidade e, de outro lado, que a perda destes serviços representa uma perda material, refletida nos gastos necessários à recuperação destes serviços, Oliveira *et al* (1995) propuseram uma valoração econômica destas atividades. Uma síntese destes valores aparece transcrita no quadro 4.5.

Mesmo considerando que tal valoração fornece uma certa referência material de comparação entre diferentes ecossistemas ou entre

diferentes estágios do mesmo ecossistema, é preciso ter-se em conta a ressalva feita pelos próprios autores:

> Há que se considerar que a questão da valoração dos ecossistemas encobre uma lógica monetarista e, portanto, dependente de contextos econômicos e culturais (...) e, ainda, que na realidade a natureza representa um bem em si mesma. Dada a complexidade do tema, há também que se considerar a virtual impossibilidade de uma valoração econômica (...) que pelo menos contemple uma parcela significativa das potencialidades dos ecossistemas, seus valores intrínsecos e os atribuídos pelos diversos sistemas culturais. (*op.cit*, p.558).

Quadro 4.5- Quadro resumo dos valores de referência dos principais produtos existentes, em média, em um ha de floresta no maciço da Tijuca.

Item	Massa por ha	Subtotal (US$)
Madeira para serraria	5,3 m^3	9.267,00
Madeira para lenha	314,623 st	4.719,00
Água liberada	7 660 m^3	1.608,00
Nutrientes	38275 Kg	9.003,00
Orquídeas	503 indivíduos	1.083,00
Outras plantas ornamentais	1080 indivíduos	1.200,00
	Total	US$ 26.880,00

Fonte: Oliveira et al (1995)

Merece destaque, ainda, o papel deste ecossistema na interceptação das águas da chuva. Nas pesquisas desenvolvidas por Coelho Netto (1985), identificou-se que apenas 30% da água que dava entrada na bacia do alto rio Cachoeira era liberado no exutório da bacia, o que significa uma retenção pelo sistema, de 70% da água precipitada. Neste caso, a infiltração e armazenamento das chuvas são favorecidos pela presença de macroporos (produzidos tanto pelas raízes quanto pela fauna endopedônica), associada à proteção exercida pela serapilheira.

Estas condições permitem definir os fluxos hortonianos em solos florestais como uma excepcionalidade (Dunne, 1978), fato este que foi reiteradamente confirmado para o Maciço da Tijuca, através das

pesquisas desenvolvidas pelo GEOHECO (Coelho Netto, 1979 e 1985; Miranda, 1992).

4.2.2- Variações do ecossistema florestal entre as vertentes Norte e Sul

Os mecanismos internos que regulam este funcionamento hidrodológico sofrem, entretanto, muitas variações dentro do Maciço da Tijuca, especialmente no que se refere às vertentes norte e sul. Estas variações estão ligadas às condições de temperatura[12], umidade[13], luminosidade, feições topográficas[14] além de profundidade e fertilidade dos solos (Fernandes, 1998).

Uma pesquisa desenvolvida por Oliveira *et al* (1995a) constatou que, entre setembro de 1987 a agosto de 1990, as temperaturas máximas nas encostas voltadas para norte foram, em média, 3,6°C mais altas do que as das encostas voltadas para sul. Já as temperaturas mínimas foram, em média, 0,5°C mais baixas nas vertentes do norte do que nas do sul.

Comentam os autores (*op.cit.*):

> (...) a ocorrência de 86% das mínimas também na encosta Norte deve ser atribuída a maior umidade relativa ocorrente do lado sul, que atua como um efeito tampão, reduzindo as temperaturas extremas. Por outro lado, o maior fechamento das copas e a maior altura das árvores, verificável do lado sul pode levar a uma maior retenção de calor proveniente do solo, o que também contribui para reduzir a ocorrência de temperaturas mínimas nesta vertente. (p.527).

Já no que se refere à capacidade de retenção de água pela serapilheira, os resultados encontrados pelos autores (*op.cit*) demonstraram, para aquele estudo, que a serapilheira da vertente norte,

---

[12] Segundo Baw-Puh (*apud* Oliveira et al, 1995a), na latitude do Rio de Janeiro, uma encosta voltada para o quadrante norte, com 60° de declividade, recebe uma incidência de calor três vezes maior que uma vertente de igual declividade voltada para o sul.

[13] Para Oliveira (1987), a vegetação de sub-bosque das encostas voltadas para norte, na bacia do rio Cachoeira, apresenta uma característica nitidamente mais xeromórfica quando comparada com a vegetação das encostas voltadas para o sul.

[14] A presença de uma declividade média mais baixa na vertente Norte condicionou, historicamente, o processo de ocupação do Maciço a partir desta área.

além de apresentar uma perda mais rápida de umidade (figura 4.9) foi, em média, 41,9% mais úmida do que a da vertente sul.

A respeito disso, Oliveira *et al* (1995a) lembram que,

> A susceptibilidade a incêndios florestais aumenta com o decréscimo no teor de umidade no ecossistema e, em particular na serapilheira. Deve-se levar em consideração que os incêndios que se propagam por esta razão são os que maiores prejuízos trazem ao sistema florestal, em função da destruição de plântulas, sementes, árvores adultas pela queima da casca e das alterações advindas da queima da serapilheira (diminuição do estoque de água e nutrientes armazenados e mudanças microclimáticas). (p.531)

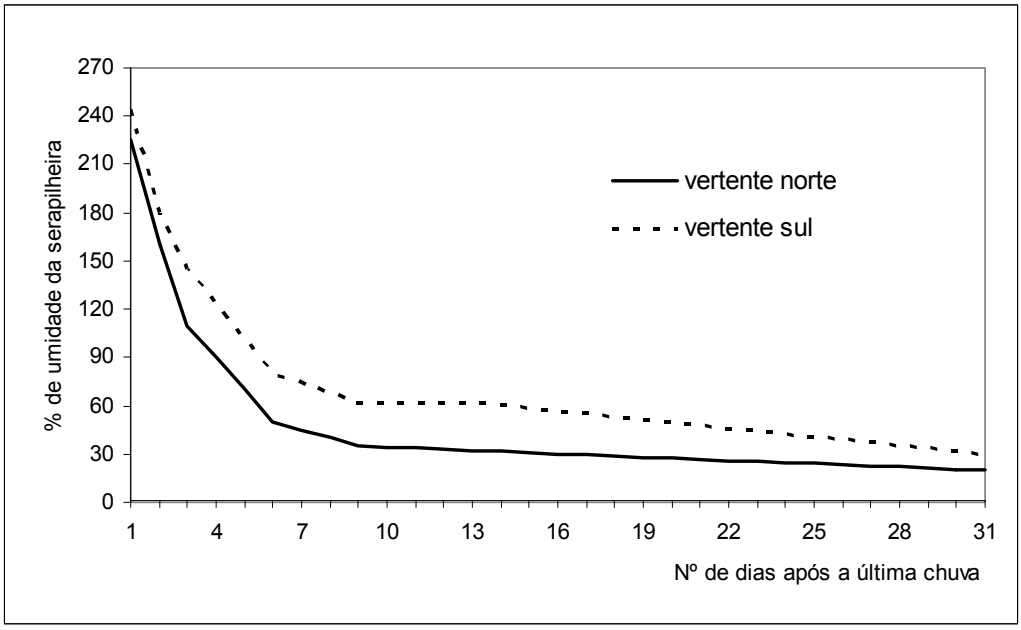


Figura 4.9- Gráfico de comparação entre a perda de água da serapilheira nas vertentes norte e sul, após uma chuva de 40mm.
Fonte: Oliveira et al (1995a).

Assim, concluem os autores (*op.cit.*), "*(...) muito possivelmente a grande susceptibilidade a incêndios verificada na encosta Norte se deve, entre outros fatores, ao efeito dessecante provocado pelas temperaturas mais elevadas do ar e teores mais baixos de umidade na serapilheira*" (p.531).

Dessa forma, a diferença das condições microambientais entre as vertentes Norte e Sul do Maciço da Tijuca, associada às diferenças no

processo de ocupação, permite caracterizar duas fácies muito distintas deste geoecossistema, com nítido desequilíbrio da porção Norte.

4.3- APRESENTAÇÃO DAS ÁREAS DE PESQUISA SELECIONADAS

Tendo em vista a dificuldade de operacionalização de levantamentos de campo em cada um dos tipos de borda estabelecidos no modelo conceitual (capítulo 2, figura 2.16) e, considerando que as diferenças nas áreas urbanas podem resultar em efeitos diferenciados na borda da floresta (por diferença na densidade de ocupação), optou-se por realizar uma análise comparativa de duas áreas com o mesmo "tipo de borda" (borda do "tipo 6", isto é, floresta secundária tardia em contato direto com a urbanização), porém na vizinhança de graus diferenciados de urbanização.

Dessa forma, foram escolhidas duas áreas-modelo dentro do Maciço da Tijuca: uma área de floresta secundária em contato com alta densidade urbana (bairro da Usina, na vizinhança da favela do Catrambi– setor hidrográfico 2) e uma área de floresta secundária em contato com baixa densidade de urbanização (região do Soberbo- setor hidrográfico 4)- figura 4.10.

Ambas as áreas têm em comum o fato de estarem em contato direto com a urbanização, serem áreas de fácil acesso, apresentarem um estágio sucessional semelhante, possuírem a mesma orientação das vertentes (SE) e uma topografia marcada por altas declividades (figuras 4.11 e 4.12).

Embora localizadas fora do limite do Parque Nacional da Tijuca, estas áreas representam uma continuação da área florestal do Parque, sem nenhuma descontinuidade expressiva entre a área de floresta conservada e as áreas de borda selecionadas.

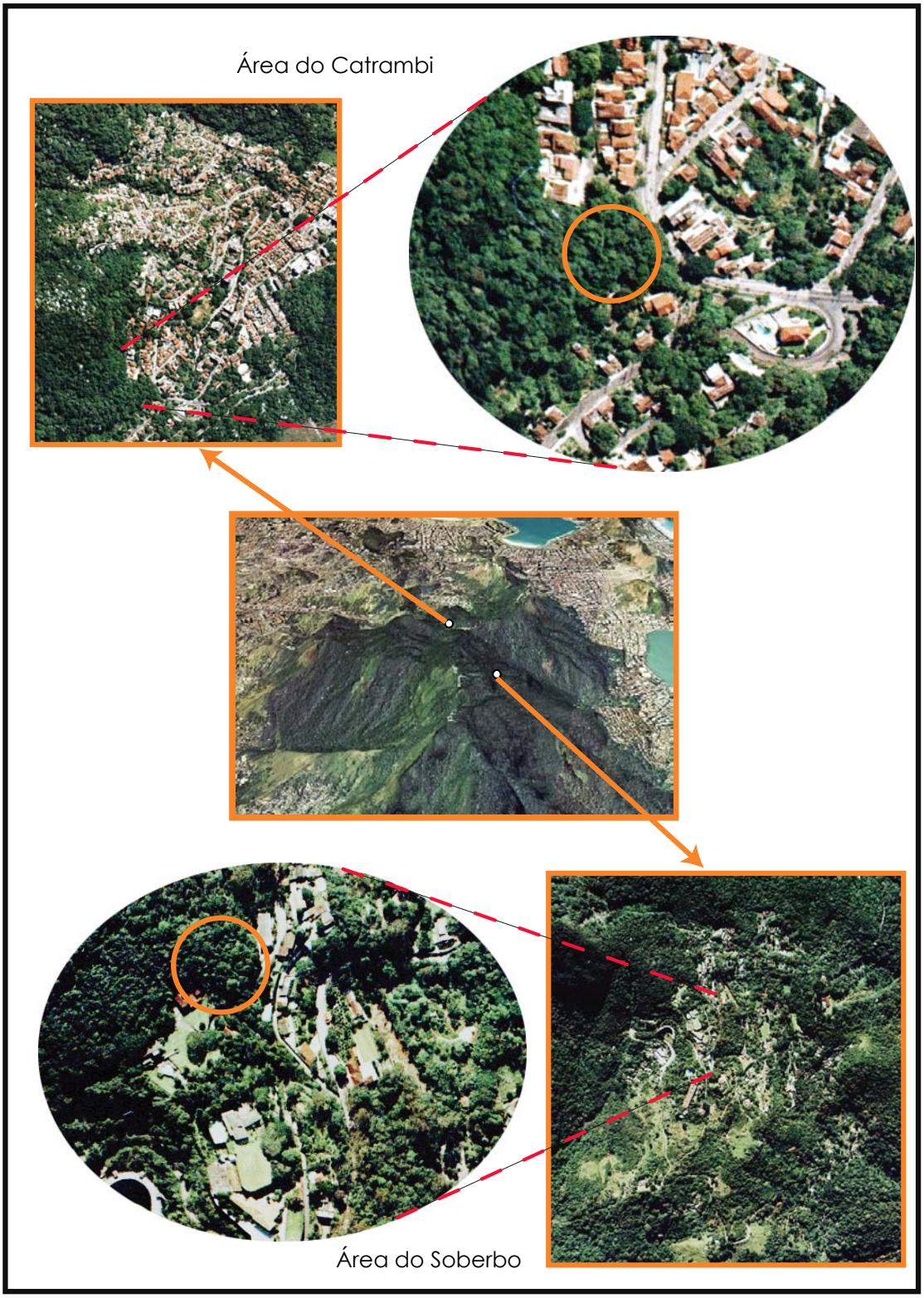


Figura 4.10- Modelo esquemático de localização das áreas de estudo em diferentes escalas

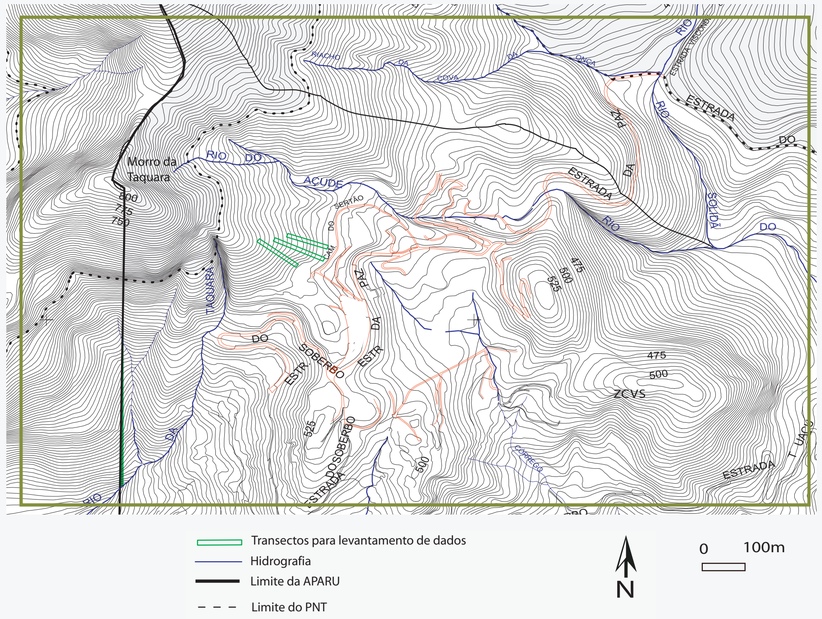
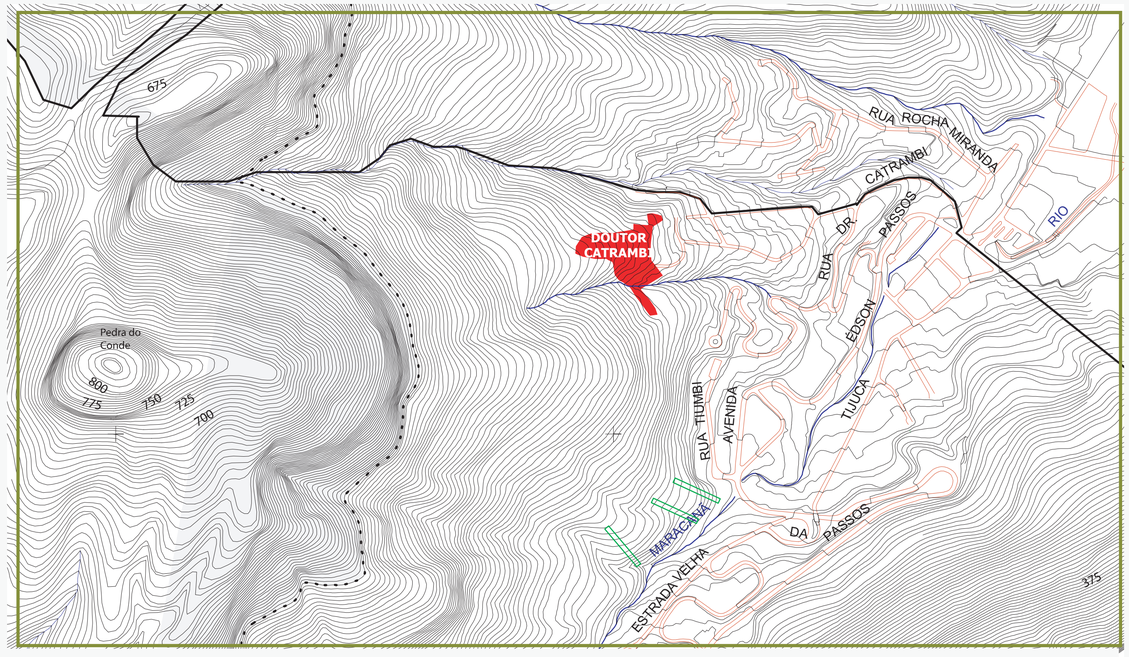


Figura 4.11- Mapa da condição topográfica da área de pesquisa do Soberbo (eqüidistância das curvas de 5m)



Transectos para levantamento de dados
Hidrografia
Limite da APARU
Limite do PNT
Favela

N
0 100m

Figura 4.12- Mapa da condição topográfica da área de pesquisa do catrambi (eqüidistância das curvas de 5m)

A área de pesquisa do Soberbo localiza-se na sub-bacia do Médio vale do rio Cachoeira, mais precisamente na encosta SE do Morro da Taquara.

Tendo um substrato de granitóides pós-tectônicos (Silva e Cunha, 2001), denominados localmente como "granito favela", esta área apresenta um solo profundo, com ausência de blocos e textura areno-argilosa (Fernandes, 1995).

Embora apareça nesta sub-bacia alguns pontos de média ou baixa declividade associados a degraus estruturais, as áreas de alta declividade estão presentes em mais de 50% da sub-bacia (GEOHECO/SMAC, 2000).

Já na área de pesquisa do Catrambi, a proximidade com o paredão rochoso da Pedra do Conde define o aparecimento de uma grande quantidade de depósitos coluviais. Nesta área, os blocos apresentam-se embutidos em uma matriz areno-argilosa pouco profunda, proveniente da litologia de biotita-gnaisse que ocorre na área.

No que se refere à questão das vizinhanças, as áreas apresentam-se também bastante distintas. Na área do Catrambi, além da proximidade de áreas de favela, a área urbana de contato pode ser caracterizada como um prolongamento dos bairros da Tijuca e Usina, com alto grau de impermeabilização do solo e circulação de pessoas.

A área do Catrambi teve a sua borda bastante alterada por um projeto de ampliação da rua Juruato, há cerca de 30 anos atrás. O projeto não foi efetivado e, desde então, a área permanece como uma propriedade particular de 10.000 m^2, limitando-se ao norte com a área do Parque.

Por não ter sido destinado nenhum uso específico, esta área apresenta um nítido recrutamento de espécies nativas, o qual, todavia, é dificultado pela penetração de espécies invasoras (figura 4.13) e pela grande circulação de pessoas no local (identificada pela alta densidade de trilhas e pela presença de depósitos clandestinos de lixo).



Figura 4.13- Feições fito-estruturais da área de pesquisa do Catrambi. Da esquerda para a direita, tem-se: exemplar de Jequitibá remanescente de uma condição sucessional mais antiga; condição típica de borda com invasão de espécies heliófilas; imagem de uma das inúmeras clareiras que se distribuem na área de estudo, evidenciando a situação atual de degradação.

Além disso, as bruscas variações topográficas (figura 4.14), decorrentes das feições erosivas ou da intervenção antrópica passada, representam elementos que dificultam a reinstalação de um estágio sucessional mais avançado, tal como ocorre em outras áreas do Maciço (Rocha Leão, 1997), e acabam contribuindo para um quadro atual de degradação estrutural da vegetação.

Já na área do Soberbo, o processo atual de ocupação é bastante diferenciado, seja pela condição topográfica (historicamente com difícil acesso), seja pela história de ocupação (já que área assumiu uma vocação de segunda residência para grande parte da aristocracia urbana no período pós-café) ou mesmo pela proximidade com o Parque Nacional da Tijuca (que tem demandado do poder público uma regulamentação de uso para baixas densidades de ocupação).

Nesta questão em especial, a sub-bacia do médio rio Cachoeira requer uma certa atenção, já que o adensamento urbano, embora difuso e de baixa densidade, evoluiu de 5% em 1972, para 18% em 1996 (GEOHECO/SMAC, 2000).

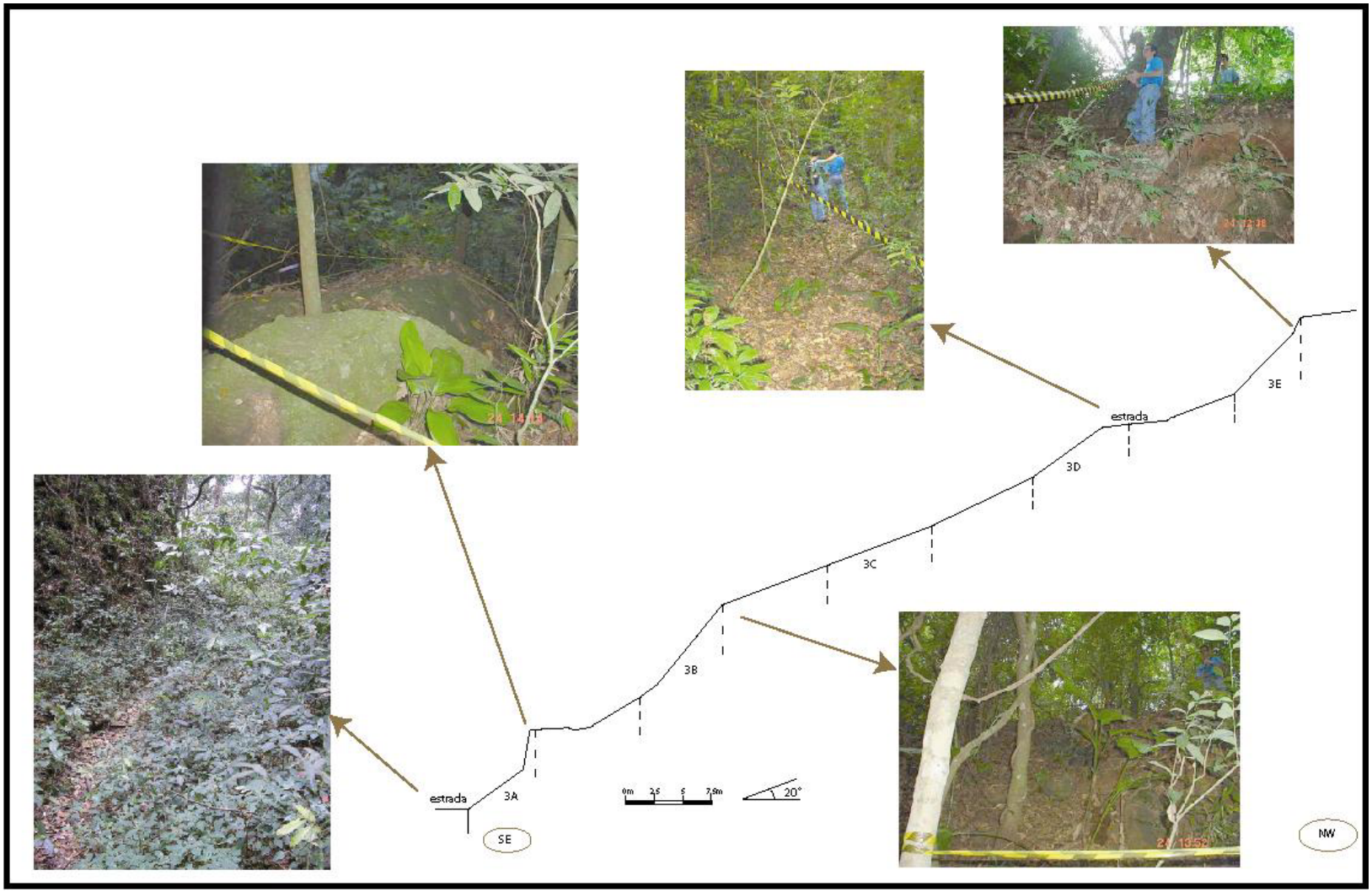


Figura 4.14- Perfil topográfico do transecto 3 da área do Catrambi, evidenciando nas fotos as rupturas de declive geradas por feições erosivas ou intervenções antrópicas, que dificultam a instalação de um estágio sucessional mais avançado e condicionam as variáveis atuais de estrutura da vegetação.

Em que pese o aumento da pressão urbana, a condição mais favorável da área do Soberbo tem influenciado positivamente na regeneração da floresta, tendo em vista o alto grau de recrutamento observado na área e a presença menos evidente de indicadores de degradação (figura 4.15), embora eles também estejam presentes ali.



Figura 4.15- Feições fito-estruturais da área de pesquisa do Soberbo. Da esquerda para a direita, tem-se: estrada que corta o interior da área de borda; fotografia de uma das parcelas estudadas, com menor nível de degradação, onde se observa uma abundância de palmeiras (diferentemente da área do Catrambi, onde elas estão praticamente ausentes); imagem da parcela mais próxima à rua, no transecto 3, evidenciando um grande desenvolvimento do estrato arbustivo e do sub-bosque.

Embora não tenhamos obtido nenhum registro que evidencie ou justifique, para a situação atual, uma pressão acentuada sobre esta área, é nítida a baixa proporção de grandes indivíduos remanescentes, quando comparado com a área do Catrambi . Tal situação nos leva a acreditar na possibilidade de um corte raso no passado, embora não se tenha conseguido nenhum testemunho de tal situação.

Apesar disso, a maior densidade de indivíduos e a menor ocorrência de indicadores de degradação, nos fornecem uma prova segura do melhor estado desta "fácie" do geoecossistema florestal do Maciço, quando comparada com a área do Catrambi.

Além disso, outro elemento que aparentemente favorece o avanço do processo sucessional na área do Soberbo é a ocorrência de um perfil topográfico mais ajustado à linha do declive, tal como se pode perceber pela figura 4.16.

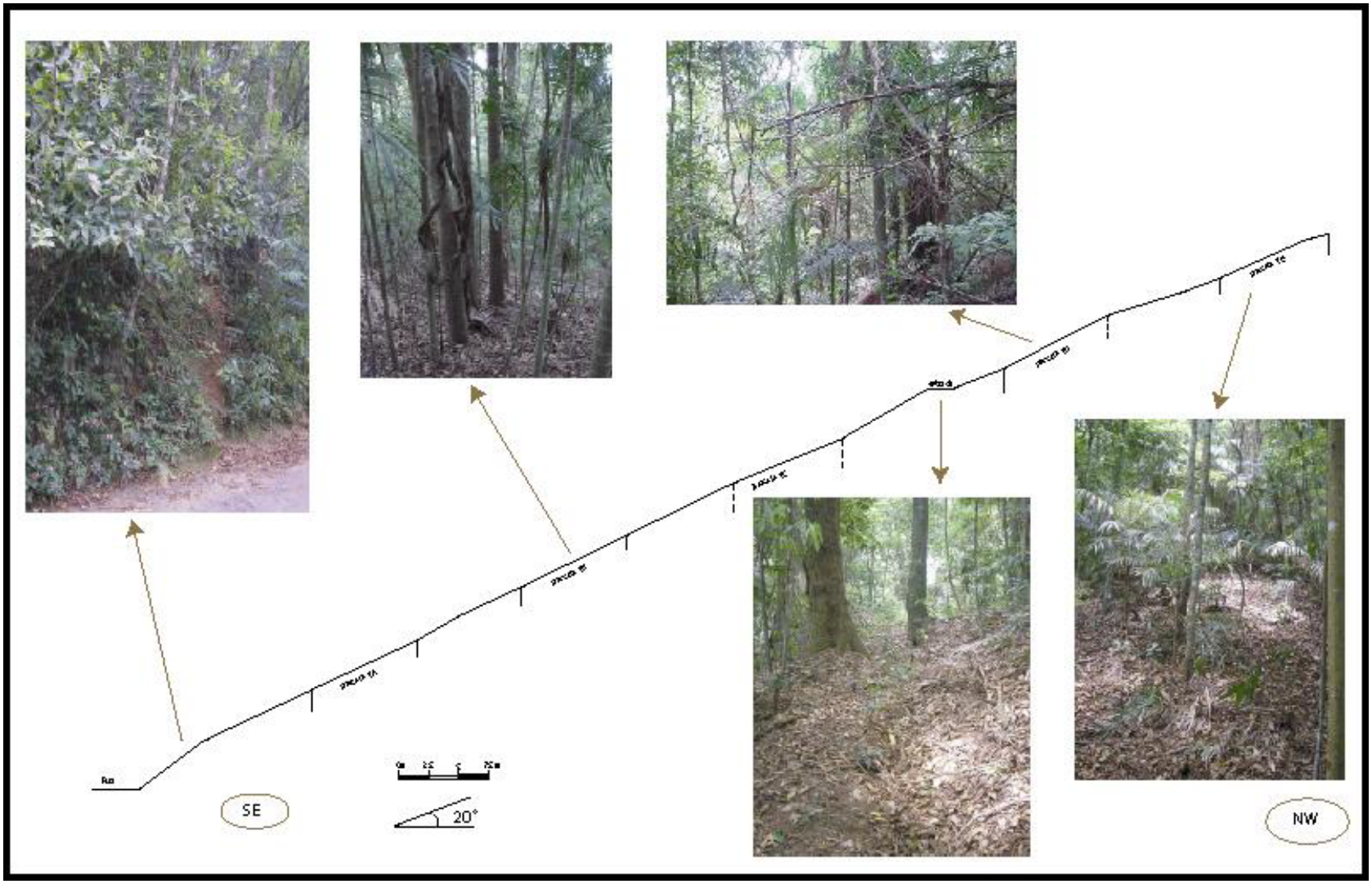


Figura 4.16- Perfil topográfico da área do Soberbo, com destaque para os principais aspectos fitofisionômicos e geográficos presentes na área.

Dessa forma, os argumentos expostos acima apresentam a diferenciação fisionômica das áreas escolhidas para a realização dos levantamentos de campo.

A partir da análise e discussão dos dados de estrutura da vegetação, comportamento microclimático e estoque de matéria orgânica em superfície, procuraremos aprofundar a caracterização desta diferença, ao mesmo tempo em que estaremos analisando comparativamente a propagação do efeito de borda em uma e em outra área[15].

[15] É preciso ter-se em conta, tal como nos lembra Antrop (2000), que as diferenciações internas na estruturação da cidade acabam por gerar morfologias e funcionalidades diferenciadas, as quais, por sua vez, induzem pressões também diferenciadas sobre as paisagens naturais e os serviços ambientais por elas oferecidos.

CAPÍTULO 5

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

"O conceito de processo pressupõe a passagem do tempo. Pode-se dizer que a essência da noção de processo é o fluxo, caracterizado por uma sucessão de estados ou de mudanças de um sistema em permanente transformação e evolução. (...) Para que ocorra um processo dentro de um sistema, deve estar presente um campo de forças de influência, de motivações ou de catalização. Esse campo de influência pode gerar mudanças funcionais e estruturais, ou seja, mudanças organizacionais." Assim, "o processo de evolução pode ser caracterizado pela seqüência de estados de equilíbrio e de desequilíbrio, pela sucessão de organizações diferentes ao longo da transformação do sistema, devido à ação de agentes internos e externos ao sistema". (Bresciani *apud* Gondolo, 1999)

Tal como já nos referimos no capítulo três, a realização desta pesquisa teve como escopo teórico-metodológico o entendimento da "zona de borda" como uma estrutura resultante de múltiplas determinações, passadas e presentes, e sujeita a interferências de diferentes níveis (ver figura 3.6).

Assim, para a compreensão do segundo nível de análise (Maciço da Tijuca), procedeu-se à investigação da variabilidade pluviométrica no entorno do Maciço, a qual responde pelas modificações do suporte hidrológico que sustenta o ecossistema em análise.

Para o terceiro nível hierárquico (interface floresta-cidade), procurou-se compreender as formas de uso do solo no entorno das bordas florestadas, buscando identificar a intensidade de artificialização da paisagem, que condiciona o aparecimento de feições estruturais diferenciadas no interior da zona de borda.

Por fim, para o quarto nível hierárquico (parcelas de campo), procedeu-se a uma série de levantamentos de dados que tiveram por finalidade diagnosticar a condição estrutural da borda florestal e a propagação do efeito de borda frente a uma pressão externa diferenciada.

5.1- ANÁLISE DA VARIABILIDADE PLUVIOMÉTRICA NO MACIÇO DA TIJUCA

Para a realização desta etapa da pesquisa, procedeu-se à análise dos dados diários de precipitação na Estação Capela Mayrink (SERLA), nos últimos 27 anos (1976-2002). A escolha desta Estação foi devido à existência de uma série satisfatória de dados[1], e também pela

1 Entendemos que o período disponível de dados ainda não corresponde ao ideal, já que para tornar os dados sobre clima compatíveis e comparáveis, a Organização Meteorológica Mundial aprovou uma norma (WMO, 1995) segundo a qual as "normais climatológicas" só podem ser calculadas a partir de conjuntos de 30 anos consecutivos de dados, começando no primeiro ano de uma década. Apesar disso, afirmam Peixoto e Oort (1991), "(...) *a escolha destes períodos para apuramento de valores de referência*

representatividade da Estação em relação ao Maciço da Tijuca, dada a sua localização no interior do Parque Nacional da Tijuca e próximo ao divisor.

A periodização da série de dados obedeceu a um recorte decenal, contado a partir do primeiro ano de registros. Dessa forma, adotaram-se os seguintes intervalos: 1976-85; 1986-95; 1996-2002.

A fim de aumentar a consistência dos resultados encontrados, optou-se por estabelecer as mesmas análises para séries mais curtas de dados (6 anos), em outras 5 Estações meteorológicas (duas na vertente Sul, duas na vertente Norte e uma no divisor) na área do Maciço (figura 5.1), mantidas pela GEORIO[2].

Como critério para a escolha das outras cinco Estações que comporiam este estudo, definiu-se a localização (privilegiando a área do divisor e as vertentes N e S) e a correlação dos dados, entre si e com a série Capela Mayrink (calculada a partir do coeficiente de Pearson – Quadro 5.1) .

Salienta-se que a análise dos dados destas séries de 6 anos, teve o único intuito de reforçar os resultados encontrados para a série de 28 anos, dando maior representatividade espacial às tendências encontradas para a Estação Capela Mayrink.

Entretanto, sempre que os resultados encontrados nestas diferiram dos resultados daquela, mantiveram-se as tendências da série mais longa, descartando as demais Estações para aquela variável em questão.

---

não implica que exista alguma particularidade especial nos intervalos de 30 anos em geral ou nos períodos das normais em particular. Se for verdade que o tradicional intervalo de 30 anos determinado pela Organização Meteorológica Mundial para definir o clima a partir de valores médios é ainda um conceito útil, não é menos verdade que a preparação de sumários de dados climáticos para períodos recentes e relativamente curtos, (...) deve ser encorajada".

[2] Estas Estações fazem parte da rede de 31 Estações automatizadas, instaladas pela GEORIO em toda a cidade do Rio de Janeiro em função dos desastres naturais ocorridos no ano de 1996. Com isso, os dados analisados para cada uma das Estações, correspondeu ao período 1997-2002.

Quadro 5.1- Coeficiente de correlação (Pearson) entre as séries de dados utilizadas nesta pesquisa[3]

	Cap. Mayr.	Jard. Bot.	São Conr.	Sumaré	Grajaú	Tijuca
Cap. Mayr.	1,00	0,83	0,75	0,75	0,77	0,80
Jard. Bot.	0,83	1,00	0,89	0,80	0,73	0,86
São Conr.	0,75	0,89	1,00	0,81	0,63	0,73
Sumaré	0,75	0,80	0,81	1,00	0,55	0,78
Grajaú	0,77	0,73	0,63	0,55	1,00	0,84
Tijuca	0,80	0,86	0,73	0,78	0,84	1,00

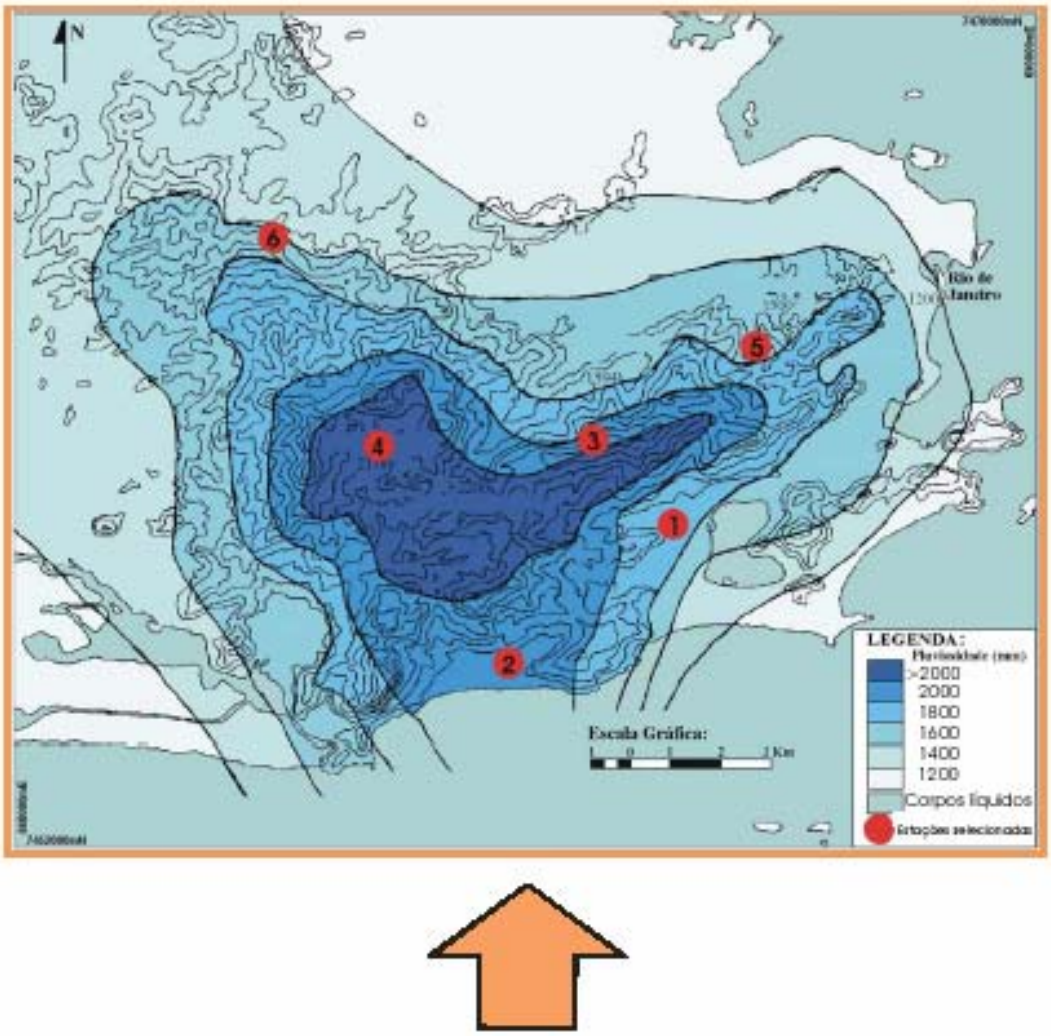
Partindo-se da precipitação diária de cada Estação, o conjunto da análise da variabilidade pluviométrica no Maciço da Tijuca a partir da consolidação dos dados de chuva (figura 5.2), envolveu as seguintes variáveis:

a) Variação dos totais anuais. Levando-se em conta a velocidade das mudanças ambientais correntes e tendo em vista a avaliação de possíveis implicações destas mudanças na variabilidade dos regimes de chuvas, optou-se por combinar a análise do ritmo e variabilidade das precipitações anuais ao longo da série histórica, como sugerido por Monteiro (1976).

Para tanto, avaliou-se o comportamento da tendência secular ou histórica em relação á média da série, através do cálculo da reta de regressão, tal como sugerido por Daveau (1977). Para checar a correlação dos resultados encontrados, utilizou-se o coeficiente de correlação de Pearson, interpretado segundo as categorias propostas por Borg (*apud* Pocinho e Figueiredo, 2004)[4]. Já para testar a significância dos resultados obtidos, utilizou-se o coeficiente "t" de Student (Kazmier, 1982).

[3] Para um nível de significância de 0,05 o valor de "r" deve ser ≥ 0,232, de onde se conclui que todas as Estações trabalhadas apresentam um nível de correlação bastante adequado para o estudo da variabilidade pluviométrica no Maciço da Tijuca.

[4] Com **0,20< r ≤ 0,35**, indica ligeira relação entre as variáveis; **0,35 < r ≤ 0,65**, indica correlação estatisticamente significativa; **0,65 < r ≤ 0,85**, indica correlações que tornam possíveis predições; **r > 0,85**, indica íntima relação entre as variáveis correlacionadas.



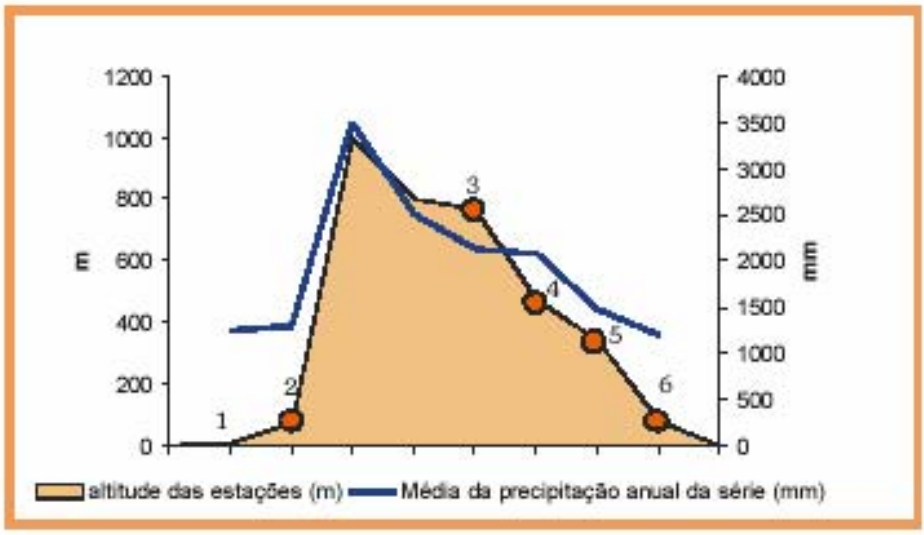


Figura 5.1 - Perfil esquemático da relação entre altitude x precipitação anual para as Estações selecionadas, com o respectivo mapa de localização das mesmas (1= Jardim Botânico, 2= São Conrado, 3= Sumaré, 4= Capela Mayrink, 5= Tijuca, 6= Grajaú)

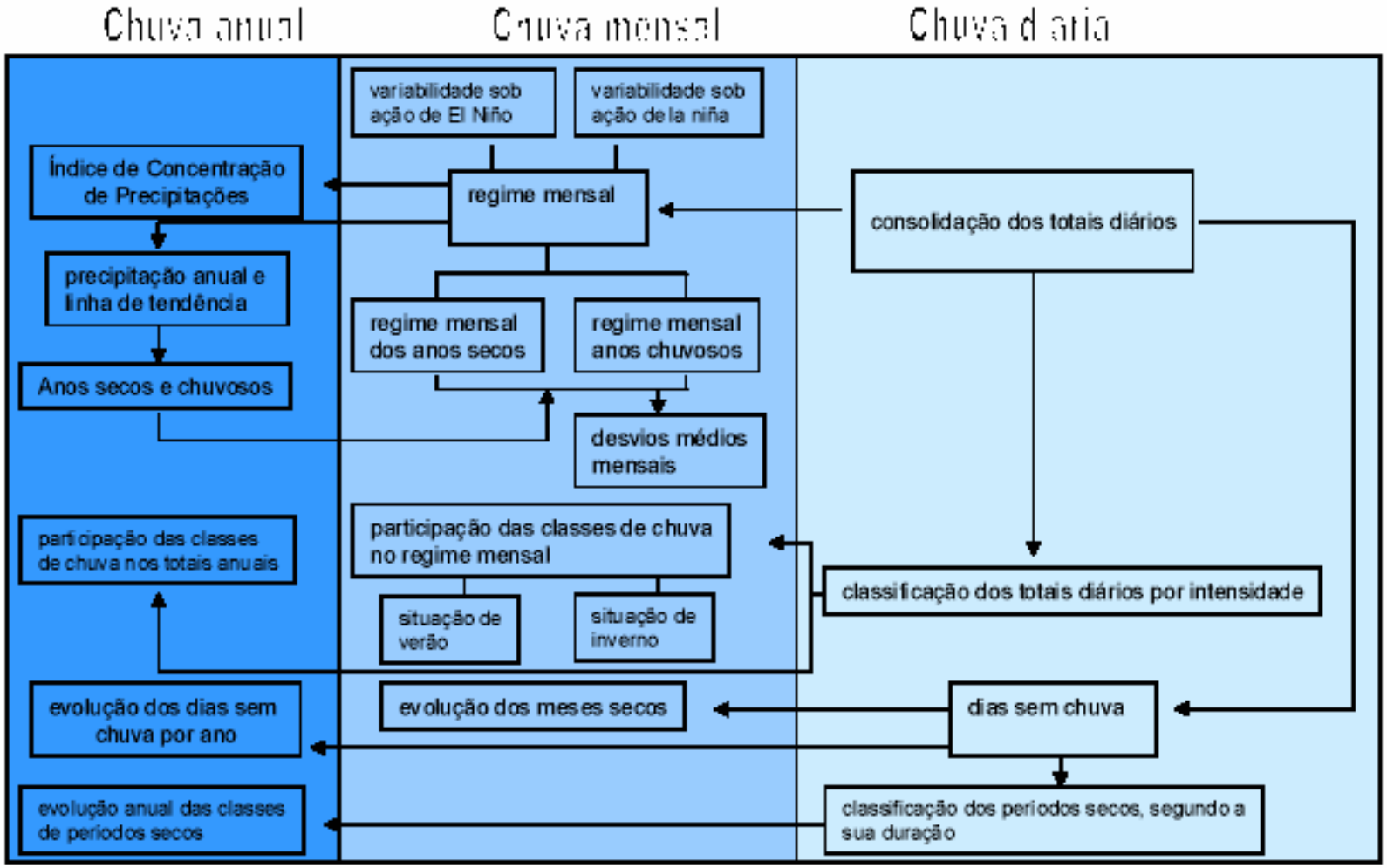


Figura 5.2- Fluxograma do roteiro metodológico de análise dos dados de chuva

Na Estação Capela Mayrink, este procedimento foi repetido para cada um dos três períodos da série histórica, a fim de poder caracterizar a tendência de variação decenal. Para esta Estação, Juntamente com a média da série e a linha de tendência, calculou-se o Desvio Padrão (DP) das precipitações anuais (Pa) em relação à média da série ($\bar{x}$), com vistas a identificar os anos secos ($Pa \leq \bar{x} - DP$) e os anos chuvosos ($Pa \geq \bar{x} + DP$).

Por fim, para que se pudesse estabelecer uma comparação entre os períodos secos e chuvosos, foram selecionados os três anos mais representativos de cada tipo de regime (resultando nos anos de 1984, 1997 e 1999 para o regime seco, e nos anos de 1988, 1996 e 1998 para o regime chuvoso).

A título de comparação, nas séries de dados mais curtas, utilizou-se os anos de 1997 e 99 como representativos dos anos secos, e o ano de 1998 como representativo dos anos chuvosos.

b) Variabilidade nos períodos de El Niño e La Niña. Diversos autores (Poveda e Mesa, 1997; Nobre e Schukla, 1996; Grimm et al, 2000) têm demonstrado que as alterações na temperatura das águas superficiais do Oceano Pacífico (fenômenos de El Niño e La Niña) têm rebatimento na variabilidade interanual das precipitações do sul e sudeste brasileiros, embora significante parcela destas anomalias pluviométricas possa ocorrer independente destes fenômenos (Studzinski, 1995).

Assim, a fim de avaliar o nível de correlação existente entre a variabilidade pluviométrica no entorno do Maciço da Tijuca e a ocorrência dos fenômenos acima citados, procurou-se calcular os desvios pluviométricos (em relação à média mensal da série) registrados durante os meses de ocorrência de El Niño e La Niña (quadro 5.2), comparando-os com os desvios médios mensais dos meses em que não há registro de ocorrência de nenhum dos fenômenos mencionados.

Quadro 5.2- Períodos de ocorrência e tempo de duração dos fenômenos de El Niño e La Niña no Pacífico Sul, caracterizados como desvios iguais ou superiores a 0,4 °C (positivo ou negativo), em relação à média histórica da temperatura à superfície do oceano.

El Nino	Duração	La Nina	Duração
Jun/79 a jan/80	8	Jan/85 a dez/85	12
Jul/82 a dez/83	18	Abr/88 a dez/88	9
Out/86 a dez/87	15	Mai/89 a set/89	5
Nov/91 a jun/92	8	Mar/94 a set/94	7
Fev/93 a jun/93	5	Abr/95 a ago/95	5
Out/94 a fev/95	5	Abr/96 a jan/97	10
Mar/97 a out/98	20	Jun/99 a jan/2000	8
		Jun/2000 a jan/2001	8

Fonte: Trenberth (*apud* Nery et al, 2003)

c) Freqüência de dias secos. A análise desta variável foi desdobrada em dois momentos. Em um primeiro momento, a fim de verificar uma possível tendência de redução e/ou concentração dos eventos de chuva, calculou-se a freqüência de dias secos para cada ano da série, estabelecendo, a seguir, um gráfico com a evolução histórica desta freqüência[5] e a respectiva linha de tendência (por análise de regressão).

Em uma segunda análise, o total anual de dias secos foi desdobrado em classes de dias secos[6], obedecendo-se os mesmos intervalos já trabalhados por Coelho Netto (1985) para o Maciço da Tijuca.

Dessa forma, foi calculada a freqüência anual, com as respectivas linhas de tendência, para os seguintes intervalos de dias sem chuva: 1 a 3 dias, 4 a 7, 8 a 11 e 12 dias ou mais. Estas análises foram complementadas pelo cálculo da evolução do número de meses secos por ano (meses com

[5] A análise de freqüência refere-se à quantificação do número de ocorrências de um evento pluviométrico. Para Davis e Naghettini (2000), "*em se tratando de ocorrências naturais raras, como cheias, estiagens e tempestades extremas, a análise de freqüência adquire especial importância devido, principalmente, às conseqüências desastrosas que esses eventos podem acarretar para a sociedade humana*" (p.51).

[6] Referente ao número de dias consecutivos sem precipitação.

precipitação < 100mm[7]), os quais, segundo Windsor (1990) e Walsh (1996), são meses onde, nos ecossistemas tropicais, os baixos valores de precipitação podem acarretar modificações temporárias no processo de seqüestro de Carbono (C) desde a atmosfera, modificando assim o fluxo de matéria dentro do geoecossistema.

d) Regime Médio Mensal. Para cada uma das Estações trabalhadas, elaborou-se um gráfico de distribuição da precipitação média mensal da série, onde também foram plotados os valores referentes à precipitação média mensal dos anos secos e à precipitação média mensal dos anos chuvosos. Objetivou-se, dessa forma, comparar a forma de distribuição das chuvas ao longo do ano e entre os diferentes tipos de regime (regime médio, regime dos anos secos e regime dos anos chuvosos).

A variabilidade média mensal dos anos extremos (percentual em relação à média da série) foi analisada em gráficos à parte.

Calculado o regime médio da série, foi possível, através do cálculo estatístico de "projeção linear", calcular o coeficiente de regressão para os dados de chuva de cada mês do ano, o que equivale ao valor da variável "m" da equação da reta de tendência secular. Na prática, este cálculo passa a indicar, de forma direta, a tendência de aumento ou de redução do total pluviométrico para cada mês do ano.

e) freqüência de classes de chuva. A freqüência e a intensidade das chuvas, são duas variáveis que contribuem fortemente não apenas para prever a capacidade de manutenção do geoecossistema florestal, como também para definir o nível de risco à ocorrência de desastres naturais numa dada paisagem (Dehn e Buma, 1999).

---

[7] Muito embora seja mais usual, em bioclimatologia, o uso dos critérios de Gaussen e Bagnouls (*apud* Walter, 1986), segundo os quais o mês seco é determinado por uma precipitação ≤ ao dobro da temperatura média, a inexistência de dados precisos de temperatura para todas as Estações trabalhadas, nos levou a adotar este critério mais amplo de conceituação de "mês seco", o qual se aproxima da "subseca" definida por Walter (*op.cit.*), onde P ≤ 3T.

Na presente pesquisa, a análise da evolução das precipitações diárias envolveu o cálculo da freqüência de eventos chuvosos em quatro classes de intensidade (0,2-10mm; 10,1-50; 50,1-100 e >100mm), levando-se em conta o período total, os anos extremos e a média mensal de distribuição de cada classe de intensidade. Para tanto, considerou-se como evento de chuva apenas aqueles em que a precipitação foi > 0,2mm[8].

A primeira classe (chuvas até 10mm), segundo Miranda (1992), representa a chuva que fica quase que integralmente retida pelas copas, pouco contribuindo para a precipitação terminal e estocagem no solo. Já a segunda classe (chuvas de 10,1 a 50mm) representa os eventos de chuva que realmente contribuem para a regulagem hidrológica do geoecossistema florestal e recarga dos aqüíferos. As classes 3 (50,1 a 100mm) e 4 (> 100mm) representam os eventos de menor freqüência e grande intensidade, muitos dos quais, detonadores de processos associados a desastres naturais. Dos 78 episódios pluviais intensos, causadores de impactos sócio-ambientais na cidade do Rio de Janeiro entre 1882 e 1996, relacionados por Brandão (2001), 64,1% foram de uma intensidade superior a 50mm/24h. Neste mesmo sentido, para Davis e Naghettini (2000), o critério de inclusão para a análise das chuvas intensas no estado do Rio de Janeiro, foi o da intensidade igual ou superior a 55 mm em 24h.

Numa etapa posterior, quando a análise dos dados exigiu um grau maior de generalização, as classes 1 e 2 foram somadas, a fim de verificar o comportamento médio, ao longo do ano, das chuvas menores (responsáveis pela manutenção das condições de estabilidade hidrológica dos geoecossistemas florestais). Da mesma forma, as classes 3

[8] Apesar da indicação de Pinto (1976), de considerar-se como dia chuvoso, apenas aqueles com precipitação maior ou igual a 0,5mm, mantivemos o limite inferior da primeira classe em 0,2mm, a fim de tornar os dados comparáveis com estudos anteriores (Coelho Netto, 1985; Miranda, 1992).

e 4 foram somadas, a fim de verificar o comportamento médio, ao longo do ano, das chuvas maiores (responsáveis pelo desencadeamento de eventos extremos associados à ocorrência de grandes desastres naturais).

A dinâmica de cada classe foi comparada com as demais, sendo calculada para cada uma delas, a respectiva linha de tendência.

Considerando que a primeira classe adotada (0,2-10mm) representa fundamentalmente a chuva interceptada e armazenada pelas copas (Llorens e Gallart, 2000), algumas das análises foram feitas levando em conta o comportamento das chuvas de média intensidade (entre 10 e 50mm- as quais garantem a estabilidade hidrológica do sistema da paisagem) e das chuvas de altíssima intensidade (>100mm – causadoras de grande instabilidade no sistema[9]).

Uma pesquisa desenvolvida por Souza (2003), nos dá uma dimensão da importância deste tipo de precipitação de alta intensidade nos desajustes ambientais em áreas florestadas montanhosas sujeitas a um grande adensamento urbano. Ao analisar a variabilidade pluviométrica em Juiz de Fora (MG), o autor identificou que mais de 90% da precipitação ocorrida durante os períodos de primavera-verão de 1996-97 e 1999-2000 foi originada por sistemas frontais, aos quais o autor associa a detonação dos escorregamentos verificados naquela cidade durante este mesmo período.

5.2- CARACTERIZAÇÃO DA RELAÇÃO SOCIEDADE X NATUREZA NO ENTORNO DAS BORDAS FLORESTADAS

Para uma adequada caracterização da pressão urbana no entorno das bordas florestadas, após uma ampla revisão histórica do processo de crescimento urbano da cidade do Rio de Janeiro (especialmente no que se refere aos bairros da Tijuca/Usina e Alto da Boa Vista), optou-se por

[9] Segundo as estatísticas da GEO-Rio (Feijó *et al*, 2001), a maior parte dos eventos de escorregamento na cidade do Rio de Janeiro, ocorreram, em média, com precipitações acumuladas acima de 90mm em 24h, ou 110mm em 96h.

desdobrar a pesquisa em dois eixos de investigação a partir dos principais vetores de degradação da floresta: de um lado a geração e propagação de incêndios e, de outro, as transformações do uso do solo e o processo de impermeabilização associado.

5.2.1- Caracterização dos focos de recorrência de incêndios

Inicialmente, buscou-se junto ao batalhão de incêndios florestais do Corpo de Bombeiros, uma relação de todos os registros de ocorrência de incêndio atendida entre 1997 e 2002.

A partir desta lista, foram excluídos os registros localizados fora da área do Maciço ou que não faziam referência a fogo em vegetação, restando um total de 116 ocorrências atendidas no domínio do Maciço, envolvendo especificamente fogo em vegetação.

Com a posse desta nova listagem, todos os locais foram plotados em um mapa na escala de 1:10000, tendo por base o endereço constante no registro lavrado pelo corpo de bombeiros.

Posteriormente estes pontos foram transferidos para o mapa de uso do solo elaborado por GEOHECO/SMAC (2000) na escala 1:10000, verificando-se as classes de uso envolvidas na vizinhança dos locais de ocorrência de fogo, bem como o impacto das áreas de gramínea sobre estas ocorrências.

5.2.2- Caracterização da pressão urbana no entorno das áreas pesquisadas

Visando estabelecer uma medida mais real acerca da pressão urbana que se dá sobre cada uma das áreas de pesquisa, buscamos realizar uma caracterização sócio-econômica geral dos entornos imediatos.

Para tanto, utilizamos não apenas os dados constantes no relatório de GEOHECO/SMAC (2000), como também os dados mais recentes referentes ao censo de 2000.

Infelizmente os dados liberados pelo IBGE referentes à totalização por setor censitário, representa apenas uma pequena parcela do conjunto integral das variáveis presentes no censo publicado, o que de certa maneira, acabou limitando de forma considerável as possibilidades de análise pretendidas. Entre os dados disponíveis, foram utilizadas informações referentes a: *pessoas residentes por setor*, *tipo de abastecimento de água por domicílio*, *tipo de esgotamento sanitário por domicílio*, *nº de banheiros por domicílio* e *renda nominal mensal (em salários mínimos) dos responsáveis pelos domicílios*.

No caso da região do Soberbo, dado o fato de que esta área é abrangida por um único setor censitário (setor 130281) de grande extensão (figura 5.3) e com grande heterogeneidade de ocupação, os resultados do censo, analisados isoladamente, tendem a mascarar a condição real do entorno imediato da área de pesquisa, divergindo da realidade observada em campo. Por esta razão, optou-se por trabalhar apenas com algumas variáveis selecionadas que, conjugadas ao mapa de uso do solo, nos fornecem um quadro mais apropriado da pressão urbana que se expressa na área em questão.

De qualquer forma, não se teve o intuito de dimensionar quantitativamente tal pressão, mas sim qualificar o seu estado atual, no contexto do processo histórico que anteriormente resgatamos.

Já para a área do Catrambi, o uso dos dados censitários demonstrou-se mais preciso, tendo em vista que os 10 setores censitários selecionados no entorno da área de pesquisa (figura 5.4) são de pequena extensão e com menores variações internas, refletindo de forma coerente o tipo de ocupação verificado em campo.

Para a caracterização do uso do solo, tomou-se por base as cartas topográficas na escala de 1: 2000, fornecidas pela prefeitura municipal em formato digital, e a interpretação visual de ortofotos na escala de 1: 10000 (ano de 2000).

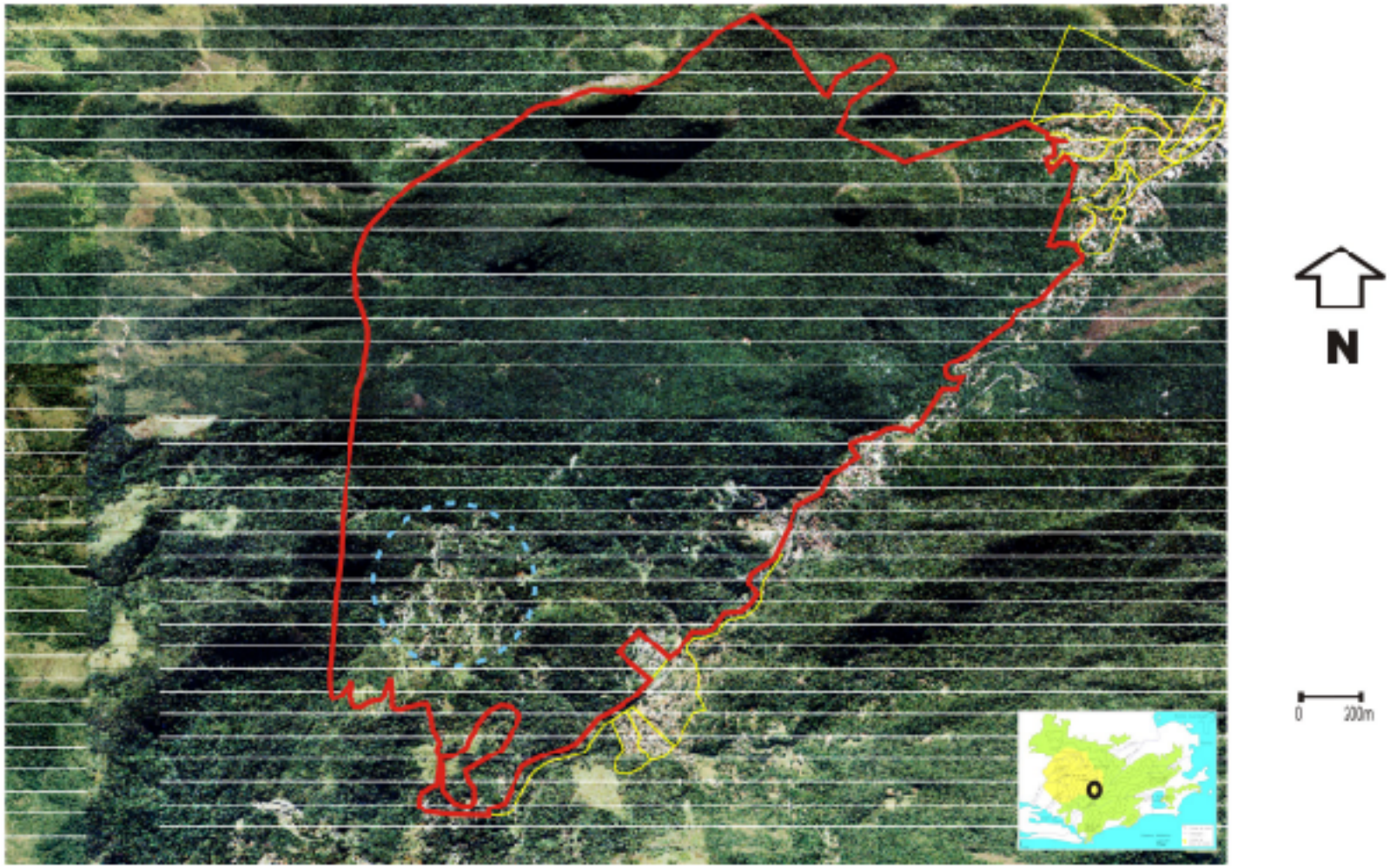


Figura 5.3- Fotografia aérea da área do Soberbo, com destaque para o setor censitário utilizado nesta pesquisa (em vermelho).

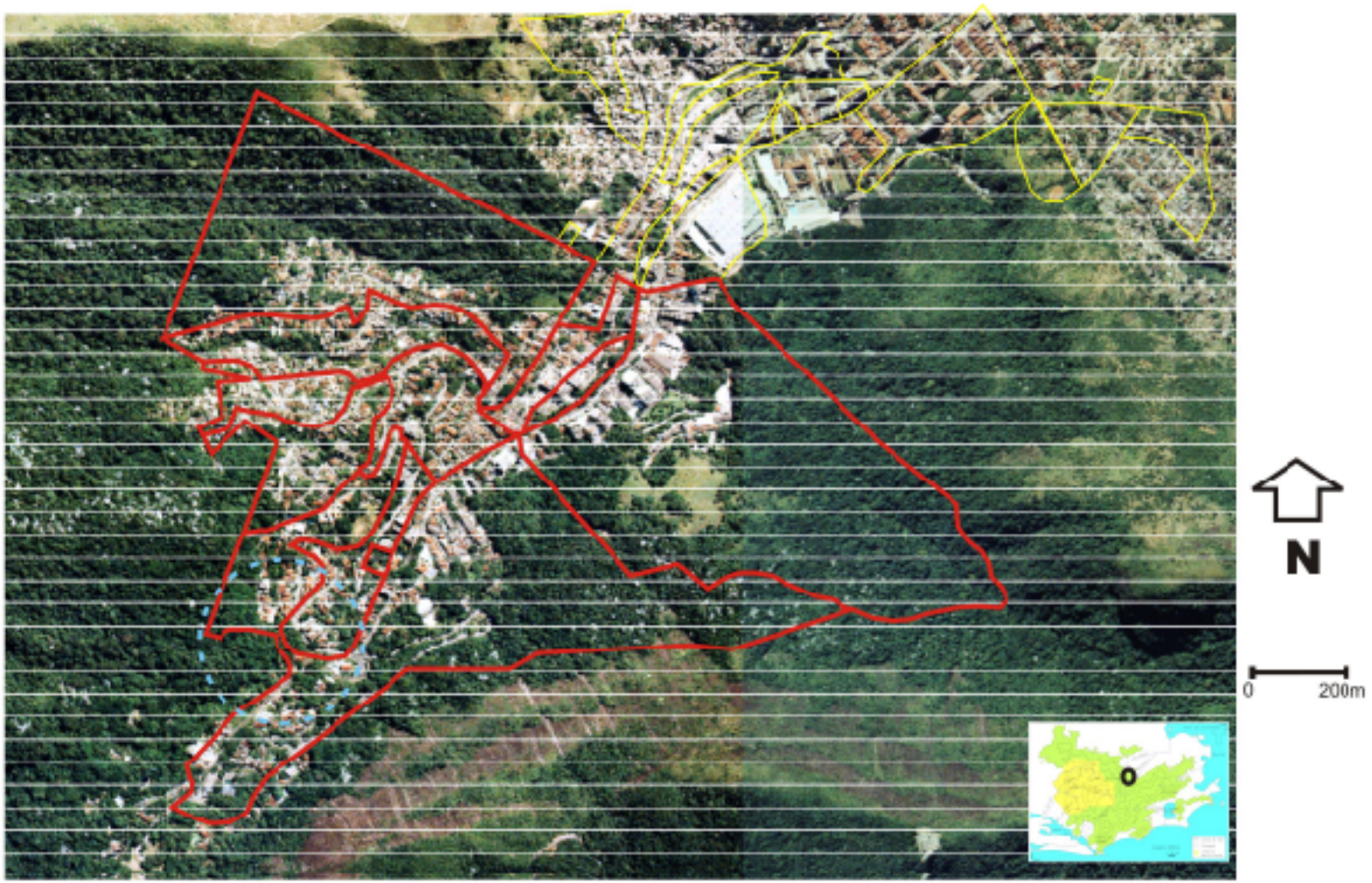


Figura 5.4- Fotografia aérea da área de pesquisa do catrambi, com destaque para os setores sensitários selecionados para análise (em vermelho)

Com o objetivo de caracterizar uma mudança gradacional do uso do solo a medida em que nos afastamos da borda florestada, a quantificação das formas de uso e cobertura foi feita levando em conta três janelas concêntricas, de formato quadrado, com os lados medindo, respectivamente, 250, 500 e 1000 m. O ponto central das janelas foi posicionado sobre os transectos pesquisados, mais precisamente na sua "linha de borda", ou seja, no contato com a porção urbanizada, procurando-se, dessa forma, apreender o conjunto das formas de uso que cercam as áreas pesquisadas.

Adotou-se quatro classes principais de uso e cobertura do solo: "*Área impermeabilizada*", onde estão incluídas todas as áreas ocupadas por construções ou pavimentações; "*Campo*", abrangendo genericamente as áreas de gramíneas; "*Fragmentos*", abrangendo todas as "manchas" de floresta que aparecem desconectadas da matriz florestal; e, por fim, a classe de "*Floresta conservada*", que representa a área de floresta contínua do Maciço da Tijuca, nos limites do Parque Nacional.

Cabe ainda destacar a ocorrência de duas outras classes de cobertura do solo, embora sem muita expressão espacial, tal como se pode verificar nas figuras supracitadas: afloramento rochoso e solo exposto.

5.3- DELIMITAÇÃO DAS PARCELAS DE CAMPO E DEFINIÇÃO DOS INDICADORES

Estabelecidas as duas áreas amostrais, representativas de áreas urbanas com características de alta e baixa densidade de ocupação (tal como descrito no capítulo anterior), partiu-se para a instalação de parcelas de vegetação onde foi feito o levantamento de dados.

Tendo em vista que a maior parte dos trabalhos consultados fazem referência a uma largura de influência do efeito de borda variando entre 20 e 50m (Murcia,1995; Chen *et al*, 1999; Fraver, 1994), optou-se por

estabelecer transectos, perpendiculares à linha de borda, com o dobro desta distância consultada, ou seja, 100m.

Ao mesmo tempo, procurou-se localizar estes transectos de forma a abranger a maior variação topográfica possível, a fim de poder avaliar o comportamento do efeito de borda frente a estas variações, ao longo do transecto.

Por razões estatísticas (a fim de minimizar o efeito de características pontuais), foram definidos três transectos para cada área amostral (Metzger, 2004a).

Seguindo a tendência da maior parte dos estudos em áreas florestais no Brasil, foram estabelecidas parcelas de 10 x 10 m (Durigan, 2004), já que a área de 100 m^2 facilita o cálculo de extrapolação dos resultados.

Conforme está representado na figura 5.5, estas parcelas foram intercaladas ao longo dos transectos (5 parcelas em cada transecto, intercaladas por espaços de 10m entre uma parcela e outra, com igual espaço entre um transecto e outro), uma vez que "*(...) parcelas distribuídas em uma área maior, guardando uma distância entre si, certamente são capazes de produzir amostragem mais representativa e, provavelmente, resultar em maior riqueza e maior diversidade para uma mesma área amostral*' (Durigan, 2004: 460).

Da mesma forma, "*(...)é quase uma lei universal que as amostras adjacentes se parecem mais que as amostras separadas(...). Isso produz o fenômeno de 'autocorrelação' entre os dados, e viola o suposto de independência estatística*" (Clark, 2002: 214).

As figuras 5.6 e 5.7 representam um desenho esquemático da distribuição dos transectos com as respectivas parcelas, em cada uma das áreas amostrais

Do ponto de vista dos **indicadores bióticos**, foram analisados:

- Densidade de plantas;

- Altura e DAP[10] de cada um dos indivíduos no interior da parcela;
- Mapeamento dos indivíduos adultos;
- Indicadores de degradação associados a cada parcela;
- Mapeamento de clareiras;
- Estoque de serapilheira acumulada;
- Peso Específico Foliar

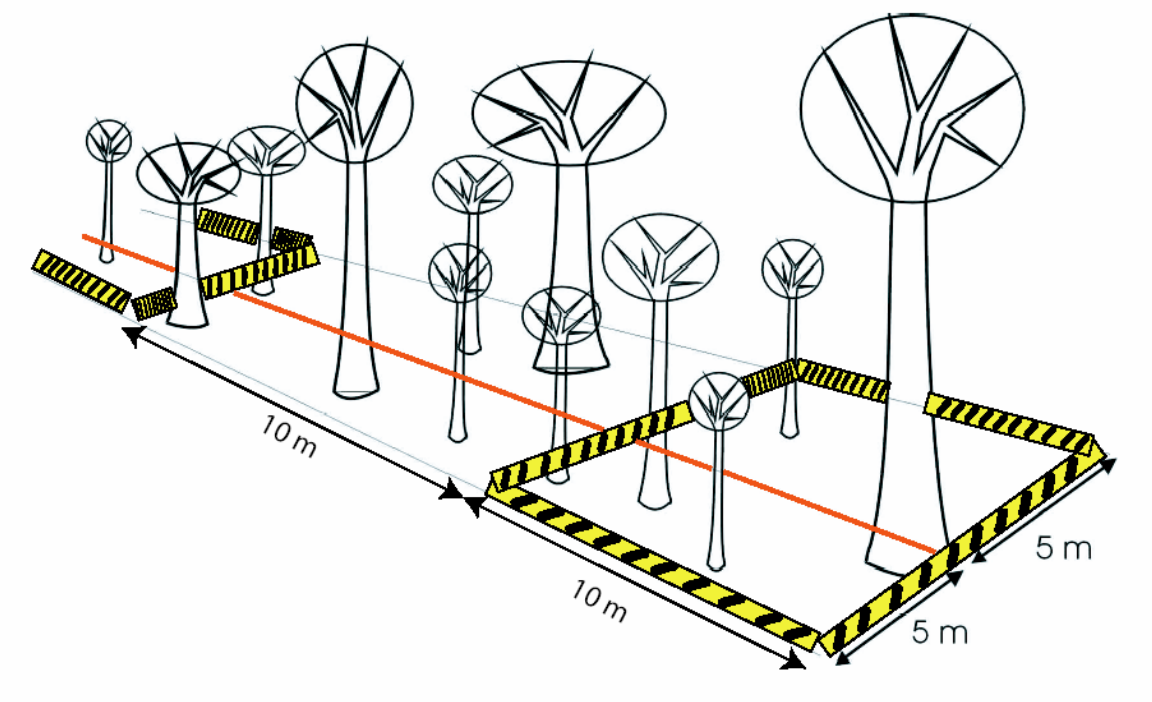


Figura 5.5- Esquema simplificado representando a forma de distribuição das parcelas de estudo ao longo dos transectos. Para cada transecto foram delimitadas 5 parcelas, separadas entre si por intervalos de 10m.
Fonte: Adaptado de CIDE (2000c)

Do ponto de vista dos **indicadores abióticos**, foram analisados:

- declividade e orientação da parcela
- temperatura do ar;

[10] Diâmetro à Altura do Peito

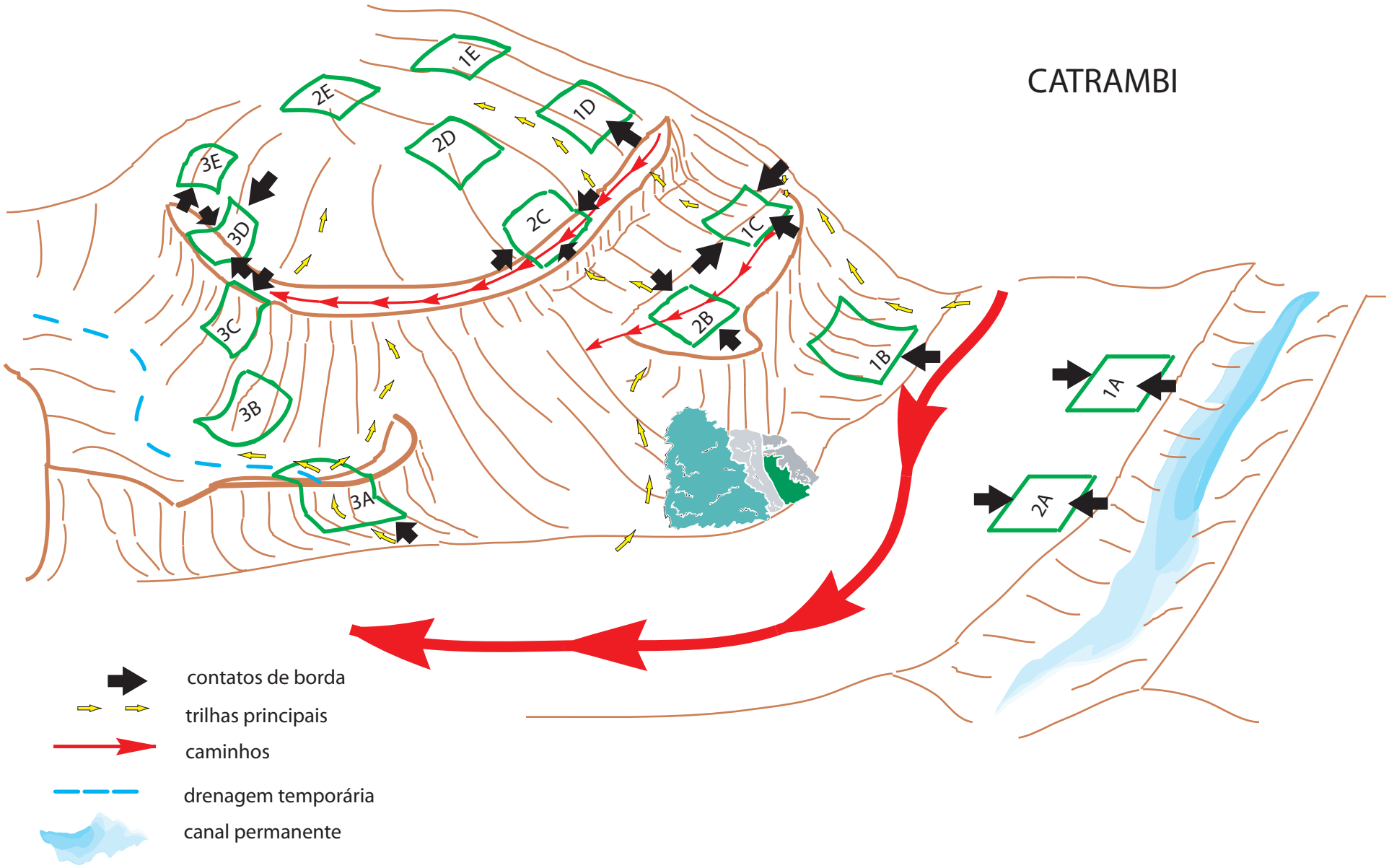


Figura 5.6- Desenho esquemático da distribuição dos transectos com as respectivas parcelas, na área amostral do Catrambi. Aparecem representados na figura, os principais elementos de perturbação interna deste geoecossistema, os caminhos e trilhas. Da mesma forma, aparecem representados pelas setas pretas, os planos de contato das parcelas com as áreas de borda, sejam elas internas ou externas.
OBS: Desenho fora de escala.

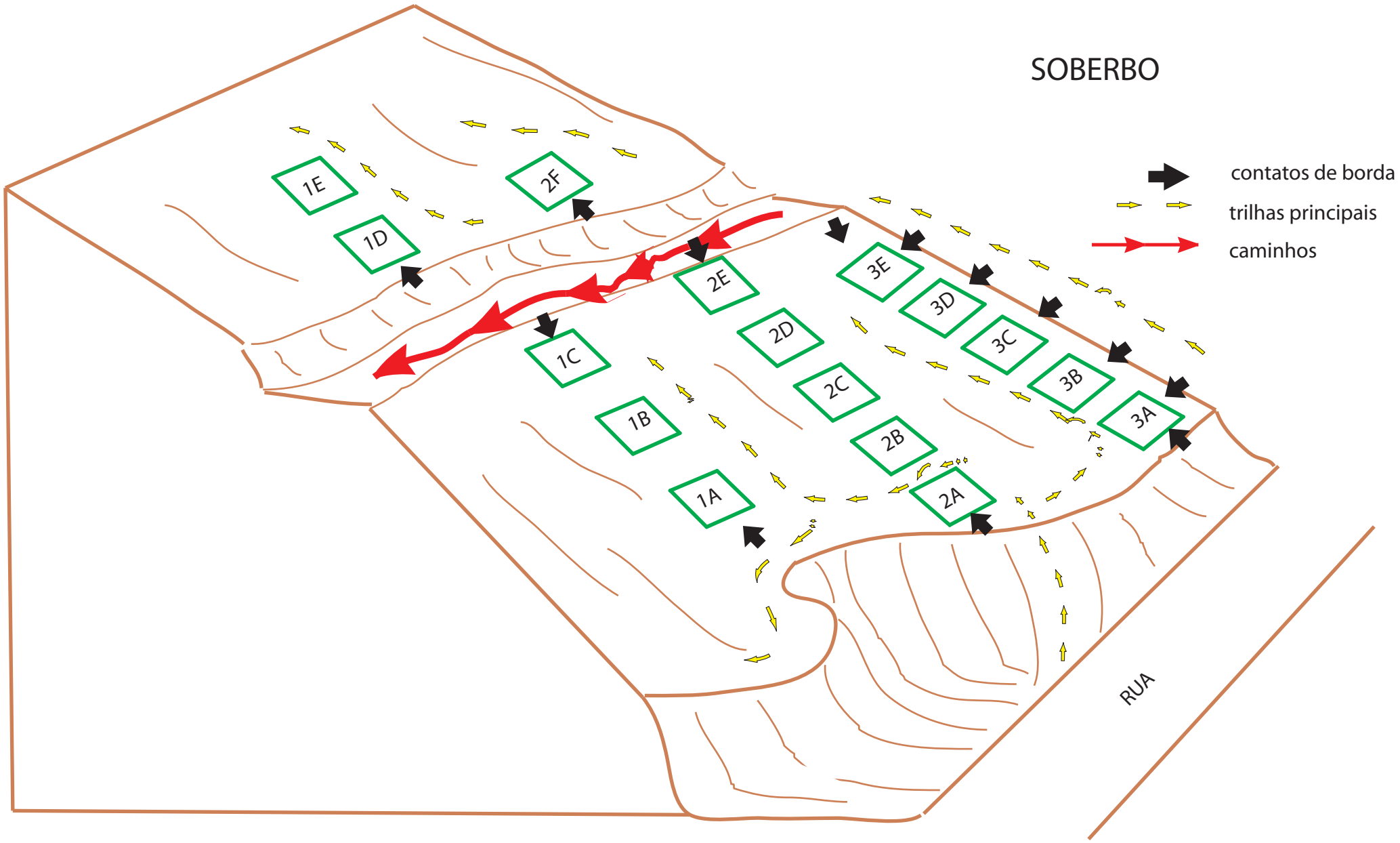


Figura 5.7- Desenho esquemático da distribuição dos transectos com as respectivas parcelas, na área amostral do Soberbo. Aparecem representados na figura, os principais elementos de perturbação interna deste geoecossistema, os caminhos e trilhas. Da mesma forma, aparecem representados pelas setas pretas, os planos de contato das parcelas com as áreas de borda, sejam elas internas ou externas.
OBS: Desenho fora de escala.

- temperatura no nível do solo (acima e abaixo da serapilheira);
- temperatura do solo (a cinco e dez centímetros de profundidade)
- intensidade de luz;
- velocidade do vento;
- umidade do solo;
- densidade aparente do solo e porosidade total no entorno dos caminhos que cortam os transectos;

5.3.1- levantamento dos indicadores bióticos

5.3.1.1- DENSIDADE, ALTURA E DAP

Elaborado o formulário para levantamento dos dados de estrutura (Anexo 2, Protocolo de Campo nº 1), foram amostrados todos os indivíduos arbóreos vivos, com perímetro do caule a 1,30m de altura do solo (PAP) igual ou superior a 8cm (DAP ± 2,5cm). Quando as árvores eram ramificadas abaixo de 1,30m de altura do solo, além do tronco principal, todos os demais troncos foram medidos na altura de 1,30m do solo. Se a árvore apresentasse raízes tabulares, a medição do seu perímetro era feita acima das suas expansões.

Esses procedimentos acompanham as especificações estabelecidas por Vuono (2002) para estudos de vegetação na Mata Atlântica. Segundo o autor, tais medidas obedecem a uma certa padronização mundial para áreas tropicais, sendo que o patamar de inclusão de 2,5 cm de DAP é apropriado para levantamentos em áreas de maior declividade ou perturbadas, já que nestas áreas há uma tendência de predomínio de indivíduos com menor espessura.

Além do mais, este critério de inclusão nos permitiu a comparação com outros estudos realizados no GEOHECO em outras áreas do Maciço da Tijuca (Zaú, 1994; GEOHECO-SMAC, 2000; Basile, 2004)

Palmeiras e fetos arborescentes com altura igual ou superior a 2m na altura do ponto de inserção das suas folhas, também foram computados.

Os indivíduos foram classificados segundo o critério sugerido por Melo (2000), considerando-se como **Bosque**, todos os indivíduos com PAP acima de 31 cm (aproximadamente 9,9cm de DAP) e como **Sub-bosque** todos os indivíduos compreendidos entre 8 e 31 cm de PAP (aproximadamente 2,5 e 9,9cm de DAP, respectivamente).

Todos os indivíduos adultos foram mapeados (Anexo 2, Protocolo de Campo nº 2), tendo por base um eixo cartesiano com ponto de origem (0,0) no canto inferior direito de cada parcela.

Todas as medidas foram tomadas com o auxílio da trena, sendo posteriormente os dados de PAP transformados em DAP[11] através da seguinte fórmula:

$D = \frac{P}{\pi}$ onde,

D= Diâmetro do indivíduo à altura de 1,30m do solo

P= Perímetro do indivíduo à altura de 1,30m do solo

π= Razão entre perímetro e diâmetro de uma circunferência ($\approx 3{,}1416$)

A altura dos indivíduos foi estimada a partir da comparação com uma vara de altura conhecida (Poggiani *et al*, 1996).

De posse dos dados de campo, foram calculadas em laboratório as seguintes variáveis:

- *diâmetro médio de cada parcela e freqüência de variação do DAP;*

- *coeficiente de variação dos diâmetros de cada parcela*, através da seguinte fórmula:

[11] Diâmetro à Altura do Peito.

$$cv = \frac{DP}{\chi} \times 100$$ onde,

cv= coeficiente de variação (em %)

DP= Desvio Padrão da parcela

χ = média do DAP dos indivíduos da parcela

- *Densidade total* (em número de indivíduos por hectare)

- *Área Basal* (em m^2/ha), representando a soma da área ocupada por cada indivíduo, calculada a partir da seguinte fórmula:

$$A = \pi\left(\frac{P}{2\pi}\right)^2$$ onde,

A= área basal do indivíduo (m^2)

P= perímetro

π= Razão entre perímetro e diâmetro de uma circunferência ($\approx 3{,}1416$)

- *Índice de Proporção* (o IP representa o grau de proporção entre as classes de estrutura de vegetação, sendo obtido pela divisão da área basal do Bosque pela área basal do Sub-bosque)

- *Cálculo de Biomassa* (em toneladas), realizado com base na equação alométrica utilizada por Tanizaki (2000)[12] para a avaliação dos remanescentes florestais da Mata Atlântica no Rio de Janeiro:

[12] Tendo em vista que o cálculo de biomassa representa apenas uma estimativa baseada em um modelo matemático, uma breve revisão na literatura permite ter-se uma idéia do grande número de equações disponíveis para este cálculo, com resultados bastante diferenciados. Araújo *et al* (1998) compararam o resultado de quatorze equações alométricas empregadas na região amazônica, obtendo índices bastante contrastantes de biomassa. A opção pela equação utilizada por Tanizaki (2000) se deve à sua facilidade de uso (uma vez que a maior parte das demais equações pesquisadas

$$BVAS = 2.718^{(-2.5202+2.14*LN(DAP)+0.4644*LN(H))}$$ onde,

BVAS= Biomassa Viva Acima do Solo

DAP= Diâmetro à Altura do Peito

H= altura do indivíduo

- *Estoque de Carbono na parcela* (calculado, segundo Tanizaki-2000, como 50% do valor de BVAS, e apresentado em ton/ha)

5.3.1.2- INDICADORES DE DEGRADAÇÃO

A análise dos indicadores de degradação (Anexo 2, Protocolo de Campo nº 3) constou de uma avaliação de 18 indicadores, aperfeiçoados a partir dos sucessivos protocolos de campo gerados nas pesquisas desenvolvidas no GEOHECO.

Estes indicadores têm por objetivo identificar sinais visíveis de perturbação ao sistema natural, seja no componente biótico (espécies ruderais, condição da serapilheira, árvores mortas, etc.) seja nas ações antrópicas que se processam na paisagem florestal (trilhas, corte seletivo, fogo, etc.).

Este protocolo foi aplicado a cada uma das parcelas estudadas, sendo que os dados posteriormente foram sistematizados e agrupados em laboratório.

5.3.1.3- MAPEAMENTO DE CLAREIRAS

---

envolve índices de densidade da madeira) e por já ter sido utilizada com sucesso na análise da biomassa dos remanescentes florestais do Estado do Rio de Janeiro (CIDE, 2000c).

Considerando que as clareiras desempenham um papel fundamental na regulação dos processos biológicos e hidrológicos que se processam no interior da floresta, a identificação e quantificação destas clareiras permitem uma compreensão mais aprofundada acerca da entrada de energia e matéria no sistema, bem como do papel destas entradas no desencadeamento dos processos geobiofísicos.

O mapeamento da área de cobertura de copas (e, conseqüentemente, de clareiras) é feito normalmente a partir de dois métodos:

- *Mapeamento em campo*. Por este método, mede-se de forma direta a projeção dos eixos ortogonais da copa de cada um dos indivíduos na parcela; posteriormente, para cada uma das copas, é traçado um elipsóide ligando os pontos. A principal vantagem deste método é a capacidade de se visualizar com relativa facilidade as sobreposições de copa. As desvantagens ficam por conta do método mais trabalhoso e da imprecisão no traçado dos elipsóides no que se refere às clareiras internas à área da copa.

- *Fotografia hemisférica*. A maior precisão deste método fica por conta do registro fotográfico da cobertura de copas (com o uso de uma lente hemisférica), a partir do qual é possível evidenciar com clareza todos os pontos "abertos" na área de copa. A desvantagem do método refere-se ao custo da lente hemisférica e a dificuldade de visualização clara da sobreposição de copas.

Na presente pesquisa, buscou-se um método intermediário que possibilitasse a conjunção dos pontos positivos dos dois métodos anteriores. Dessa forma, o mapeamento das áreas de copas foi realizado a partir da interpretação de fotografias digitais tomadas na posição vertical, a uma altura de 1,5m do solo (figura 5.8).

Para facilitar o levantamento de campo, tendo em vista o fato de que os resultados seriam usados apenas como um apoio à interpretação

dos dados de estrutura da vegetação, optou-se por eliminar a sobreposição longitudinal do imageamento, mantendo-se integral apenas a sobreposição latitudinal a partir do eixo médio da parcela. Dessa forma, para fins de identificação da proporção de clareiras sobre o total de área de copas, a parcela ficou reduzida a um tamanho de 5m de largura por 10m de comprimento.

As fotos foram tiradas com uma câmera digital Pentax (Optio 30) de 3.2 megapixel de resolução, no formato colorido. Posteriormente, em laboratório, as fotos foram convertidas para o formato de escala de cinza (256 níveis) através do programa Photoshop (versão 7.0), sendo o mosaico elaborado com uma sobreposição média (latitudinal) de 20% .

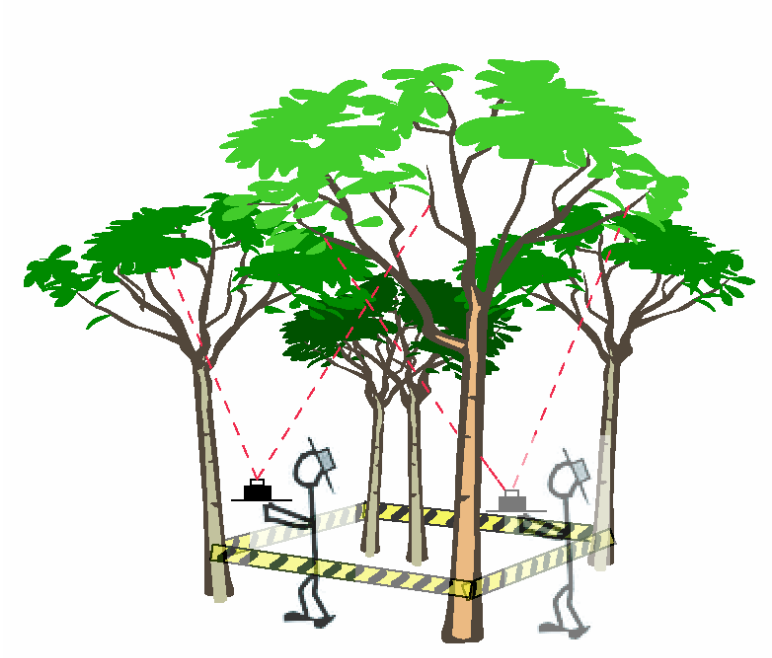


Figura 5.8- Esquema de representação da captura de imagens de copa para fins de identificação e quantificação da proporção de clareiras.

Após a elaboração do mosaico de cada parcela, duas análises foram procedidas:

1ª) avaliação do grau de cobertura de copas, com vistas a estimar o percentual de fluxo de atravessamento na parcela. Para isso, analisou-se o histograma de cada imagem, dividindo-o em três classes, segundo o nível de refletância da luz (figura 5.9). Todos os pixels com tonalidade de cinza entre 1 e 100 (que aparecem na imagem como variações de intensidade do preto) foram considerados como áreas de **alta interceptação**, tendo em vista que são zonas com sobreposição de duas ou mais copas e/ou alta densidade de folhagem, o que se traduz em alta capacidade de refletância da luz e grande poder de interceptação da água da chuva.

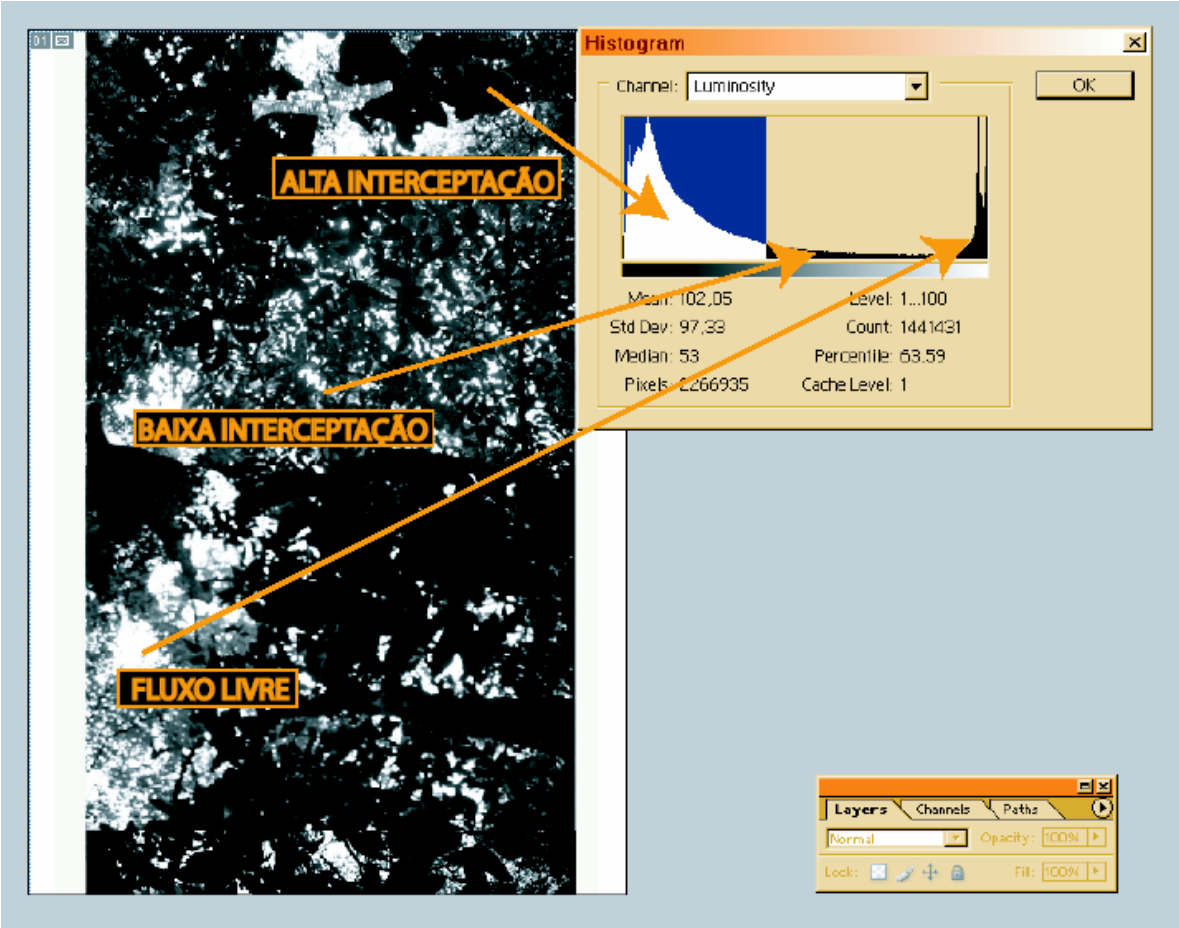


Figura 5.9- Mosaico das imagens de copa da parcela 1b da área do Soberbo, com o respectivo histograma. As setas indicam as tonalidades de cinza (sobre 255 níveis) que correspondem a cada uma das regiões do histograma.

Todos os pixels com tonalidade entre 101 e 240 (correspondendo, na imagem, às variações de intensidade de cinza) foram classificados como áreas de **baixa interceptação**, já que são regiões cobertas por uma única copa ou são áreas onde a disposição das copas não obedece plenamente ao plano horizontal, permitindo a penetração de maior intensidade de luz e, conseqüentemente, também de água da chuva.

Por fim, todos os pixels com tonalidade de cinza acima de 240, foram considerados como áreas de **fluxo livre**[13], já que não apresentam nenhum plano de folhagem que impeça a penetração da luz e da água da chuva.

Assim, para cada mosaico, foi registrada a quantidade de pixels pertencentes a cada uma das categorias, calculando-se, posteriormente, a participação percentual de cada classe.

2ª) Classificação e quantificação das clareiras presentes em cada parcela. Após uma análise de todos os mosaicos, foi possível identificar que as clareiras presentes em cada parcela poderiam se classificadas em três categorias (figura 5.10): **Clareiras grandes** (com área total superior a 1m^2), **Clareiras médias** (com área total variando entre 0,51 e 1 m^2) e **Clareiras pequenas** (com área total entre 0,1 e 0,5 m^2).

Na etapa seguinte foi calculada a proporção de cada um dos tamanhos de clareira em cada parcela.

5.3.1.4- SERAPILHEIRA ACUMULADA

[13] Os pixels verdadeiramente sem obstrução ao atravessamento da luz e da água (áreas brancas da imagem) deveriam apresentar uma tonalidade de 255. Todavia, considerando a existência de poeiras na atmosfera e a projeção de sombras laterais, optou-se, após uma exaustiva análise de todas as imagens, por considerar como "brancos" todos os pixels com tonalidade entre 241 e 255.

A coleta de serapilheira acumulada foi realizada em um quadrado de 50 x 50 cm (figura 5.11), sendo amostrados três pontos (escolhidos aleatoriamente e respeitando a variabilidade topográfica da área) para cada parcela.

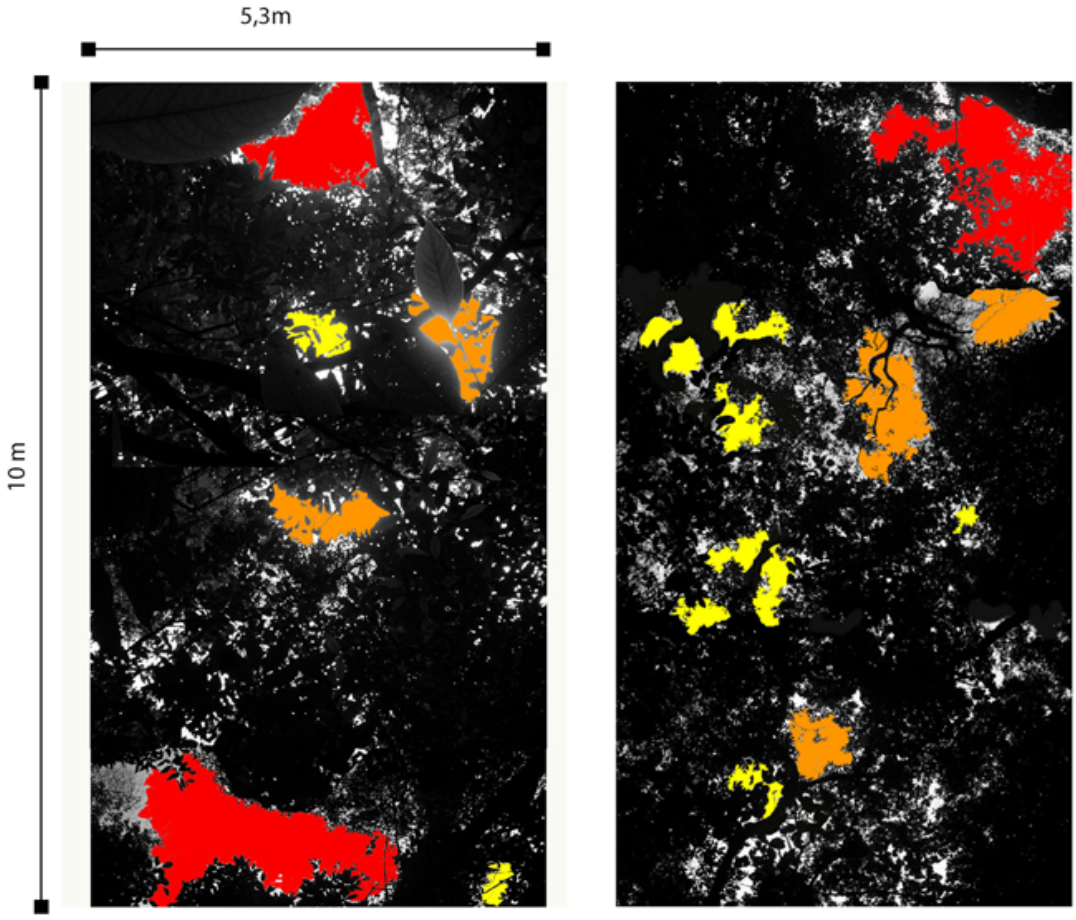


Figura 5.10- Fotografias das copas das parcelas 3a da área amostral do Catrambi (à esquerda) e do Soberbo (à direita), com destaque para os três tipos de clareiras identificados : Grandes Clareiras (em vermelho), Clareiras Médias (em laranja) e Pequenas clareiras (em amarelo)

Por uma questão operacional, não foi possível realizar a coleta de três amostras em cada uma das 31 parcelas em um único dia. Assim, optou-se por realizar a coleta das três amostras de dois transectos por vez (um de cada uma das áreas amostrais)[14]. Dessa forma, tendo em vista a

[14] Porém, todo o universo amostral foi coletado no período entre o inverno e a primavera de 2004, a fim de minimizar o efeito das alterações fenológicas na composição da serapilheira.

variabilidade natural das condições de umidade do ambiente, não foi possível comparar a retenção de umidade entre os três transectos de cada área amostral, já que a coleta de cada um dos transectos foi realizada em dias diferentes e sob condições de umidade antecedente também diferentes.

Na análise dos resultados, a comparação da retenção de umidade na serapilheira só foi possível de ser feita entre as parcelas de um mesmo transecto, ou entre transectos coletados no mesmo dia.

Para compensar esta dificuldade operacional foram coletadas, para cada área de pesquisa, quatro amostras estruturadas de serapilheira (sendo duas na borda - parcelas A, e duas para o interior – parcelas E), com vistas a estabelecer uma curva média de perda de umidade para cada uma das áreas de pesquisa. Para tanto, as amostras, depois de coletadas, foram secadas em temperatura ambiente, sendo pesadas[15] diariamente, até a estabilização dos valores.



Figura 5.11- Foto do quadrado de coleta de serapilheira, contendo 50 cm de lado.

[15] Todas as pesagens realizadas em laboratório utilizaram uma balança eletrônica de marca Bel, com precisão de ± 0,05g.

As demais amostras trazidas para o laboratório, foram pesadas para que se obtivesse o peso úmido, e secadas em estufa à temperatura de 105°C até que adquirissem peso constante, a fim de extrair todo o conteúdo de umidade.

Após saírem da estufa, as amostras foram novamente pesadas, e este valor subtraído do peso úmido, obtendo-se assim, o teor de umidade de cada amostra.

Com as amostras secas, realizou-se a triagem da serapilheira, classificando os materiais em seis categorias distintas:

- folha inteira;

- folha fragmentada;

- galhos (segundo a recomendação de Proctor (*apud* Oliveira, 1987), apenas aqueles com diâmetro ≤ 2 cm);

- material reprodutivo (flores, frutos e/ou sementes);

- material fino (material não retido na peneira de 2mm);

- resíduos (fragmentos de rocha, raízes, animais mortos, etc.).

Após a triagem, cada um dos componentes da serapilheira foi pesado, sendo descontado o peso da bandeja.

Para efeitos de análise, considerou-se para cada parcela, a média das três amostras coletadas.

5.3.1.5- PESO ESPECÍFICO FOLIAR

O peso específico foliar (P.E.F.) refere-se ao peso médio das folhas de cada parcela, o qual, por sua vez, reflete o grau de esclerofilia[16] do componente foliar da serapilheira. Este indicador foi utilizado como complemento à análise da estrutura da serapilheira, uma vez que o

[16] A esclerofilia corresponde a uma defesa da planta contra a perda de água e/ou nutrientes em ambientes perturbados, e se traduz por um incremento de parede celular e tecidos esclerificados, proporcionando um aspecto duro e coriácio às folhas (Turner, 1994).

aumento do "P.E.F.", decorrente dos processos adaptativos às condições adversas do meio, resulta em uma maior resistência ao processo de decomposição, levando a um retardamento na ciclagem dos nutrientes.

Para o cálculo do P.E.F., com a serapilheira ainda úmida, foi selecionado de cada parcela, um conjunto de folhas que ainda não apresentassem sinais expressivos de decomposição. Procurou-se, nesta seleção, abarcar a maior variedade possível de folhas presentes à parcela.

Feita a seleção das folhas, foi extraída de cada uma delas uma amostra circular de área conhecida (figura 5.12), usando um pequeno cilindro metálico de bordas afiadas.

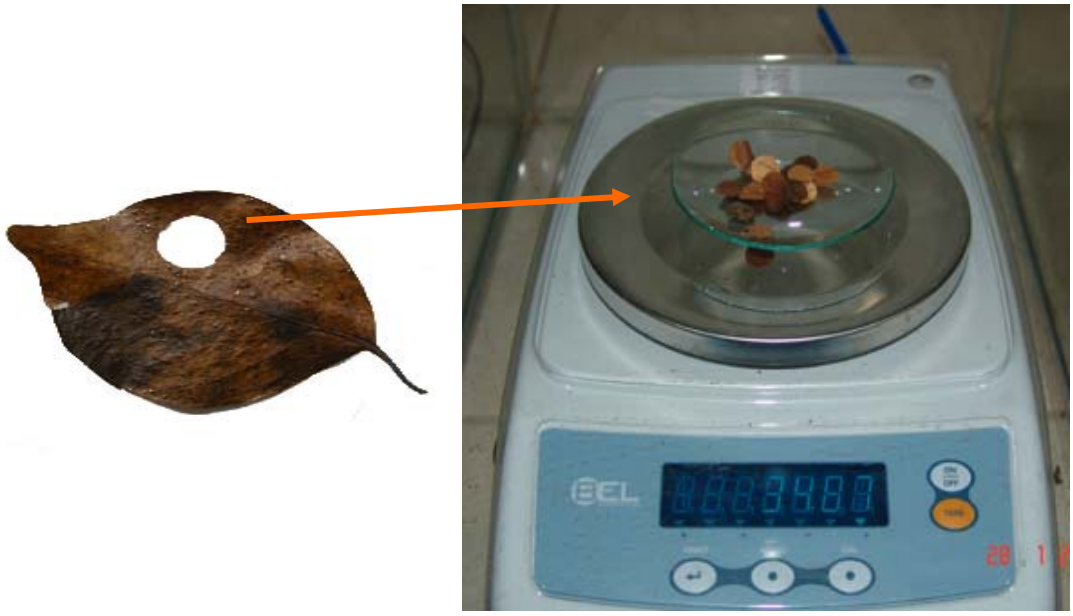


Figura 5.12- A montagem fotográfica retrata um exemplar de folha da qual já foi extraída a amostra para o cálculo do Peso Específico Foliar, além do conjunto de amostras de uma parcela sendo pesado.

Para cada parcela, procurou-se coletar um conjunto de aproximadamente 20 amostras, as quais ficaram na estufa por 24 horas, a 60°C, para unificação do teor de umidade. Após este período, as

amostras foram pesadas e o P.E.F. determinado a partir da média de peso das amostras de cada parcela (em g/cm^2).

5.3.2- levantamento dos indicadores abióticos

5.3.2.1- DECLIVIDADE E ORIENTAÇÃO DA PARCELA

Com a finalidade de traçar perfis de campo para cada um dos transectos estudados, foi feito o levantamento da declividade[17] e orientação de cada parcela, através do uso de trena e bússola.

Os perfis resultantes não apresentam exagero vertical, porém a escala horizontal precisou sofrer uma pequena redução a fim de garantir a sua representação em tamanho A4.

5.3.2.2- UMIDADE DO SOLO E PERCENTUAL DE AGREGADOS

Nos mesmos pontos onde foi feita a coleta de serapilheira (três pontos por parcela), também foi feita a coleta de amostra de solo (primeiros 10 cm), com vistas a determinar o teor de umidade e o percentual de agregados.

Em laboratório as amostras foram quartiadas, sendo que uma das partes foi colocada em lata de alumínio, pesada e secada em estufa a 105ºC, sendo novamente pesada a cada 24 horas até que obtivesse peso constante. A umidade do solo foi obtida a partir da diferença entre o peso úmido e o peso seco.

Já para o cálculo do percentual de agregados, utilizou-se o método por via seca, tal como descrito pela EMBRAPA (1997):

---

[17] No caso das parcelas com variações topográficas internas, adotou-se a declividade predominante ou, quando necessário, dividiu-se o eixo da parcela em segmentos orientados pelas rupturas de declive.

- as amostras de solo foram secadas ao ar, até que apresentassem peso constante;

- retirou-se 100g de cada amostra para colocar na parte superior de um jogo de 5 peneiras com 20 cm de diâmetro, de 4 – 2 – 1 – 0,5 e 0,25 mm de malha.

- o jogo de peneiras foi colocado em um agitador mecânico (figura 5.13), mantido ligado por um período de 15 minutos;

- os agregados retidos em cada peneira foram transferidos para latas de alumínio numeradas e de peso conhecido;

- as latas foram transferidas para a estufa a 105°C e o seu peso determinado;

- outra amostra de 100g, não peneirada, foi levada à estufa e seu peso medido a 105°C;

- o cálculo da participação percentual de cada classe de tamanho de agregados, foi definida com base no seguinte cálculo:



Figura 5.13- Foto do jogo de peneiras no agitador mecânico, para separação das classes de tamanho de agregados.

$$TA = 100\left(\frac{pa}{pA}\right)$$ onde,

TA= teor de agregados

pa= peso dos agregados a 105°C

pA= peso da amostra a 105°C

5.3.2.3- DENSIDADE APARENTE E POROSIDADE TOTAL

Foram selecionados nove pontos amostrais para cada um dos quatro caminhos[18] (3 no Catrambi e 1 no Soberbo) que cortam os transectos nas áreas pesquisadas, sendo três pontos no eixo principal do caminho e três em cada um dos lados.

A metodologia de coleta e tratamento dos dados para o cálculo de densidade aparente e porosidade total, seguiu o roteiro sugerido pela EMBRAPA (1997):

- as amostras de solo foram coletadas com estrutura indeformada, através do uso de anéis de Kopecky, com volume conhecido (figura 5.14);

- em laboratório, as amostras foram transferidas para bandejas de alumínio, mantidas em condição de saturação por 36 horas;

- após a saturação, as amostras foram pesadas e colocadas em estufa a 105°C, até obterem peso constante.



Figura 5.14- Foto das diferentes etapas de procedimento para a realização dos cálculos de densidade aparente e de porosidade total. Da esquerda para a direita: Extrator de amostras indeformadas de solo; utilização do extrator em campo, para a coleta de amostras; amostras no laboratório, em processo de saturação.

[18] Considerando que a finalidade do cálculo de densidade aparente do solo foi a de medir o nível de compactação do solo promovido pela circulação de pessoas no interior da borda florestal, optou-se por realizar o levantamento de dados apenas ao longo dos caminhos identificados, e não nas parcelas.

- os indicadores de densidade aparente e porosidade total foram calculados com as seguintes fórmulas:

$DA = \frac{pA}{v}$ onde:

DA= Densidade Aparente (em g/cm^3)

pA= peso da amostra seca a 105°C

v= volume do anel de Kopecky (104, 07cm^3) e,

$PT = \frac{pA \times 100}{pAs}$ onde:

PT= Porosidade Total (em % de poros)

pA= peso da amostra seca a 105°C

pAs= peso da amostra saturada

5.3.2.4- VARIÁVEIS MICROCLIMATOLÓGICAS

No que se refere aos dados de microclimatologia, o objetivo dos levantamentos foi o de estabelecer uma análise das variações que se processam ao longo dos transectos borda-centro, incluindo aí o papel das "bordas internas" na modificação dos parâmetros estudados.

Para tanto, procedeu-se a dois tipos de levantamentos:

1°) LEVANTAMENTO DOS PERFIS CONTÍNUOS: para estes levantamentos, foram estabelecidos, para cada transecto, 42 pontos de coleta de dados, visando obter a maior representatividade possível das variações microclimáticas internas à borda florestal. Dentre estes pontos, foram considerados 3 medidas para a área não florestal (distando 5m da linha de borda) e 39 para a área florestal, distribuídos ao longo do perfil borda-centro, tal como aparece representado na figura 5.15.

Dada a dificuldade de mobilização de uma grande equipe de campo, optou-se por realizar, para cada transecto, uma coleta de dados

no verão e uma no inverno, procurando-se minimizar o máximo possível às variabilidades da circulação atmosférica regional, através da escolha do mesmo tipo de tempo para a realização dos levantamentos.

Em cada levantamento, as medidas foram feitas em intervalos de duas horas, durante um período total de aproximadamente 10 horas (procurou-se iniciar a primeira leitura às 7h, e a última às 17h), a fim de aproveitar o maior intervalo possível de incidência de luz.

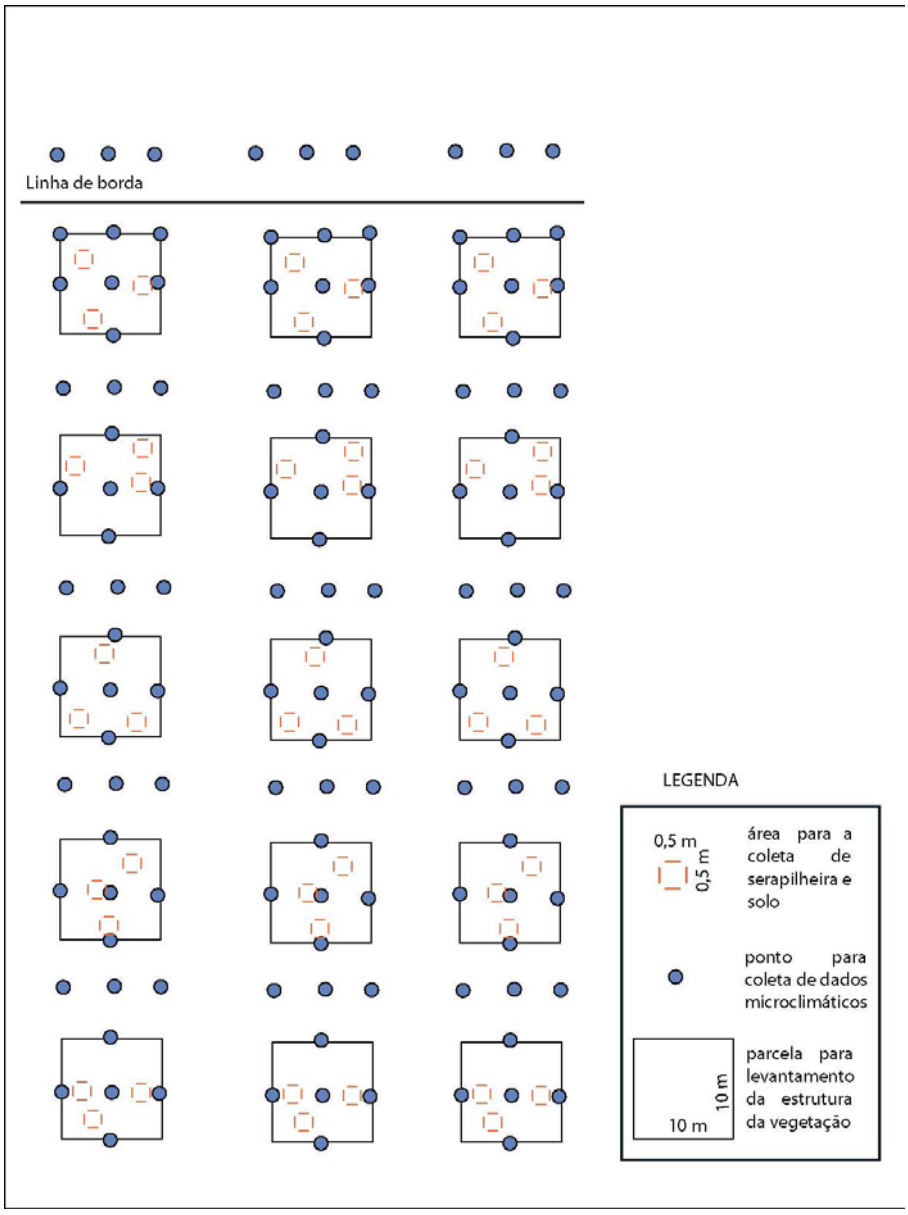


Figura 5.15- Esquema de distribuição dos pontos de coleta de dados de microclima (fixos) e serapilheira (aleatórios) para os três transectos de cada uma das áreas pesquisadas.

Em laboratório cada uma das variáveis sofreu interpolação com o auxílio do programa Surfer (Versão 7.0), sendo que os dados de temperatura foram corrigidos anteriormente, segundo a escala de calibração adotada.

Em cada ponto, foram coletados os seguintes dados:

a- Temperatura do ar

Os aparelhos usados para essa medição foram termômetros digitais Gulterm 180, com 0,1°C de resolução (figura 5.16), calibrados na estação de Agrometeorologia do Departamento de Meteorologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro por Montezuma (2005).



Figura 5.16- Fotografia de um dos termômetros digitais utilizados na pesquisa

Tendo em vista os resultados preliminares de Montezuma (*op.cit.*), que demonstraram a existência de um padrão relativamente homogêneo no comportamento da temperatura entre 1,5 e 3m acima do solo[19], optou-se pela medição da temperatura do ar a 1,5m de altura, procurando-se manter uma distância mínima de 30cm em relação às árvores mais próximas. A leitura era feita de forma direta, logo após a estabilização do aparelho, sendo os dados registrados em formulário próprio (Anexo 2, Protocolo nº 4).

[19] Característica essa já bem documentada por Geiger (1980), para as áreas de floresta temperada.

b- Temperatura da Serapilheira e do Solo

Simultaneamente e nos mesmos locais e que foi feita à coleta dos dados de temperatura do ar, coletou-se os dados de temperatura abaixo (no contato entre a serapilheira e o solo) e acima da serapilheira (o termômetro foi colocado no plano horizontal), além da temperatura do solo, a 5 e 10cm de profundidade (o sensor foi introduzido no plano vertical, buscando-se evitar o contato com raízes ou quaisquer outros fragmentos existentes no solo).



Figura 5.17- Fotografia do Luxímetro digital utilizado para o levantamento dos dados de luminosidade incidente

c- Luminosidade

O levantamento do grau de intensidade de luz incidente no transecto foi feito por meio de um Luxímetro Digital da marca Unity (código 6404), com 5% de precisão (figura 5.17) e os dados registrados na unidade de "lux".

Procurou-se coletar os dados de luminosidade nos mesmos pontos e horários em que foram coletados os dados de temperatura, sendo que o seu registro também foi feito em formulário próprio (Anexo 2, protocolo nº 5) e a interpolação obtida por meio do uso do programa Surfer (versão 7.0).

d- Intensidade do Vento

Os dados de intensidade do vento foram coletados com um anemômetro digital da marca Unity (código 0207), com precisão de 3%, sendo os dados expressos em $m.s^{-1}$ (figura 5.18).



Figura 5.18- Fotografia do anemômetro digital utilizado para levantamento dos dados de vento.

Na coleta de verão se procedeu ao registro do vento paralelo à direção do transecto, incidente nos mesmos pontos onde foram levantadas as demais variáveis. No entanto, em diversos momentos foi possível notar que apesar da inexistência de vento na direção medida, havia uma circulação razoável na direção perpendicular ao transecto, que não era registrada. Já para a coleta de inverno, tratou-se de corrigir esta deficiência, registrando, para cada ponto, a velocidade do vento incidente tanto na direção paralela quanto na transversal ao transecto.

Com isso, foi possível observar nitidamente uma mudança na direção preferencial do vento, a medida em que a mudança na intensidade da radiação ao longo das horas do dia ia condicionando um deslocamento dos núcleos de calor no sistema pesquisado.

2º) DETALHAMENTO DAS "BORDAS INTERNAS" :

Embora a coleta de dados ao longo dos transectos tenha permitido uma visualização bastante clara do comportamento médio das variáveis microclimáticas entre uma parcela e outra, ou entre a borda e o interior do perfil, a influência das "bordas internas" decorrentes dos caminhos existentes, não foi possível de ser definida com exatidão nestes primeiros levantamentos, dado o fato de que os pontos de coleta nem sempre coincidiam com os limites destas bordas. Assim, a interpolação posterior

dos dados acabou, em alguns casos, mascarando o efeito destas clareiras internas.

Para resolver isso, optou-se por realizar uma coleta específica para estas áreas, o que nos permitiu uma melhor localização e adensamento dos pontos. Todavia, por uma questão logística, só foi possível realizar um levantamento (de verão) para cada um dos quatro caminhos identificados (1 no soberbo e 3 no Catrambi).

Da mesma forma que no levantamento dos dados de Densidade Aparente e Porosidade Total, trabalhou-se com nove pontos de coleta para cada caminho (3 no eixo principal e três na área florestada contígua a cada uma das bordas).

Para estes levantamentos, foram coletados dados de temperatura (a 1,5m e no piso do caminho ou topo da serapilheira), luminosidade e vento. Os dados foram registrados em formulário próprio e, posteriormente, em laboratório, interpolados com o auxílio do programa Surfer (versão 7.0).

CAPÍTULO 6

APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

"To every complex problem, there is a simple solution.
And it is wrong"
(H.L. Mencken)

Seguindo a seqüência utilizada na descrição da metodologia, os resultados obtidos nesta pesquisa serão apresentados e discutidos segundo a hierarquia das escalas de análise já referida anteriormente.

6.1- ANÁLISE DA VARIABILIDADE PLUVIOMÉTRICA NO MACIÇO DA TIJUCA

6.1.1- variação dos totais pluviométricos anuais

Apesar da alta precipitação anual registrada na Estação Capela Mayrink (com média anual de 2076mm), típica do clima tropical, a análise da distribuição das chuvas nesta Estação, demonstra claramente uma tendência de diminuição do total anual (figura 6.1).

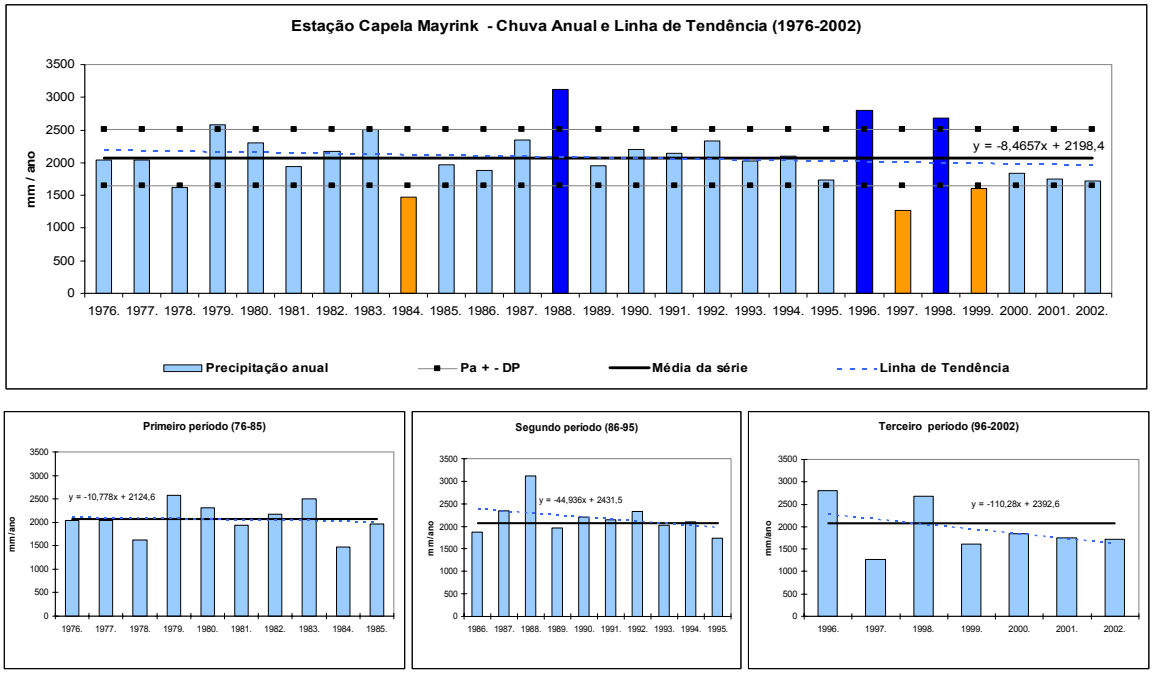


Figura 6.1- Gráficos de precipitação anual na Estação Capela Mayrink, com as respectivas linhas de tendência[1]. As colunas de azul escuro, demarcam os 3 anos mais chuvosos, enquanto que as colunas amarelas demarcam os 3 anos mais secos.

Uma análise geral dos 27 anos de registro de chuvas diárias permite identificar uma leve alternância entre períodos mais secos e mais úmidos;

[1] Na conferência dos resultados encontrados, apenas os dados do segundo e terceiro períodos demonstraram alguma correlação (r = 0,36 e 0,42, respectivamente), embora nenhuma delas tenha sido estatisticamente significante.

porém a análise individualizada de cada período revela uma clara tendência de declínio dos totais anuais, acentuando-se no último período[2], fato este que condiciona o ângulo de queda da reta de regressão.

Como conseqüência desse processo, dois dos três anos mais secos de toda a série aparecem sinalizados no último período (1997 e 1999).

No que se refere à análise das séries de dados mais curtas, todas as cinco Estações trabalhadas apresentaram tendência de queda dos totais anuais (figura 6.2), acompanhando os dados da Capela Mayrink, embora

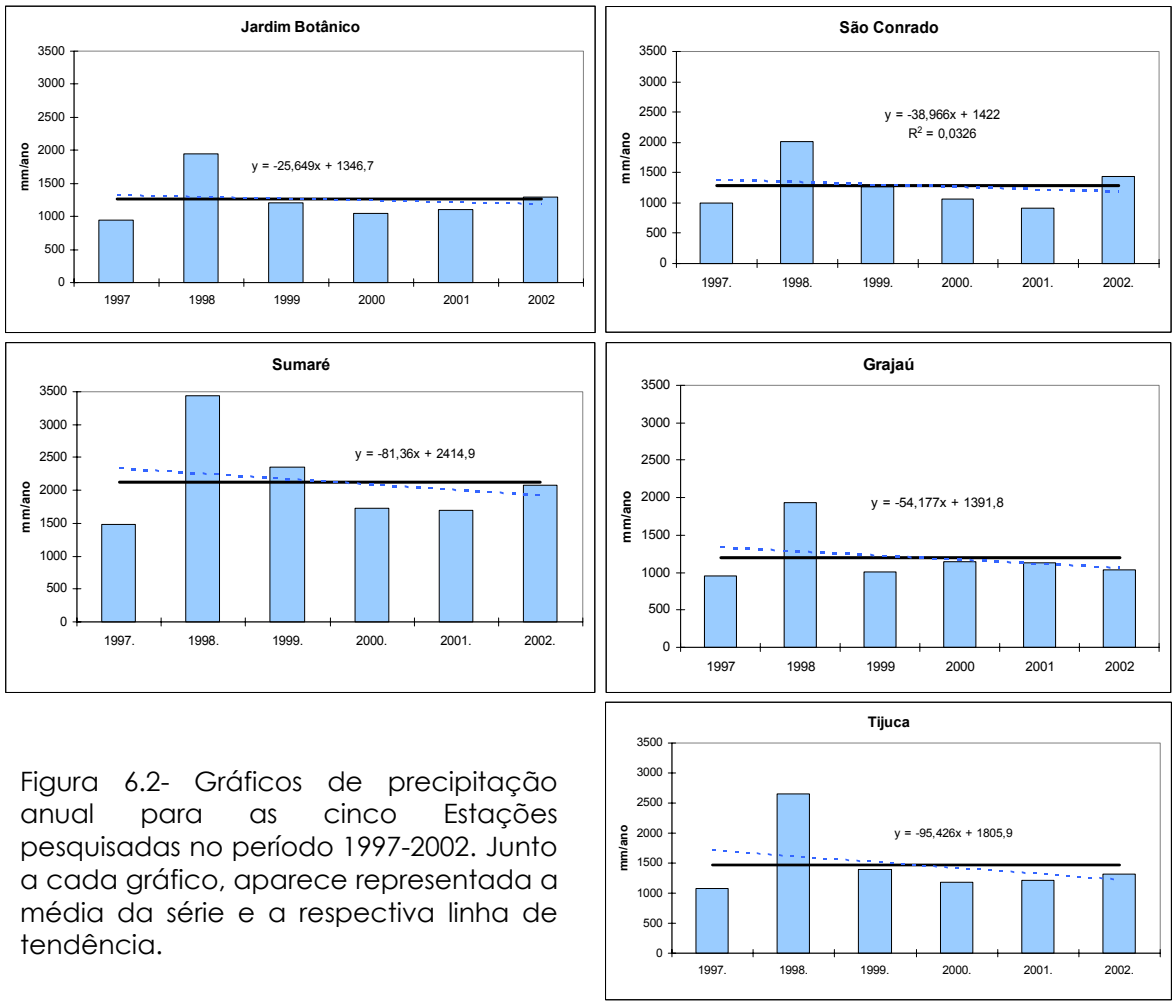


Figura 6.2- Gráficos de precipitação anual para as cinco Estações pesquisadas no período 1997-2002. Junto a cada gráfico, aparece representada a média da série e a respectiva linha de tendência.

[2] Mesmo dotando a pesquisa de um certo "casuísmo estatístico", optou-se por trabalhar com as décadas "quebradas", a fim de incluir o maior número de dados possível, sem ter que excluir o período 1976-1980 e 2000-2002. Dessa forma, toda a análise decenal realizada teve como referência duas décadas completas (1976 – 1985 e 1986 – 1995) e uma década incompleta, de sete anos (1996-2002).

os resultados encontrados não possam ser considerados estatisticamente significativos .

Diferentemente das regiões pouco urbanizadas, onde o decréscimo das precipitações anuais pode estar associado à redução da evapotranspiração decorrente da perda de extensas áreas florestais nas últimas décadas[3] (Cavalier e Vargas, 2002), nas grandes áreas urbanas há uma expectativa de grande parte da literatura, de que uma acelerada expansão urbano-industrial esteja associada a um aumento nos níveis de precipitação local (Drew, 1986). Isso devido ao aumento dos núcleos de condensação e da turbulência eólica gerada no atrito com as edificações (Goldreich, 1985).

Para a presente pesquisa, no entanto, a queda na inclinação da reta de tendência em todas as Estações analisadas[4] (sendo algumas bastante significativas, como Tijuca, com uma queda de 5,28% na reta de tendência ao longo da série, e São Conrado, com queda de 6,99%) parece, em um primeiro momento, apontar em direção oposta.

A hipótese inicial, posteriormente confirmada pela análise comparativa da distribuição mensal das classes de chuva ao longo da série, é de que os eventos de precipitação fraca a moderada (responsáveis pelo maior volume precipitado anualmente), produzidos pela dinâmica atmosférica local, estão sofrendo uma redução significativa, em função do aumento dos eventos de alta magnitude, desencadeados por modificações na circulação regional. Ressalva-se

---

3 Para Nepstad (1994), em grandes áreas florestadas, a substituição das florestas por campos reduz significativamente a superfície foliar durante os meses mais secos, diminuindo a transferência de água para a atmosfera e, conseqüentemente, reduzindo a participação das chuvas convectivas no balanço hidrológico local (Bosch e Hewlett, 1982). Estudos de modelagem atmosférica na região amazônica realizados por Nobre (1992) demonstram que, para uma célula de 2,8° de longitude por 1,8° de latitude, a substituição de floresta por pastagens, resultaria em um aquecimento médio de 1 a 3°C à superfície, e numa redução de 400 a 800mm de chuva por ano.

4 Estes resultados se aproximariam das tendências sinalizadas por outros autores, tanto para regiões tropicais (Ângelo, 2003; Walsh, 1996) quanto para regiões extratropicais (De Luís et al, 2001).

aqui, no entanto, aquela parcela dos eventos de baixa intensidade que têm a sua origem associada a mecanismos pós-frontais, tal como se verá adiante. Para estes, a intensificação dos eventos de frontogênese poderá significar, também, aumento da sua freqüência, em condições atmosféricas específicas, como é o que ocorre nos meses de fevereiro dos anos chuvosos.

Tal fato reforça ainda mais a idéia de que as variabilidades pluviométricas locais estão refletindo mudanças da dinâmica atmosférica regional ou global (Lindner, 1997). Este comportamento já havia sido anteriormente apontado por Meis *et al* (1981) e, mais recentemente, por Figueiró e Coelho Netto (2004), na comparação entre perfis pluviométricos em diferentes escalas no Estado do Rio de Janeiro.

6.1.2- Freqüência de dias secos

Uma primeira análise acerca dos períodos interpluviais, envolveu o cálculo de freqüência do número de dias secos por ano, ao longo de cada série de dados, a fim de confirmar (ou abrir outras possibilidades de análise) a tendência de redução dos totais anuais identificada na etapa anterior.

Tal como era previsto, os resultados para a série da Estação Capela Mayrink demonstraram uma tendência de aumento anual do período seco (figura 6.3), embora a comparação entre os três períodos de tempo demonstre uma alternância entre tendência de aumento e de redução do número de dias sem chuva por ano (sendo que apenas os resultados do segundo e terceiro períodos apresentaram uma boa correlação, com r = 0,48 e 0,77[5], respectivamente).

Todas as demais Estações acompanharam a tendência de crescimento do número de dias secos por ano (quadro 6.1), com médias

[5] O primeiro, estatisticamente significante a 0,1 e o segundo a 0,05

que chegam a 4,29% (sobre o início da série) de crescimento da reta de tendência no Grajaú e 3,51% no Sumaré.

A fim de verificar se esta tendência de aumento do período seco se distribuía de forma mais uniforme ao longo do ano, ou apresentava alguma forma de concentração, optou-se por analisar a evolução da freqüência de meses secos por ano. Para tanto, tratou-se de identificar a evolução dos meses considerados como "secos" (figura 6.4) no contexto da disponibilidade hídrica para realização dos processos fisiológicos das comunidades florestais.

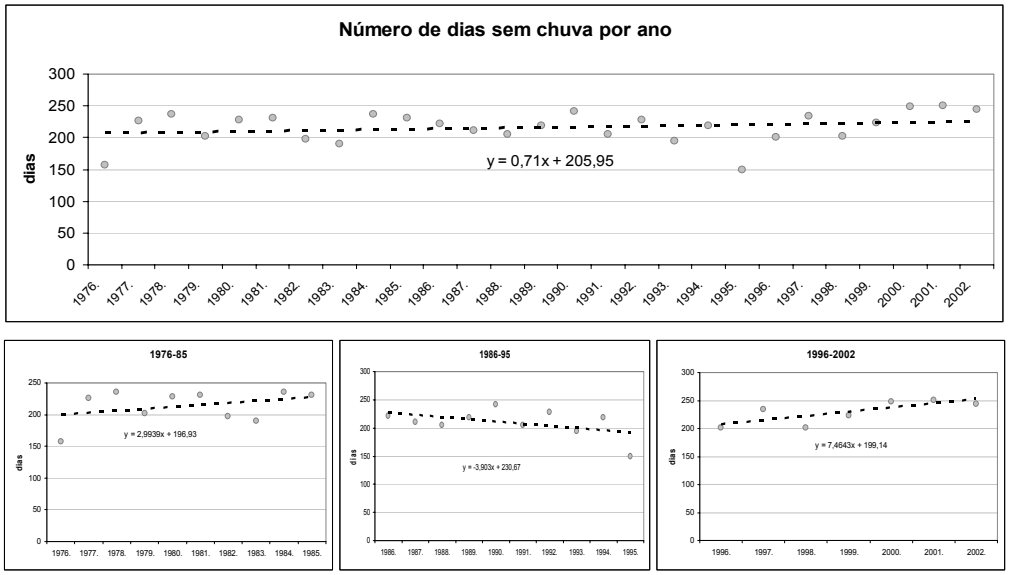


Figura 6.3- Gráficos de freqüência anual dos dias secos para a Estação Capela Mayrink, acompanhados das respectivas linhas de tendência.

Quadro 6.1- Ângulo de inclinação da reta de tendência (m) e coeficiente de regressão (r) nas Estações de série mais curta, para os gráficos de freqüência anual dos dias secos.

Estação	m	r
Jardim Botânico	4,8857	0,65*
São Conrado	5,9429	0,77**
Sumaré	7,4571	0,63*
Grajaú	8,6857	0,85**
Tijuca	5,3143	0,58

* estatisticamente significativo a 0,1
** estatisticamente significativo a 0,05

Para isso, seguindo a metodologia proposta por Windsor (1990), tratou-se de selecionar todos os meses com precipitação inferior a 100mm calculando-se, posteriormente, a linha de tendência para este conjunto de meses.

Segundo Zots e Andrade (2002), precipitações mensais abaixo do referido valor (100mm) são suficientes para promover mudanças adaptativas, mesmo que temporárias, especialmente nos mecanismos de seqüestro de C na grande maioria das plantas vasculares.

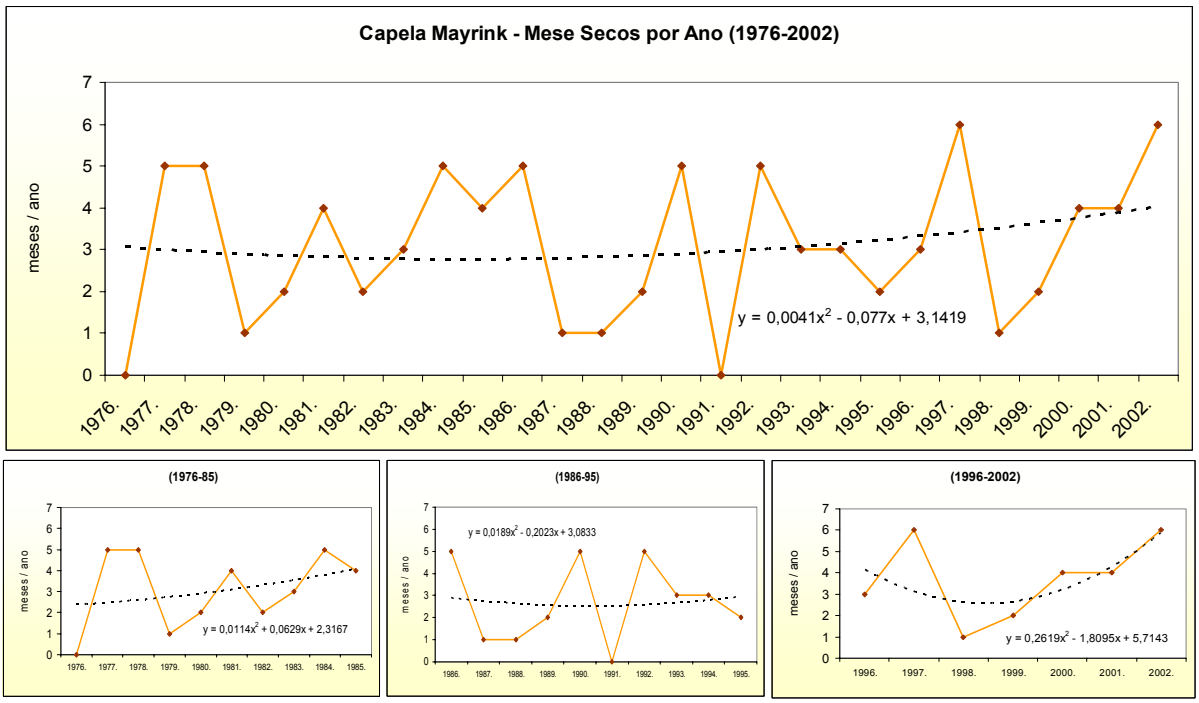


Figura 6.4- Gráficos de freqüência anual dos meses secos para a Estação Capela Mayrink, acompanhados das respectivas linhas de tendência (calculadas por regressão polinomial).

A análise dos resultados de freqüência dos meses secos confirmou a expectativa de que a redução dos totais pluviométricos anuais não está concentrada apenas nos meses de inverno (historicamente de menor precipitação), já que a evolução do número de meses secos vem demonstrando uma tendência de expansão.

Para a Estação Capela Mayrink, os resultados acompanham, em linhas gerais, as tendências expressas pela freqüência anual dos dias

secos, muito embora apenas os resultados do período 1996-2002 possam ser considerados estatisticamente significativos a 0,1 (r = 0,61).

Nas demais Estações pesquisadas observam-se o mesmo comportamento apresentado pela Estação Capela Mayrink[6].

Uma atenção especial, no entanto, deve ser dada ao comportamento dos dados da Estação Grajaú. Enquanto para todas as demais Estações o ano de 2002 registra uma queda do número de meses secos acompanhada de uma queda do número de dias seco/ano, para a Estação Grajaú esta redução dos meses secos parece estar associada a uma concentração do *stress* hídrico (por concentração dos eventos interpluviais) em um período menor (e mais intenso), ao invés de representar uma melhor distribuição das chuvas ao longo do ano.

Esta afirmação se baseia no fato de que, embora a Estação Grajaú apresente, em 2002, um número menor de meses secos do que 2001, o número total de dias secos sofreu um incremento neste mesmo período (figura 6.5). Desta forma, o aumento do número de dias secos, associado a uma redução dos meses secos, nos leva a pensar em uma concentração do período seco.

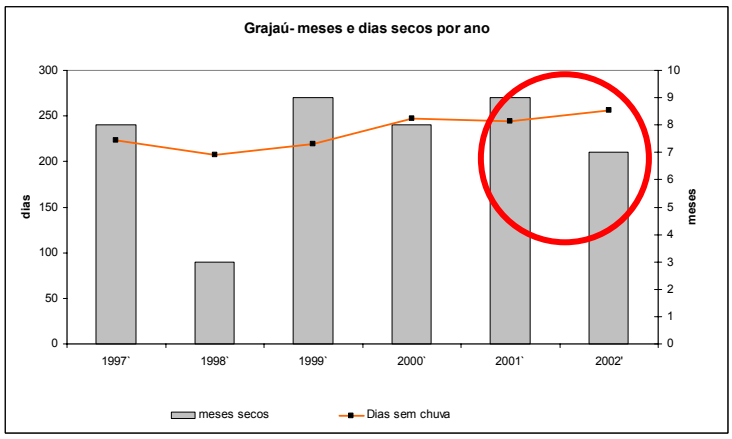


Figura 6.5- Gráfico da freqüência de dias e meses secos na Estação Grajaú, com destaque para o período 2001-2002.

Esta hipótese é comprovada, na seqüência, ao se verificar no gráfico de freqüência das classes de intervalos interpluviais (figura 6.6), um crescimento de 72,5% na linha de tendência da classe 4 (12 dias ou mais

[6] Embora apenas os resultados das Estações Sumaré e Tijuca possam ser considerados estatisticamente significantes a 0,1 (com r = 0,63 e 0,7, respectivamente).

sem chuva) de eventos interpluviais (com um r = 0,97, sendo estatisticamente significante no nível de 0,005), contra uma expressiva redução da classe 1(1 a 3 dias), estatisticamente significante no nível de 0,05 (com r = 0,77).

Uma tendência inversa é observada na Estação Capela Mayrink, ou seja, ao mesmo tempo em que se verifica um aumento nos meses secos entre 2001 e 2002, também se verifica uma redução anual do número de dias secos, o que nos dá uma indicação de maior dispersão dos eventos de seca.

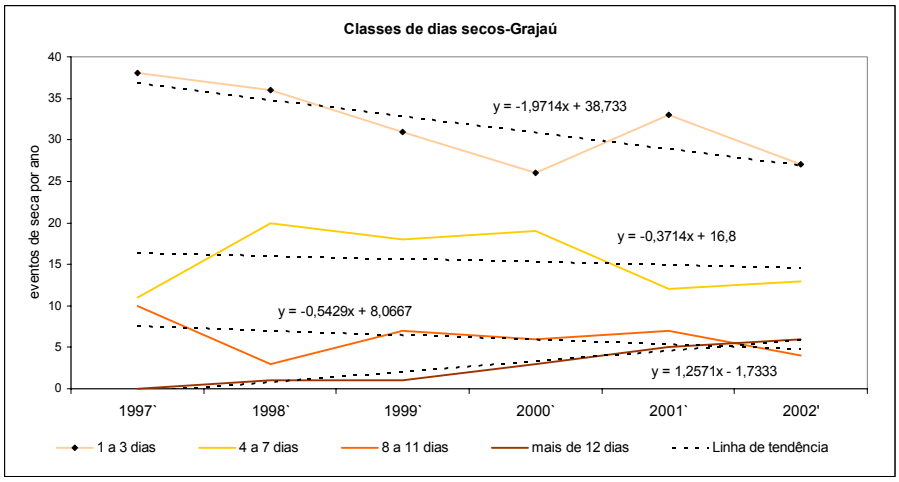


Figura 6.6- Freqüência das classes de eventos interpluviais para a Estação Grajaú, com as respectivas linhas de tendência, calculadas por regressão linear.

A comparação destes resultados com o gráfico de freqüência das classes de intervalos interpluviais (figura 6.7), comprova esta tendência, já que a evolução da média móvel entre 2001 e 2002, demonstra um aumento expressivo dos menores intervalos -classe 1 (muito embora esta classe apresente, para o conjunto da série, uma tendência de queda), uma queda abrupta da classe 2 e uma relativa estagnação dos intervalos maiores (classes 3 e 4).

As duas figuras anteriores, somadas à análise do quadro 6.2, nos permitem refletir sobre o comportamento geral dos eventos interpluviais ao longo das séries trabalhadas.

É possível perceber, dessa maneira, que em 5 das 6 Estações trabalhadas, a classe de maior intensidade (classe 4), não só apresentou tendência de crescimento, como foi a classe que apresentou os maiores ângulos de inclinação entre as classes em crescimento, com valores de crescimento da reta (em relação ao início da série) bastante expressivos em alguns casos, como na Estação Grajaú (72,5%), Sumaré (26, 98%) e Tijuca (21,4%).

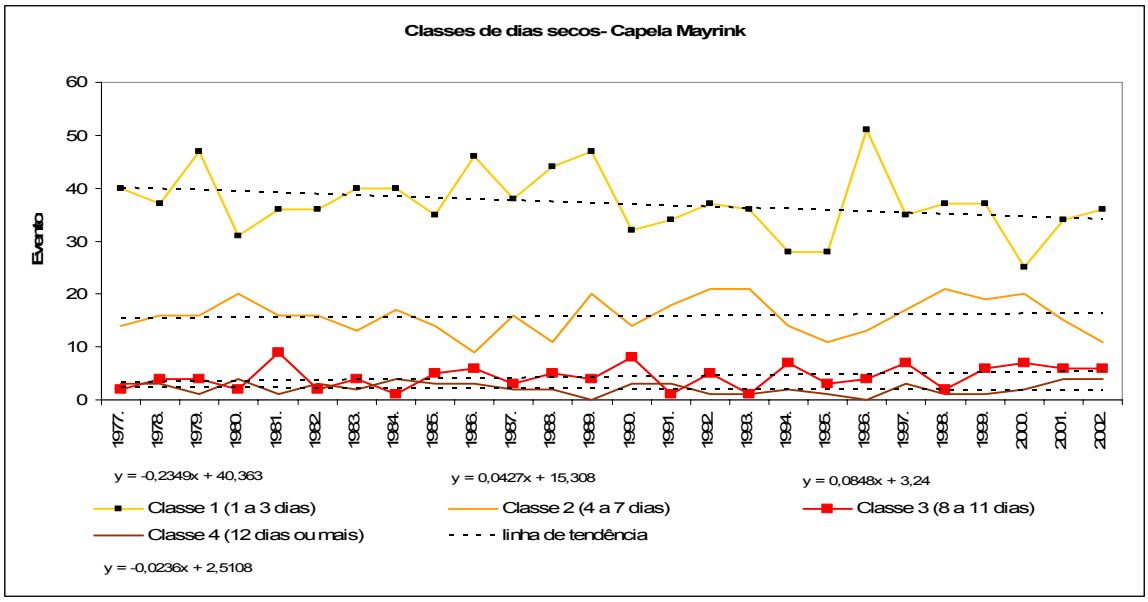


Figura 6.7- Freqüência das classes de eventos interpluviais para a Estação Capela Mayrink. As linhas tracejadas em preto, representam as linhas de tendência, calculadas a partir de regressão linear (equações junto à legenda das classes). Significância estatística para os resultados da classe 1, no nível de 0,1, e classe 3, no nível de 0,05.

Da mesma forma, em 5 das 6 Estações trabalhadas, a classe de menor período seco (classe 1) apresenta tendência de queda; tendência essa que se verifica para as classes 1 e 2, em 4 das 6 Estações.

Assim, uma análise integrada das Estações (figuras 6.6 e 6.7 e quadro 6.2), não deixa dúvida de que a variabilidade pluviométrica no entorno do Maciço da Tijuca caminha para um cenário de maior fragilização ambiental, no que se refere à distribuição da umidade.

Para Goldstein et al (2002), "*(...) quando se conjugam uma folhagem muito densa, uma demanda evaporativa considerável e uma Estação*

seca prolongada (que em alguns locais pode durar de 1 a 3 meses), se pode gerar um desequilíbrio na disponibilidade de recursos hídricos" (p.252).

Quadro 6.2- Coeficiente de correlação (r) e coeficiente de inclinação da reta de tendência (m) para a freqüência das classes de intervalo interpluvial, em quatro das seis Estações trabalhadas nesta pesquisa

Estação	Classe interpluvial	m	r
Jardim Botânico	1 (1 a 3 dias)	2,2	0,455961
	2 (4 a 7 dias)	-0,1429	0,097468
	3 (8 a 11 dias)	0,2857	0,193907
	4 (12 dias ou mais)	0,2857	0,441362
São Conrado	1 (1 a 3 dias)	-1,2857	0,473814
	2 (4 a 7 dias)	-0,0571	0,037417
	3 (8 a 11 dias)	-0,0286	0,028284
	4 (12 dias ou mais)	0,2286	0,31305
Sumaré	1 (1 a 3 dias)	-0,0571	0,022361
	2 (4 a 7 dias)	-1,2	0,575847
	3 (8 a 11 dias)	-0,0857	0,072111
	4 (12 dias ou mais)	0,6286	0,597997
Tijuca	1 (1 a 3 dias)	-1,2286	0,352278
	2 (4 a 7 dias)	-0,8	0,380526
	3 (8 a 11 dias)	-0,2571	0,159374
	4 (12 dias ou mais)	0,5714	0,654675*

* estatisticamente significante no nível de 0,1

Se a mudança na distribuição anual das chuvas já começa a ser configurada pelas alterações na freqüência das classes de intensidade dos períodos interpluviais (na direção do aumento do espaçamento entre chuvas), resta saber se a distribuição mensal do volume de chuva também caminha na direção de alguma forma de concentração ao longo do ano.

Em outras palavras, a forma como os totais mensais se distribuem ao longo do ano e a dinâmica de produção desses totais dentro de cada

mês, são questões que ainda deverão ser desveladas na seqüência deste trabalho.

6.1.3- Variabilidade do regime mensal

A análise do regime mensal de precipitação permite visualizar de forma mais clara a forma como se distribuem os totais pluviométricos ao longo do ano, suas flutuações e tendências de evolução.

Duas características merecem ser destacadas no que se refere à análise das precipitações mensais: em primeiro lugar, com relação ao quadro atual das precipitações, chamamos a atenção para a variabilidade diferenciada dos desvios pluviométricos dos anos extremos em relação à média da série. Em segundo lugar, com relação à dinâmica dos regimes pluviométricos mensais, nos deteremos nas tendências apontadas pelas séries de dados analisados.

No que se refere à primeira observação (comparação entre os desvios pluviométricos dos anos extremos e a média da série), dois cenários precisam ser analisados. De um lado a série mais longa de dados, referente ao regime mensal médio da Estação Capela Mayrink no período 1976-2002.

Nesta série, a distribuição da precipitação mostra-se bastante equilibrada ao longo do ano (figura 6.8). A única distorção, neste caso, aparece no mês de fevereiro, durante o regime mensal dos anos chuvosos, cujo pico pronunciado de precipitação permite-nos confirmar o referido mês, tal como já havia sido indicado por Coelho Netto (1985), como um importante indicador dos anos chuvosos, para esta escala de tempo.

Esse comportamento corrobora as afirmações de Monteiro(1973), para quem a sazonalidade nas áreas de transição entre a ação dos sistemas polares e a ação dos sistemas intertropicais, está relacionada à ocorrência de fortes precipitações de frontogênese durante o verão. Nos

anos em que a ação da Massa Polar é obstruída pelo fortalecimento do sistema intertropical ou, ao contrário, quando o avanço da Frente Polar se dá em uma velocidade muito alta na região Sudeste, não encontrando resistência do sistema intertropical, a ausência das chuvas concentradas de grande porte imprime uma tendência de maior uniformidade no regime médio mensal das precipitações.

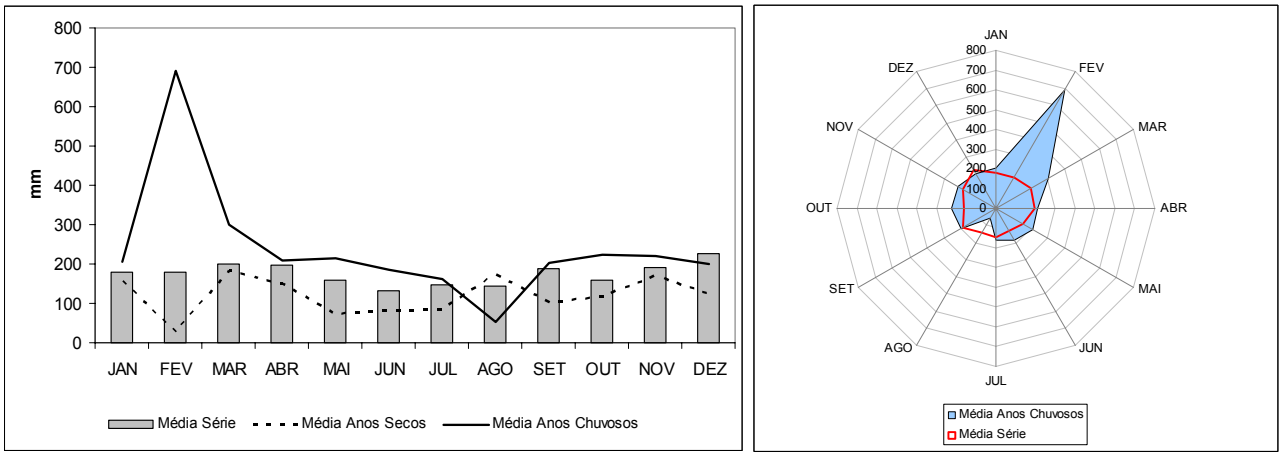


Figura 6.8- Gráficos do regime médio mensal de precipitação para a Estação Capela Mayrink, no período 1976-2002. Evidencia-se, para esta Estação e nesta escala de tempo, o mês de fevereiro como um importante indicador dos anos chuvosos.

Todas as demais Estações trabalhadas, apresentam semelhante comportamento, ou seja, uma clara tendência à uniformidade na distribuição média mensal das chuvas e o aparecimento de uma sazonalidade pronunciada durante o regime dos anos chuvosos.

Tal comportamento nos dá uma indicação de que, durante os anos mais chuvosos, a tendência de concentração das chuvas durante o verão tem forçado o aparecimento de um desvio negativo durante os meses de menor impacto das massas polares (meses de inverno), com destaque especialmente para os meses de julho e agosto (figura 6.9).

Muito embora esta sazonalidade já esteja levemente marcada na média mensal do período integral, é na média mensal dos anos chuvosos onde ela melhor se define, já que é exatamente nestes anos que a

dinâmica de movimentação das massas de ar se acentua, elevando o contraste entre os eventos de chuva de verão e de inverno.

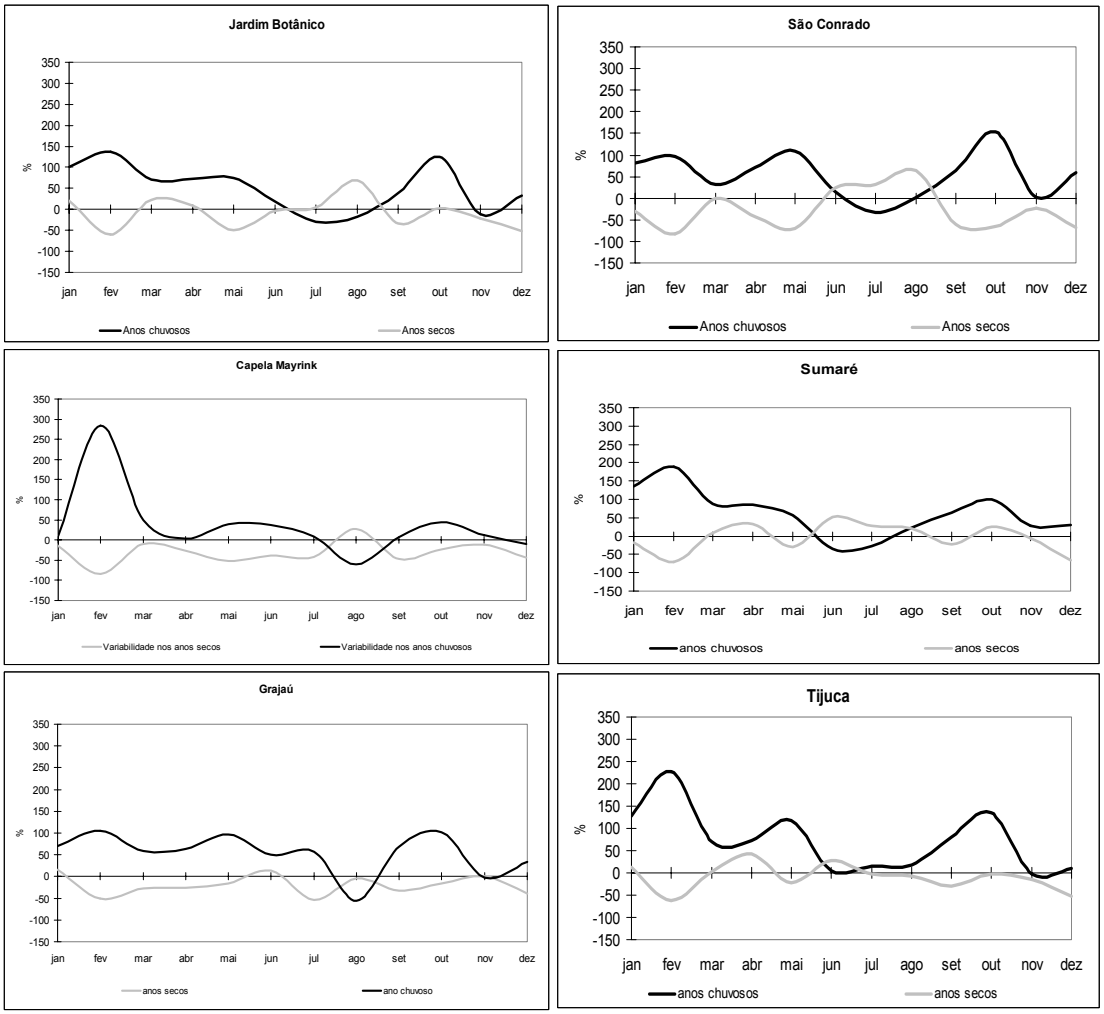


Figura 6.9- Gráficos da variabilidade da precipitação mensal (em relação à média da série) durante os anos extremos, para as Estações em estudo.

Em resumo, a análise dos gráficos acima nos permite evidenciar:

a) claro predomínio dos desvios positivos durante o regime dos anos chuvosos, em detrimento do predomínio dos desvios negativos durante os anos secos;

b) maior evidência de sazonalidade durante o regime dos anos chuvosos, em detrimento de uma distribuição mais uniforme durante os anos secos;

c) os maiores desvios negativos ocorrem durante os meses de junho a agosto, para os anos chuvosos, e no mês de fevereiro para os anos secos;

d) os maiores desvios positivos concentram-se nos meses de verão, para os anos chuvosos, e nos meses de inverno para os anos secos;

Considerando que a origem dos anos mais chuvosos está relacionada ao aumento na freqüência das chuvas frontais na região Sudeste, especialmente nos meses de verão (Monteiro, 1973), a análise dos desvios pluviométricos dos anos mais chuvosos permite a leitura de uma característica marcante dessa dinâmica: a evidência dos meses de verão como indicadores e reguladores da ocorrência de anos chuvosos, evidência esta traduzida pela predominância de grandes desvios positivos especialmente nos dois primeiros meses do ano, fato este que não se repete com tamanha nitidez nem para os anos mais secos, nem para a média dos demais anos da série.

Nos anos secos, onde a ação da Massa Polar é obstruída pelo fortalecimento da Massa Tropical Atlântica, a ausência das chuvas concentradas de grande porte na região Sudeste, durante o verão, imprime uma tendência de maior uniformidade no regime médio mensal das precipitações, tal como já se referiu anteriormente. Nestes anos, destacam-se apenas os desvios positivos no período de outono-inverno, como decorrência de uma intensificação da dinâmica de frontogênese, sucedendo a um período de menor atividade nos primeiros meses do ano.

Já nos anos chuvosos, onde ocorre uma maior penetração da Massa Polar Atlântica, verifica-se o retorno da tendência de sazonalidade, com a concentração das maiores precipitações durante o verão, reduzindo a umidade atmosférica disponível para os meses de inverno, o que resulta, fatalmente, na ocorrência dos desvios negativos entre junho e agosto. Tais desvios, decorrentes em grande parte das pulsações da Frente Polar Atlântica sobre a Região SE aparecem, na maior parte das vezes, como já têm salientado Coelho Netto (1985) e Brandão (2001),

associados à ocorrência dos eventos mais intensos, geradores de desastres naturais.

e) a maior amplitude de desvios pluviométricos é registrada no mês de fevereiro, confirmando este mês como um importante indicador de variabilidade pluviométrica para a área em estudo. Esta característica é confirmada por Brandão (2001), ao analisar uma série de quase 150 anos da Estação Climatológica Principal do Rio de Janeiro. Afirma a autora: "*o mês de fevereiro é aquele que apresenta maior variabilidade em termos de distribuição da pluviosidade, uma vez que, apesar de registrar média de 125mm, sua variação pode ficar entre valores acima de 400mm (...) à ausência de chuvas (...)*"(p.82). A variabilidade do mês de fevereiro parece não se associar apenas às diferenças de regime, mas também às diferenças de período histórico, já que em outro trabalho (Brandão, 1997), a autora afirma: "*no mês de fevereiro (...)os desvios pluviométricos positivos superiores a 30% no período de 1941 a 1990 alcançaram quase o triplo dos ocorridos entre 1851 e 1900*" (p.26).

O gráfico das tendências mensais (por cálculo de regressão) de chuva para o conjunto da série Capela Mayrink (figura 6.10) confirma o mês de fevereiro como um mês com tendência de concentração de precipitações.

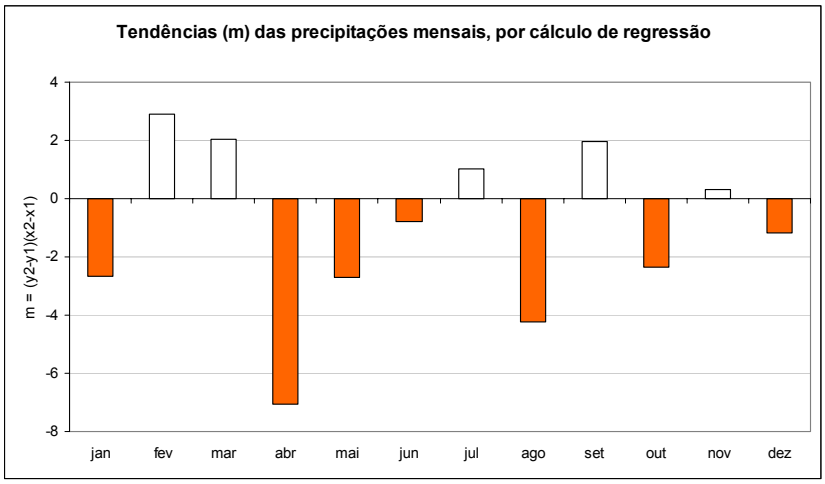


Figura 6.10- Gráfico com os valores de tendência (por cálculo de regressão) para as precipitações mensais da série Capela Mayrink.

A partir deste gráfico, é possível também calcular uma tendência de concentração das chuvas (com m= 1,11) nos meses de verão (dezembro a março), associada a uma redução (com m= -2) nos meses de inverno (junho a setembro).

Já quando se analisam os dados do último período da série (1996-2002) para a Estação Capela Mayrink, nota-se um comportamento bastante diferenciado, tal como se pode observar na figura 6.11.

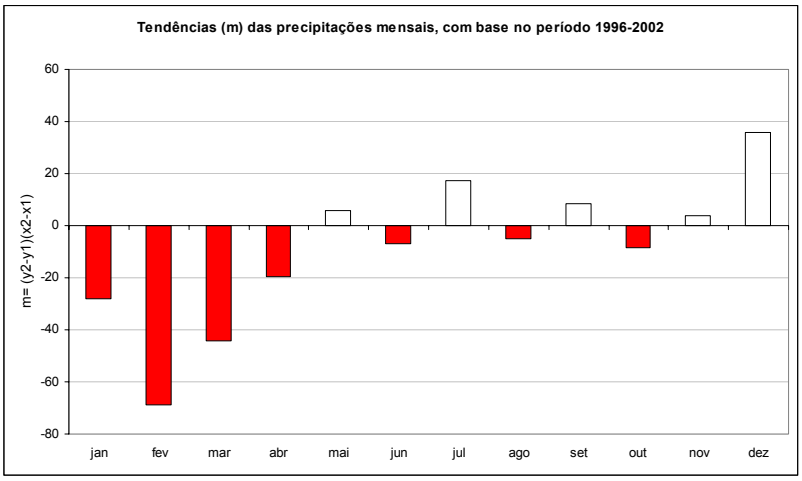


Figura 6.11- Gráfico com os valores de tendência (por cálculo de regressão) para as precipitações mensais da série Capela Mayrink, com base nos dados de chuva do último período (1996-2002).

Por este gráfico, não apenas identificamos o mês de fevereiro como o de maior tendência de queda da precipitação[7], como também conseguimos visualizar de forma muito clara a tendência de queda das precipitações de verão (com m= - 105,6) em favor de um aumento das chuvas de inverno (com m= 13,7).

Esta mesma tendência de queda das chuvas de verão se repete para as demais Estações trabalhadas, como se pode verificar no quadro 6.3.

[7] Mais à frente, na análise da freqüência das classes de chuva, concluiremos que esta expressiva tendência de redução dos totais pluviométricos no mês de fevereiro se deve à grande queda na freqüência das chuvas mais intensas (>100mm) nos meses de fevereiro do último período (1996-2002).

A figura 6.12 representa um gráfico de síntese, construído com base nos dados do quadro 6.3.

Com exceção da Estação Sumaré, todas as demais Estações indicam uma tendência de redução expressiva das chuvas de verão, e uma pequena variabilidade das chuvas de inverno, que se alternam entre redução (Grajaú e Tijuca) e aumento (São Conrado, Jardim Botânico e Capela Mayrink – período 1996-2002).

Quadro 6.3- Coeficientes de inclinação (m) da reta de tendência para os dados de chuva mensal de cinco das seis Estações trabalhadas (período 1997-2002), com base no cálculo de regressão.

		Sumaré	são Conrado	jardim botânico	Grajaú	tijuca
verão	dez	*66,49	17,24	19,53	20,01	*43,49
	jan	-28,25	**-32,87	**-42,15	**-35,56	**-55,21
	fev	-8,28	8,49	1,94	-3,80	-26,55
	mar	-24,25	-10,49	-14,57	-10,53	-15,22
	abr	**-26,51	-5,39	*-7,93	2,70	*-18,09
	mai	5,39	1,96	10,55	-8,53	-8,42
inverno	jun	9,76	-1,49	7,41	-3,18	2,26
	jul	5,46	24,34	7,73	0,67	1,36
	ago	-15,87	**-20,90	**-13,83	-3,70	-5,40
	set	-23,63	1,52	5,21	2,33	-5,65
	out	-45,78	-28,52	-21,37	*-22,99	-24,38
	nov	4,11	17,83	*21,81	8,40	16,38

* estatisticamente significantes no nível de 0,1
** estatisticamente significantes no nível de 0,05

De certa forma, estes resultados confirmam as tendências mais amplas existentes para a dinâmica atmosférica regional nesta latitude.

Já é consenso entre a maior parte dos autores que tratam de mudanças climáticas (Coughlan e Nyenzi, 1991; Wang e Shimel, 2003; Diaz *et al*, 1998), que o aquecimento global da atmosfera deverá causar um enfraquecimento das altas pressões polares, provocando uma retração das frentes frias para latitudes mais altas, especialmente durante o verão. Assim, afirma Tavares (2004),

> (...) com bloqueios frontais efetuados mais ao sul, as áreas ao norte do Trópico de Capricórnio, onde as frontogêneses respondem por precipitações de verão (*região* sudeste) (...)

terão decréscimo das chuvas , pois estarão, preferencialmente, submetidas às atuações do Anticiclone de Santa Helena. (p.64)

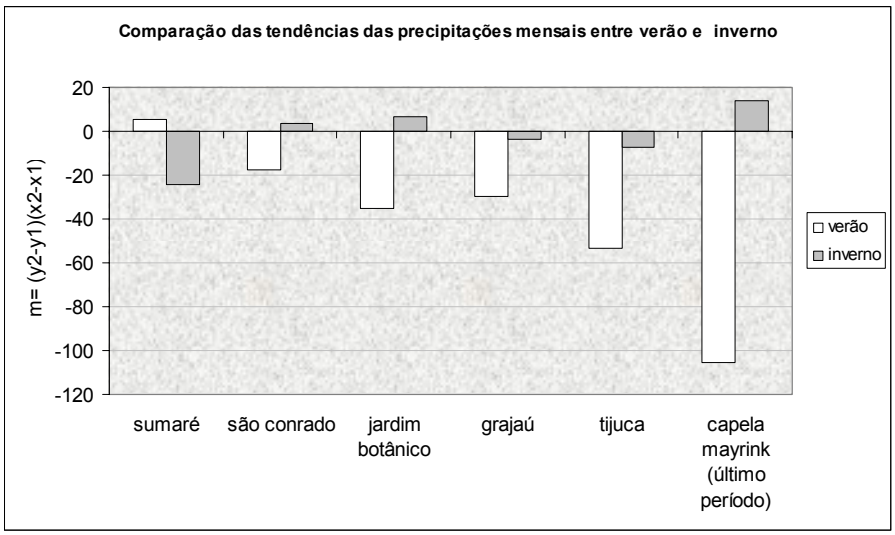


Figura 6.12- Gráfico comparativo das tendências de chuva entre os períodos de verão e inverno para as seis Estações trabalhadas (para a Estação Capela Mayrink os cálculos foram feitos com base nos dados do último período, 1996-2002).

O mês de fevereiro aparece também com um grande destaque negativo quando analisamos os resultados do cálculo de tendência das precipitações mensais com base nos dados dos anos chuvosos (figura 6.13).

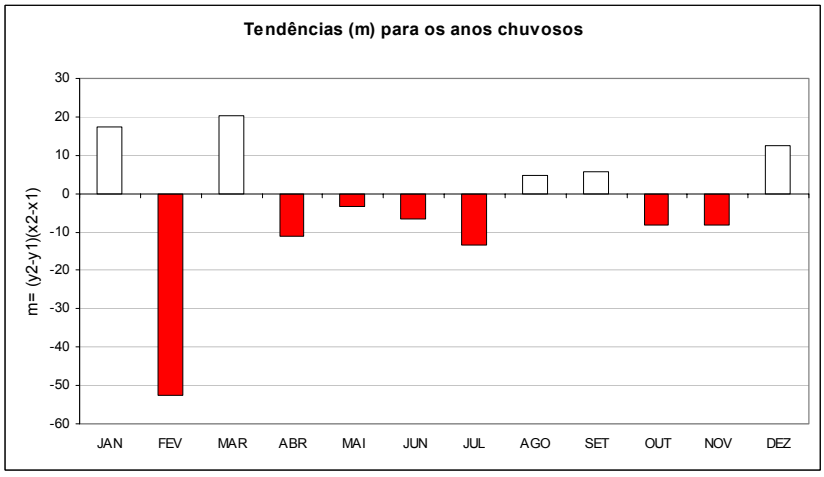


Figura 6.13- Gráfico com os valores de tendência (por cálculo de regressão) para as precipitações mensais da série Capela Mayrink, com base nos dados mensais de chuva dos anos chuvosos.

Uma questão a ser observada é que se por um lado, a tendência de uma redução média das chuvas de verão também se confirma na análise

dos dados dos anos chuvosos (m= - 2,5), por outro lado, estes dados continuam apontando uma tendência média de queda das chuvas de inverno maior que a queda das chuvas do verão (m= - 9,9), acompanhando a tendência calculada com base no conjunto da série Capela Mayrink. Disso resulta a conclusão de que o aumento anteriormente apontado das chuvas de inverno é de fato uma tendência que começa a aparecer apenas na última década.

Estas tendências já começaram a ser refletidas por uma mudança no comportamento dos dados de chuva para o ano de 1998[8] (um dos três mais chuvosos da série). Naquele ano, as maiores precipitações médias mensais apareceram mais bem distribuídas durante todos os meses de verão (dezembro a março - figura 6.14), e não apenas no mês de fevereiro (com exceção da Estação Tijuca), como aparece no regime médio dos anos chuvosos.

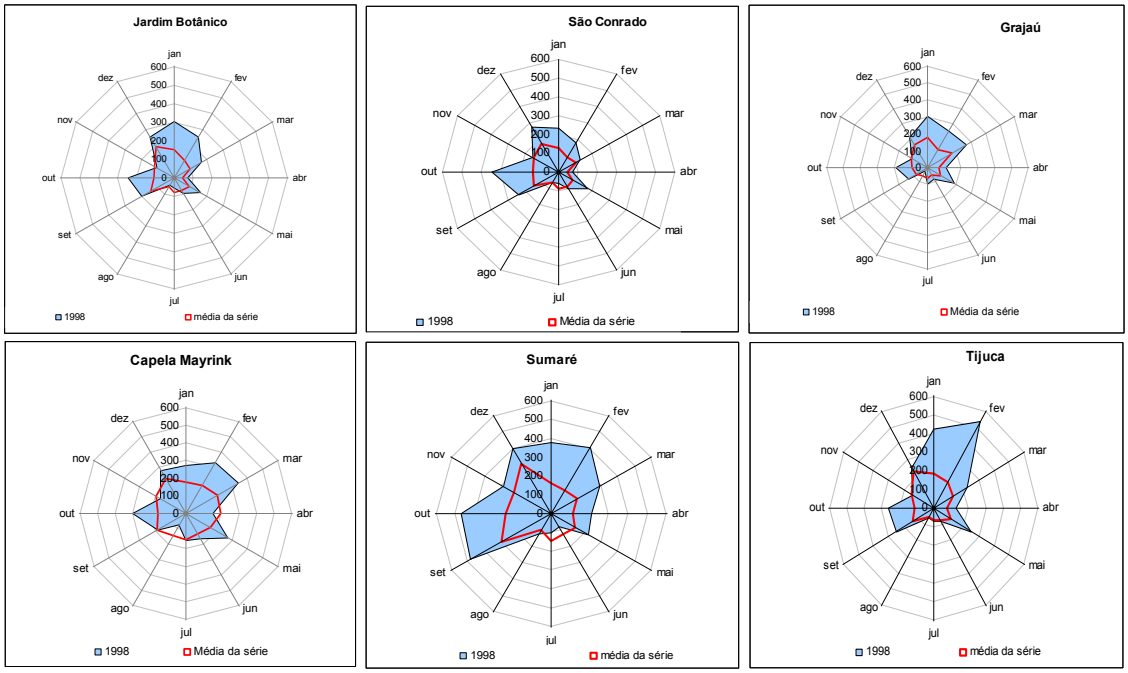


Figura 6.14- Gráficos do regime mensal do ano chuvoso de 1998 para as seis Estações trabalhadas. As linhas vermelhas correspondem à média mensal da série de cada Estação para o período todo, enquanto que os polígonos azuis representam a média mensal para os anos chuvosos.

[8] A escolha do ano de 1998 é devido ao fato de que nos dois anos mais chuvosos anteriores (1988 e 1996), não há registro de dados nas demais Estações de estudo que permitam uma análise comparativa.

Esta mudança de comportamento vem ao encontro das mudanças que se têm verificado nos últimos anos, para o Estado do Rio de Janeiro, na ocorrência de escorregamentos.

Segundo Amaral (1996), até o ano de 1996, a maior parte dos escorregamentos significativos no Estado do Rio se concentravam no mês de fevereiro. A partir de 1997, no entanto, Silva *et al* (2000) demonstram que o mês de janeiro passou a ser o mais expressivo (concentrando quase 35% do total de acidentes do Estado).

Isso se deve ao fato de que nos últimos anos, não apenas o total pluviométrico do mês de janeiro tem sido maior do que fevereiro, como também a intensidade dos eventos de chuva tem sido bem mais expressiva, tal como se pode visualizar na figura 6.15.

Perceba-se que, pelos dados apresentados, o papel do mês de fevereiro como indicador dos anos chuvosos, poderá ser colocado em questão nas próximas décadas, visto que este mês vem apresentando, tanto para o regime médio das Estações de série mais curta, quanto para o regime dos anos chuvosos e para o regime médio do último período da Estação Capela Mayrink, uma nítida tendência de decréscimo do total mensal.

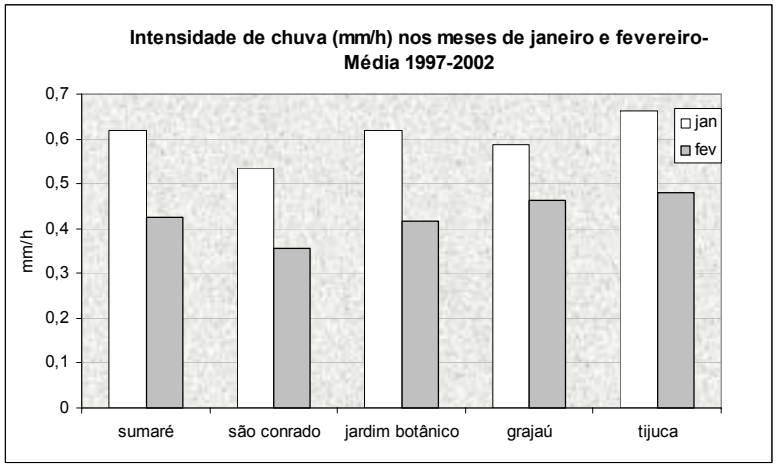


Figura 6.15- Gráfico da intensidade média de chuva nos meses de janeiro e fevereiro, calculada com base nos eventos ocorridos entre 1997 e 2002.

O comportamento das precipitações nos próximos anos deverá demonstrar com maior clareza se a distribuição das maiores precipitações ao longo de todos os meses de verão dos anos chuvosos (atenuando a concentração em fevereiro) representa, de fato, uma nova tendência que se anuncia, ou se retrata apenas uma variabilidade transitória de um período específico.

Se a função de indicador dos anos chuvosos pode ser atualmente colocada em questão, o certo, porém, é que o mês de fevereiro continua a ser um importante indicador dos períodos secos, já que, tanto na escala mais ampla (27 anos), quanto na escala mais restrita (6 anos) de tempo, é o mês que apresenta os maiores desvios negativos na média mensal dos anos secos (figura 6.16).

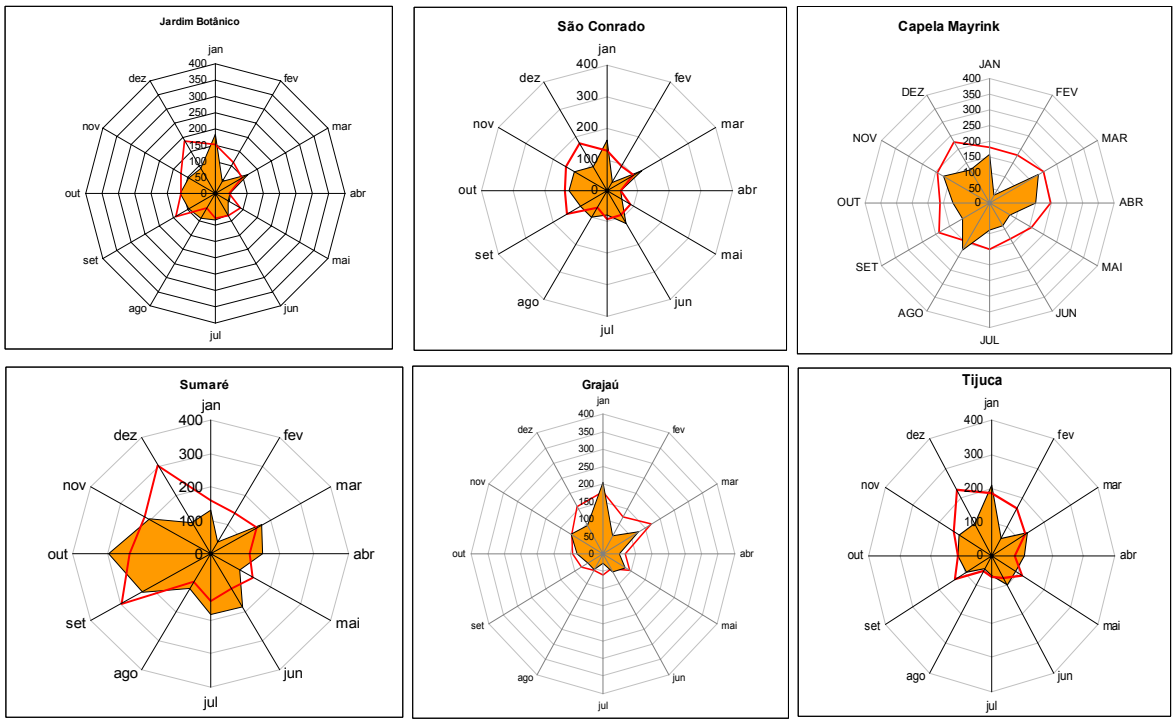


Figura 6.16- Gráficos do regime médio mensal dos anos secos para as seis Estações trabalhadas. As linhas vermelhas correspondem à média mensal de cada Estação para o período todo, enquanto que os polígonos amarelos representam a média mensal de cada Estação para os anos secos.

Para finalizar, uma outra característica importante que pode ser evidenciada no comportamento do regime mensal do ano chuvoso de 1998, é a presença marcada de desvios positivos nos meses de setembro (de certa forma acompanhando a tendência já expressa no regime médio mensal das Estações) e outubro, cabendo a este último a maior concentração.

Ainda aqui os resultados obtidos por Silva *et al* (2000) confirmam as nossas evidências, ao afirmarem (figura 6.17) :

> Nos últimos três anos, observou-se também um elevado registro de ocorrências (*de escorregamentos*) em outubro, chegando a alcançar um percentual de 10,7%, contrariando sua tendência histórica (até 1996 apresentava menos que 5% das ocorrências) e superando inclusive alguns meses de verão como dezembro e março (p. 9).

Também para Amaral e Feijó (2004), o regime de chuvas dos últimos anos representa um marco na análise dos escorregamentos na cidade do Rio de Janeiro, uma vez que a partir de 1997 os eventos "(...) *passam a ser registrados também ao longo de todo o ano e não apenas nos meses de verão*" (p.205).

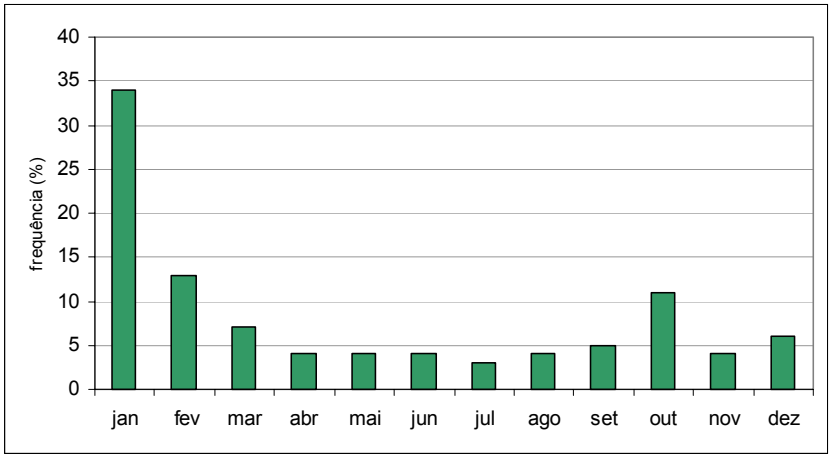


Figura 6.17- Distribuição mensal dos eventos de escorregamentos ocorridos no Estado do Rio de Janeiro entre 1997 e 1999.
Fonte: Silva *et al* (2000)

6.1.4- Freqüência das classes de intensidade de chuva

A precipitação diária, tal como já foi dito, foi classificada, segundo a sua intensidade, em quatro classes, para as quais foram calculadas as respectivas linhas de tendência, com a finalidade de identificar o sentido de sua evolução. A compreensão desta evolução, por sua vez, nos fornece elementos para interpretar o papel da variabilidade pluviométrica no comportamento hidrológico do sistema florestal do Maciço da Tijuca.

A caracterização das classes de chuva levou em conta três grandes agrupamentos: as chuvas menores (**classe 1**: **de 2 a 10mm**), representando a chuva que, na sua maior parte, é interceptada e armazenada pelas copas das árvores, sendo devolvida à atmosfera por evaporação; as chuvas maiores (**classes 3 e 4**: **de 50,1 a 100mm e > 100mm, respectivamente**), representando os eventos de baixa freqüência e alta intensidade, potencializadores de desastres naturais (Dehn e Buma, 1999) e que pouco contribuem para a manutenção da estabilidade hidrológica do geoecossistema (uma vez que o volume de água produzido é rapidamente perdido pelo sistema na forma de escoamento superficial e subsuperficial). Por fim, as chuvas intermediárias (**classe 2: de 10,1 a 50mm**), que são responsáveis pela "alimentação" hídrica do sistema, tanto através da disponibilização de água para o subsistema serapilheira - topo do solo - raízes, quanto pela recarga dos mananciais a partir da água de infiltração.

Uma análise do gráfico da Estação Capela Mayrink (figura 6.18), nos permite confirmar a hipótese anteriormente levantada, de que a redução dos totais pluviométricos anuais é decorrente não apenas da diminuição do número de eventos de chuva por ano mas, principalmente, da intensidade dos mesmos. Neste caso, o que se observa é o aumento das chuvas de alta intensidade (classe 4), em detrimento das chuvas

intermediárias (classe 2), que apresentam uma tendência significativa de redução da freqüência, principalmente no último período, tal como se pode verificar pela equação da reta.

Percebe-se que as chuvas de classe 1 vêm apresentando uma tendência menor de redução, possivelmente em decorrência do aumento dos núcleos de condensação gerados pelo crescimento ubano-industrial da cidade. Contudo, considerando que esta classe de chuva pouco afeta o conjunto solo-vegetação, dada à sua retenção no estrato superior das copas, é justamente sobre a tendência de redução das chuvas de classe 2, que recaem as maiores preocupações.

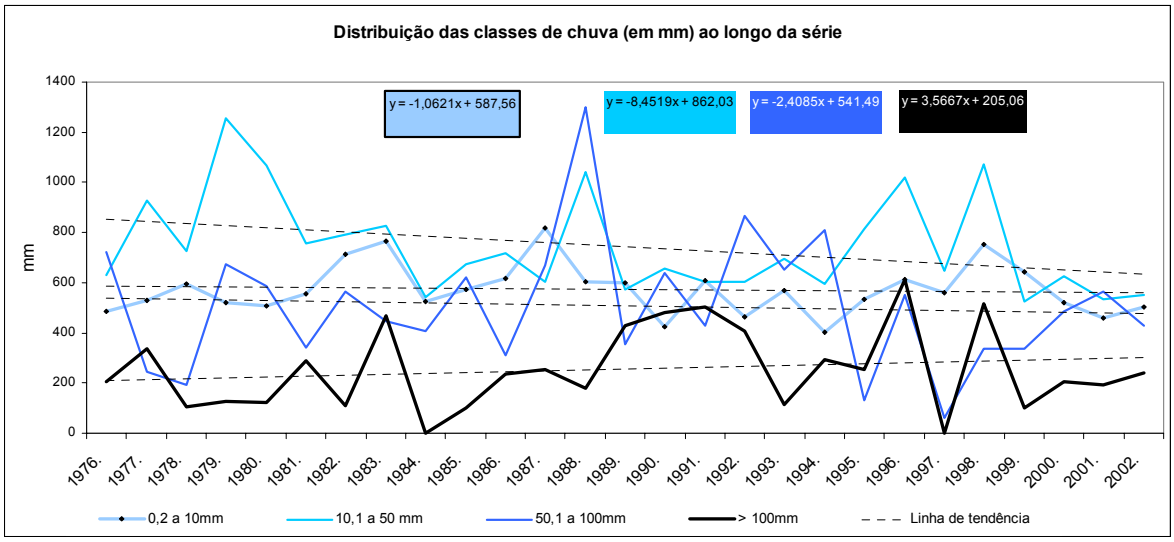


Figura 6.18- Gráfico da freqüência anual dos eventos pluviométricos (em mm), por classe de intensidade, para a Estação Capela Mayrink, com as respectivas linhas de tendência.

Um recurso à generalização, nos permite visualizar mais claramente o comportamento descrito nos parágrafos acima. Quando unificamos as classes 1 e 2 (chuvas menores) e 3 e 4 (chuvas maiores), verificamos a nítida tendência de aumento na freqüência das chuvas mais intensas, em substituição às chuvas menores, que tendem a reduzir a sua participação no total anual (figura 6.19).

Outra importante característica do regime pluviométrico da Capela Mayrink aparece quando comparamos o gráfico abaixo com o gráfico de

distribuição dos totais anuais (figura 6.1). Percebe-se que os três anos mais chuvosos da série (1988, 1996 e 1998) resultam de uma associação entre picos de alta das chuvas maiores e das chuvas menores.

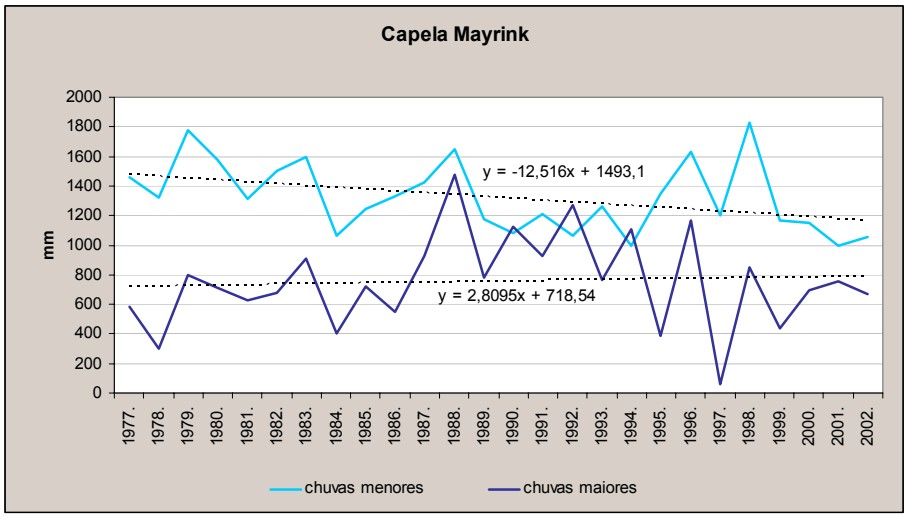


Figura 6.19- Gráfico dos totais pluviométricos (em mm), a partir do agrupamento das classes de intensidade (1 e 2 para as chuvas menores, e 3 e 4 para as chuvas maiores), para a Estação Capela Mayrink, com as respectivas linhas de tendência.

Do contrário, quando as chuvas menores apresentam desvios negativos, o total anual dificilmente ficará muito acima da média histórica da série (mesmo quando as chuvas maiores apresentarem picos ainda mais elevados do que os apresentados nos anos chuvosos), como é o caso dos anos de 1990, 1992 e 1994.

A explicação para este comportamento está justamente na grande participação percentual das chuvas menores dentro dos totais mensais, ao longo de todos os meses do ano[9], tal como se pode observar na figura 6.20.

Uma rápida visualização da figura 6.20, já nos permite evidenciar o predomínio da classe de intensidade 2 (10,1 a 50mm) sobre as demais classes de chuva, durante praticamente todos os meses do ano. Tal quadro, quando analisado separadamente, poderia parecer bastante

[9] A repartição média anual das classes de chuva na série estudada é: classe 1= 28%; classe 2= 36%; classe 3= 24%; classe 4= 12%.

satisfatório, uma vez que temos insistido no fato de que são estas as chuvas que representam o maior potencial de manutenção do equilíbrio hidrológico da floresta e de recarga dos mananciais. Todavia, quando analisamos este quadro juntamente com a figura 6.18, passamos a perceber que é exatamente esta a classe de chuva que vem apresentando as maiores taxas de queda na participação dos totais anuais. Ao mesmo tempo, as chuvas de maior intensidade (classe 4= > 100mm), que na maior parte do ano (exceção ao mês de fevereiro) representam a classe de menor participação, são justamente as chuvas que apresentam as maiores tendências anuais de crescimento.

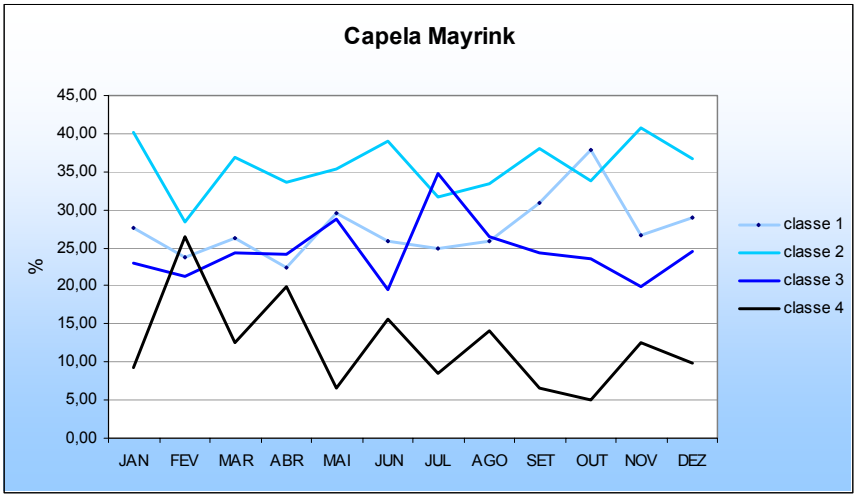


Figura 6.20- Gráfico da média de participação das classes de intensidade de chuva no total pluviométrico de cada mês (em %) na Estação Capela Mayrink.

Este fato nos levou a investigar mais detalhadamente a participação de cada classe de intensidade ao longo de cada mês do ano, a fim de identificar com maior precisão como tem se dado esta dinâmica de substituição das chuvas menores pelas de maior intensidade.

Feitas as análises do comportamento de cada classe, mês a mês, optou-se por apresentar os dados em duas grandes estações (verão e

inverno[10]), tanto pela representatividade destas estações, como para facilitar a identificação e a compreensão da dinâmica interclasses.

Os resultados, apresentados na figura 6.21, nos permitiram confirmar com maior segurança, com base na série mais longa de dados da Estação Capela Mayrink, a hipótese de concentração dos eventos de chuva que já vínhamos demonstrando ao longo deste capítulo. Pela análise dos gráficos, é possível perceber que durante o verão, os totais pluviométricos espelham, cada vez mais, o resultado dos eventos de classe 3 e 4, em substituição aos eventos de classe 2, que apresentam, nesta Estação, uma forte tendência de queda.

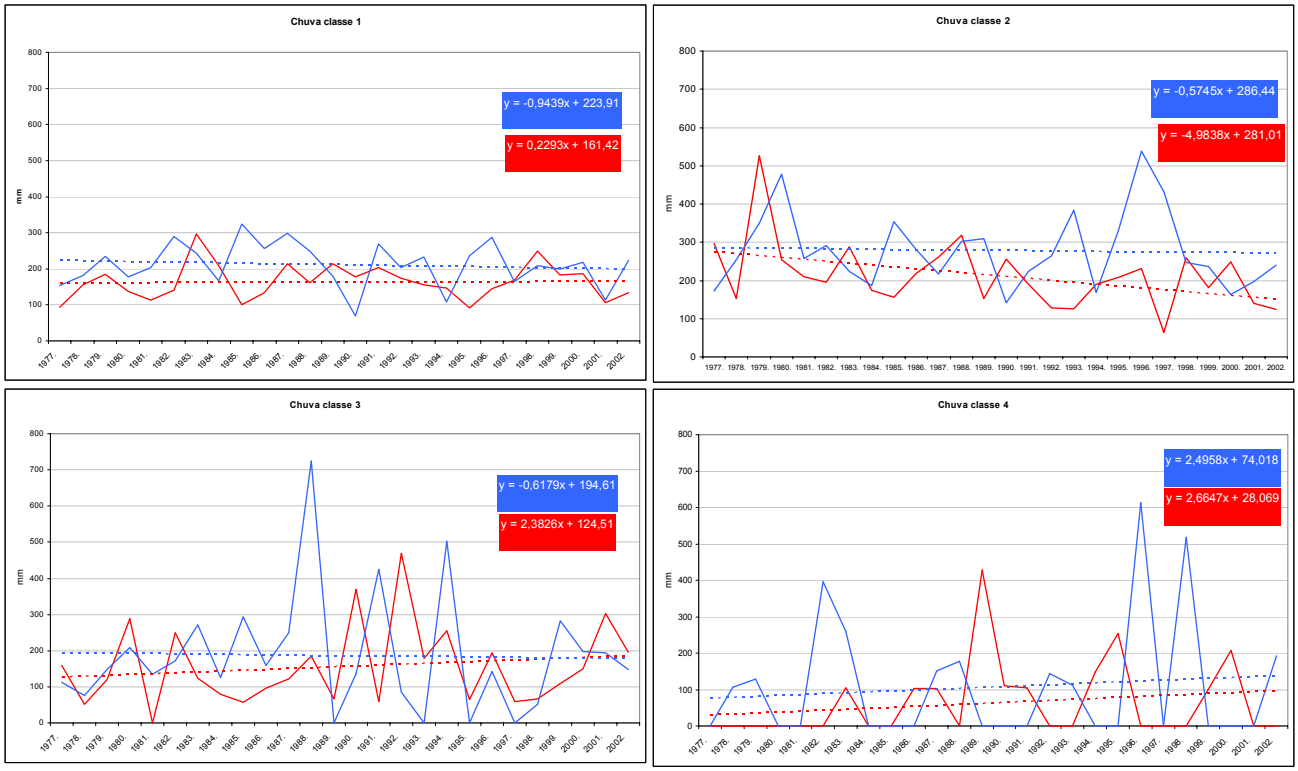


Figura 6.21- Participação das classes de chuva (em mm) nas estações de verão (linha vermelha) e inverno (linha azul), em cada um dos anos da série Capela Mayrink. Cada linha é acompanhada pela reta de tendência (em pontilhado), com a respectiva equação.

[10] Considerou-se o comportamento de verão como sendo a média dos meses de dezembro a março e, como comportamento de inverno, a média dos meses de junho a setembro.

Já durante o inverno, a maior variabilidade se dá pela tendência de crescimento das chuvas de classe 4, embora os eventos extremos dos invernos do último período, tenham refletido muito mais o crescimento da classe 3, em substituição às classes 1 e 2 (figura 6.22) .

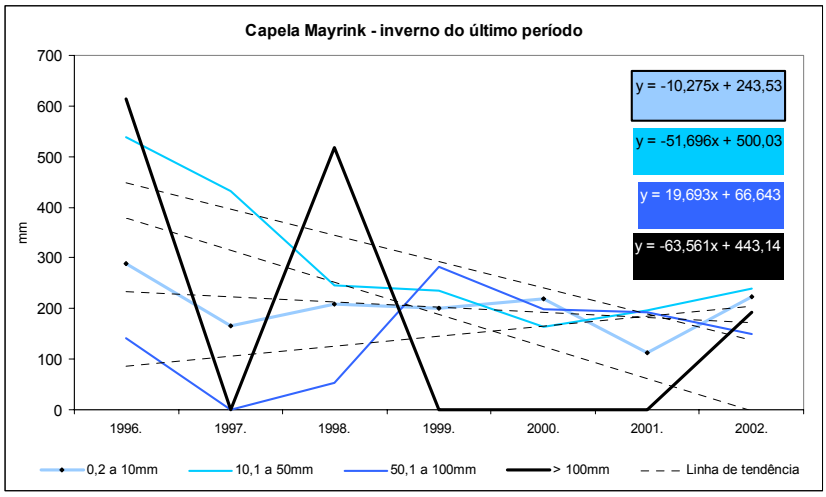


Figura 6.22- Gráfico da freqüência dos eventos pluviométricos nos invernos do último período estudado (1996-2002), por classe de intensidade, para a Estação Capela Mayrink.

Perceba-se que na figura 6.18, os eventos de classe 3 apresentam uma ligeira tendência de queda (m = -2,4085), uma vez que aquele gráfico expressa a média do comportamento anual de cada classe. Já quando passamos a analisar separadamente o verão e o inverno, conseguimos identificar um contraste fundamental no comportamento desta classe de chuva, ou seja, percebe-se que o rápido crescimento das chuvas de classe 3 durante o verão, em breve chegará a influir em uma mudança no comportamento da reta anual de tendência desta classe (o que já ocorre para o último período da série- figura 6.23), somando novos argumentos à hipótese de substituição das chuvas menores pelas chuvas de grande intensidade e baixa freqüência.

A análise dos gráficos permite constatar duas características importantes: de um lado, o predomínio das chuvas intensas no total dos desvios positivos e, de outro lado, a ocorrência de grandes desvios

positivos também no período do inverno, sinalizando para a possibilidade de ocorrência de eventos catastróficos em outras épocas do ano que não apenas no verão, fato este que já vem sendo constatado nos trabalhos de Amaral (1996), Amaral e Feijó (2004), D'Orsi *et al* (2000) e Silva *et al* (2000).

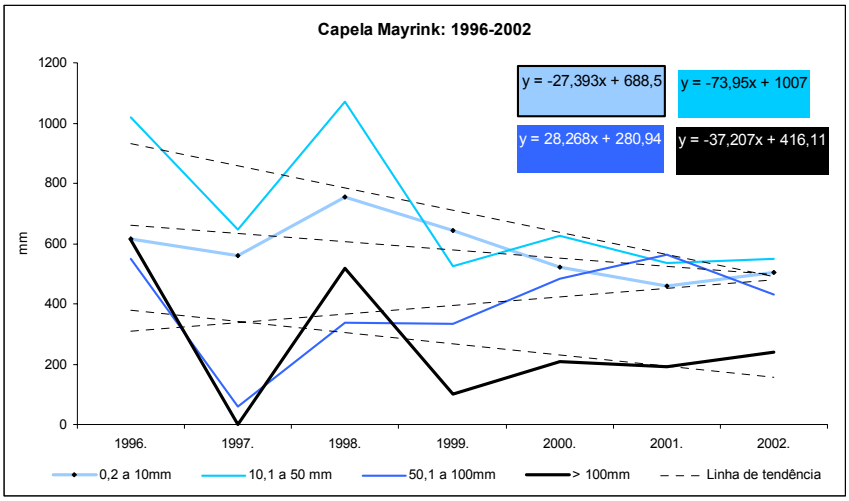


Figura 6.23- Gráfico da freqüência anual dos eventos pluviométricos no último período estudado (1996-2002), por classe de intensidade[11], para a Estação Capela Mayrink.

Considerando que a maior parte destes eventos de alta intensidade têm a sua origem associada à geração de frontogênese, muitos destes desvios positivos dos eventos de alta intensidade durante os meses de inverno poderão ser ainda mais intensificados nas próximas décadas, como reflexo de mudanças mais amplas no comportamento da atmosfera, tal como já foi referido anteriormente.

A análise dos dados das demais Estações trabalhadas, demonstra um comportamento bastante semelhante (quadro 6.4) ao apresentado pela Estação Capela Mayrink no último período, ou seja, uma tendência de queda das chuvas maiores (classes 3 e 4) durante o verão (em quatro

[11] Comportamento semelhante a este gráfico foi encontrado na análise da freqüência de classes de chuva das demais Estações pesquisadas. A classe 3 (50,1 a 100mm) foi à única classe que apresentou tendência de crescimento para todas as Estações. De outro lado, a classe 1 (0,2 a 10mm) apresenta tendência de queda em todas as Estações, e a classe 2 (10,1 a 50mm) apresenta tendência positiva apenas na Estação Jardim Botânico, com tendência de queda nas demais.

das cinco Estações) e das chuvas menores (classes 1 e 2) durante o inverno (em quatro das cinco Estações).

Quadro 6.4- Coeficientes de inclinação (m) da reta de tendência para os dados de freqüência das classes de intensidade de chuva de cinco das seis Estações trabalhadas (período 1997-2002), com base no cálculo de regressão.

		Sumaré	são Conrado	jardim botânico	Grajaú	tijuca
verão	classe 1	1,47	-12,34	3,25	1,78	-1,27
	classe 2	*30,38	-18,03	-15,73	*18,11	-6,19
	classe 3	**-5,35	*41,25	8,92	-8,51	-13,73
	classe 4	-46,98	-21,13	-15,40	-29,01	-35,75
inverno	classe 1	-6,79	-19,12	**-7,64	-1,57	**-7,36
	classe 2	*-16,58	-0,45	9,92	-3,90	-18,45
	classe 3	-20,49	-11,64	*16,35	1,61	**18,44
	classe 4	19,79	**15,60	0,00	0,00	0,00

* estatisticamente significante a 0,1
** estatisticamente significante a 0,05

Com exceção de uma pequena tendência de queda (m= -0,7) das chuvas maiores durante o inverno, na Estação Sumaré, todas as demais Estações apresentam uma clara tendência de aumento das chuvas maiores no período do inverno.

No que se refere à análise do comportamento das classes de chuva na Estação Capela Mayrink, resta-nos apenas uma questão a ser analisada, que se refere às mudanças de comportamento das classes de chuva entre o regime médio da série, o regime dos anos chuvosos e o regime dos anos secos.

A figura 6.24 nos ajuda a compreender melhor esta diferença de comportamento das classes de chuva em diferentes regimes. Percebe-se que na média da Série (figura 6.24-a e b), a proporção entre as classes de chuva se mantém com grande homogeneidade ao longo de todos os meses do ano, resultando em um regime de baixa variabilidade, tal como já havíamos identificado na análise do regime médio mensal (figura 6.8). Neste regime médio, as chuvas menos intensas condicionam os totais

mensais, tendo em vista a sua maior contribuição nestes totais (figura 6.20), já que prevalecem em 11 dos 12 meses do ano.

Já no regime dos anos chuvosos, embora todas as classes apresentem um acréscimo de precipitação (figura 4.24-c), concentrado especialmente nos meses de verão (o que passa a demarcar com maior clareza a sazonalidade), é o aumento das chuvas de grande intensidade (figura 6.24 – d) que vai efetivamente definir a elevação dos totais anuais, já que as mesmas prevalecem em 10 dos 12 meses do ano.

De forma análoga, durante os anos secos, embora haja um decréscimo generalizado de todas as classes de chuva, em todos os meses do ano (figura 6.24-e), é a redução das chuvas de grande intensidade (com o praticamente desaparecimento dos eventos de classe 4), que vai definir os pequenos totais anuais que caracterizam este tipo de regime. Durantes estes anos, as chuvas menos intensas voltam a prevalecer em 11 dos 12 meses do ano (exceção apenas ao mês de agosto- figura 6.24-f)).

Uma característica importante no regime dos anos extremos, já sinalizada anteriormente, refere-se à grande amplitude na variabilidade do mês de fevereiro, e que a partir daqui, começa a ser entendida com maior detalhe. Percebe-se que, durante os anos chuvosos, ao contrário dos outros meses do ano, as responsáveis pelo grande desvio positivo do mês de fevereiro são, na maior parte, as chuvas de baixa intensidade. É possível identificar, pelo gráfico, um aumento expressivo das chuvas de grande intensidade, ligadas diretamente aos momentos de frontogênese. Todavia, o aumento ainda maior das chuvas de baixa intensidade, muito provavelmente decorra de mecanismos pós-frontais, ou de frentes estacionárias, que produzem um aumento da freqüência com conseqüente redução da intensidade dos eventos[12].

[12] Temos consciência de que a comprovação de tal hipótese está muito além da capacidade deste trabalho, posto que a correta definição da gênese de cada evento

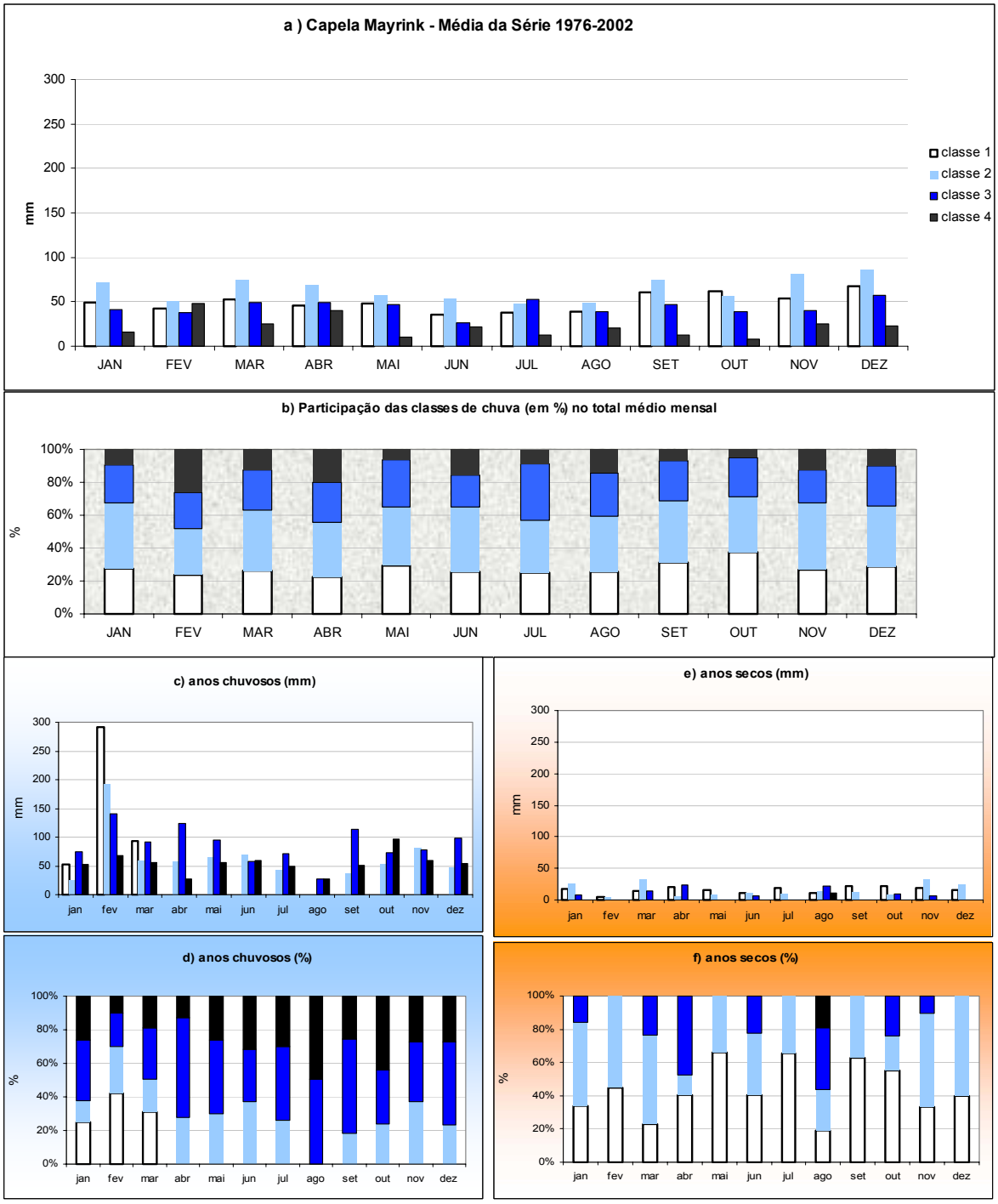


Figura 6.24- Distribuição média das classes de chuva ao longo dos meses do ano na Estação Capela Mayrink, durante o regime médio da série (a e b), durante os anos chuvosos (c,d) e durante os anos secos (e,f).

---

pluviométrico apresenta-se como um desafio ainda pouco enfrentando pelos climatólogos. Segundo Galvani e Azevedo (2003), "*como as séries históricas se constituem por registros de totais pluviométricos diários, não há como distinguir a gênese exata da chuva com tal detalhamento, a partir de registros tão grosseiros. Por isto, habitualmente, toda esta precipitação é tratada em conjunto como oriunda ou derivada da passagem da frente polar*"(p.2)

Em se tratando do comportamento de anos de extremos pluviométricos, aos quais se associou a ocorrência de inúmeros desastres naturais, é provável que o mecanismo de detonação destes desastres resida exatamente na associação entre estas diferentes intensidades de chuva, e não apenas no fortalecimento de uma delas.

Por outro lado, a análise dos gráficos também permite visualizar com bastante evidência que os grandes desvios negativos dos meses de fevereiro, no regime de anos secos, são atribuídos à ausência das chuvas de grande intensidade; ausência esta que tanto pode estar ligada, em alguns casos, ao fortalecimento e dominância da Massa Tropical Atlântica (Mta) quanto, em outros casos, à retração da Mta, com rápida passagem da Frente Polar em direção ao Nordeste brasileiro. Ambas as situações acabam resultando na redução ou ausência dos eventos de frontogênese.

6.1.5- Variabilidade pluviométrica durante os eventos de el niño e la niña

Segundo Philander e fedorov (2003), restam ainda muitas incertezas acerca do papel desempenhado pelas variações de temperatura ao nível da superfície do Oceano Pacífico, na variabilidade pluviométrica das diferentes regiões do globo.

Para o presente estudo, buscou-se apenas determinar a média mensal dos desvios pluviométricos durante os meses de ocorrência conhecida dos dois fenômenos, segundo a relação apresentada por Trenberth (*apud* Nery *et al*, 2003). Objetivou-se com isso, evidenciar a possibilidade de estabelecer algum tipo de correlação entre a ocorrência destes fenômenos e o comportamento sazonal das chuvas, no entorno do Maciço da Tijuca.

Os resultados, apresentados na figura 6.25, chamam a atenção especialmente para os desvios mais expressivos, que ocorrem nos meses

de verão. No caso dos meses sob a influência de El Niño, observa-se, na média dos meses de verão, um desvio positivo das precipitações em todas as Estações trabalhadas, sendo que para cinco delas, este desvio apresenta-se bastante expressivo. A hipótese preliminar, neste caso, é de que durante os períodos de ocorrência deste fenômeno, a propagação de temperaturas atmosféricas mais elevadas fortaleça o sistema intertropical e, conseqüentemente, a geração de frontogênese sobre as regiões Sul e Sudeste do Brasil, permitindo a ocorrência de eventos pluviométricos mais intensos. Nesta perspectiva, três dos cinco anos mais chuvosos da Estação Capela Mayrink (1979, 1983 e 1998) foram períodos de ação intensa de El Niño.

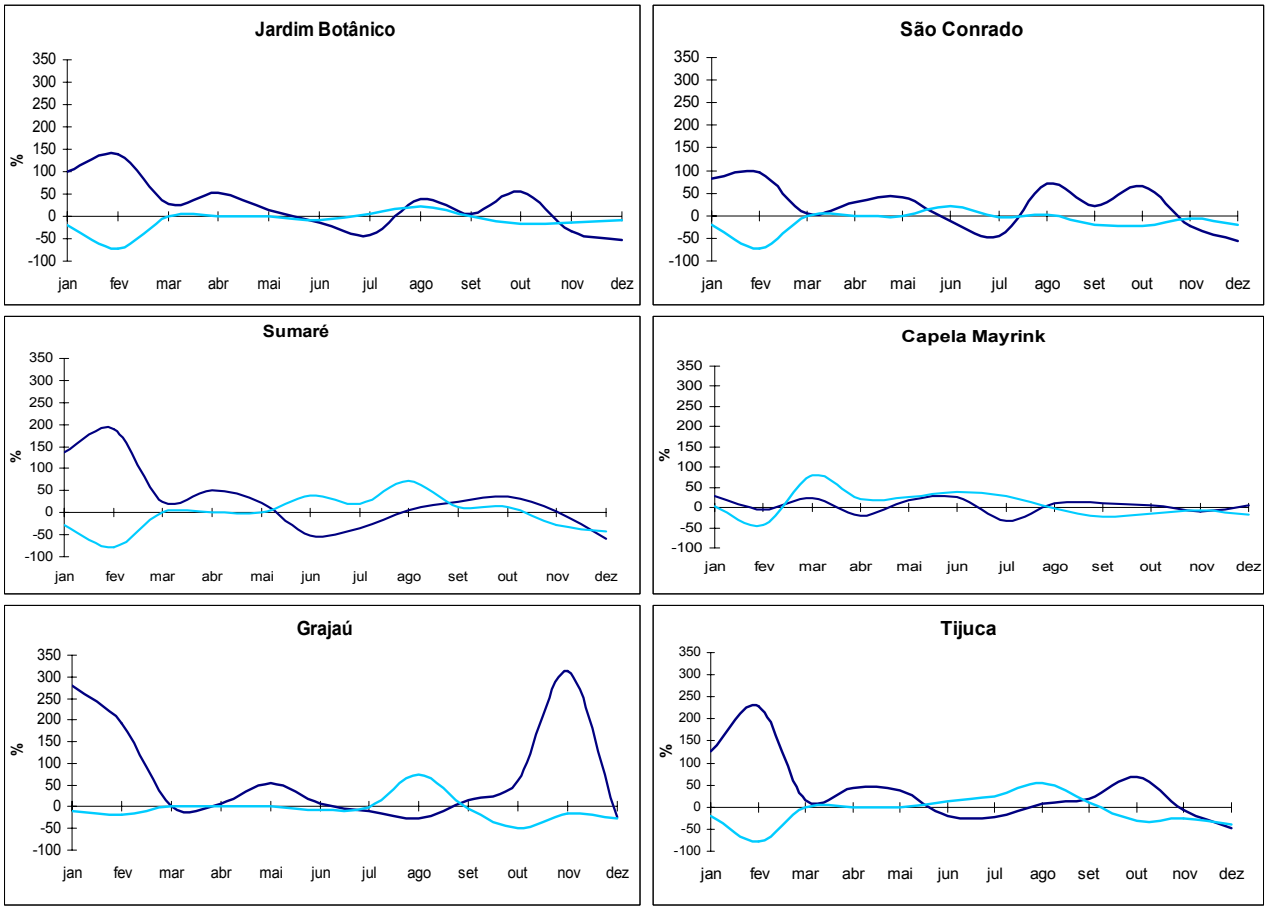


Figura 6.25- Média dos desvios pluviométricos das Estações trabalhadas(% em relação á média da série) nos meses em que foi registrada a ocorrência dos fenômenos de El Niño (linha azul escuro) e La Niña (linha azul claro).

Confirmando esta interpretação, CIDE (2000a) comenta: "*no Rio de Janeiro, os efeitos do El Niño 1997-98 estiveram relacionados com o aumento médio das temperaturas do ar (...) e precipitações intensas de curtíssimo período (...)*".

Já nos períodos de ocorrência de La Niña, a hipótese mais provável para os desvios negativos que se apresentam em todas as Estações durante os meses de verão, é a de que a Massa Polar Atlântica, ao passar pela região Sudeste, se desloque com uma velocidade maior do que nos demais períodos, promovendo resultantes pluviométricas mais intensas nas latitudes mais baixas, como o nordeste brasileiro, por exemplo.

6.2- A PRESSÃO URBANA SOBRE O MACIÇO DA TIJUCA NOS DIAS ATUAIS

Os dados do último censo demonstram que não apenas o conjunto da cidade do Rio de Janeiro acelerou o seu crescimento populacional (média de 0,73% ao ano de 1991 a 2000, contra 0,67% aa no período 1980 a 1991), mas que a população favelada tem crescido num ritmo ainda superior ao da cidade, abrangendo atualmente 18,7% da população carioca (contra 16% em 1991 e 14% em 1980). Segundo César (2002),

> a taxa de crescimento dos setores subnormais[13] é de 2,4% ao ano, enquanto que o resto da cidade cresce apenas 0,38% ao ano. Isso quer dizer que as favelas crescem em um ano o que o asfalto leva mais de seis anos para crescer, no conjunto. E o crescimento das favelas se acelerou recentemente, pois na década anterior a população dos setores subnormais havia crescido apenas 1,91% ao ano. (p.03)

Já no que se refere ao Maciço da Tijuca mais especificamente, podemos identificar duas fontes principais de pressão urbana. De um lado, o que podemos denominar de "interfaces próximas", representadas tanto

[13] Para o IBGE (2001), ***aglomerados subnormais*** são grupos de mais de 50 unidades habitacionais dispostas de modo "desordenado e denso", sobre solo que pertence a terceiros, e "carente de serviços públicos essenciais".

pela urbanização consolidada de alta densidade da zona norte da cidade, quanto pela crescente urbanização ainda não consolidada, na vertente oeste.

De outro lado, aquilo que chamaremos de "interfaces internas", representadas pelas áreas de ocupação no interior da APARU-ABV, acima da cota 100, que corresponde a uma ocupação heterogênea de fragmentos de baixa renda dispersos em uma matriz urbano-florestal de baixa densidade de ocupação e alta renda (figura 6.26).

Mesmo considerando todas as restrições legais à ampliação desta segunda forma de pressão urbana, os dados apresentados pelo poder público demonstram claramente que ela continua a evoluir (figura 6.27) numa taxa superior a 25 ha por ano[14] nos maciços costeiros do município. A partir do modelo de simulação espaço-temporal desenvolvido por Baca (2002), é possível evidenciar ao menos quatro tendências bastante significativas para o processo de ocupação urbana nos arredores do Maciço da Tijuca:

[14] A pesquisa desenvolvida por GEOHECO/SMAC (2000) só para o Maciço da Tijuca, mostra um aumento médio de 36,4 ha/ano de urbanização entre os anos de 1972 e 1996.

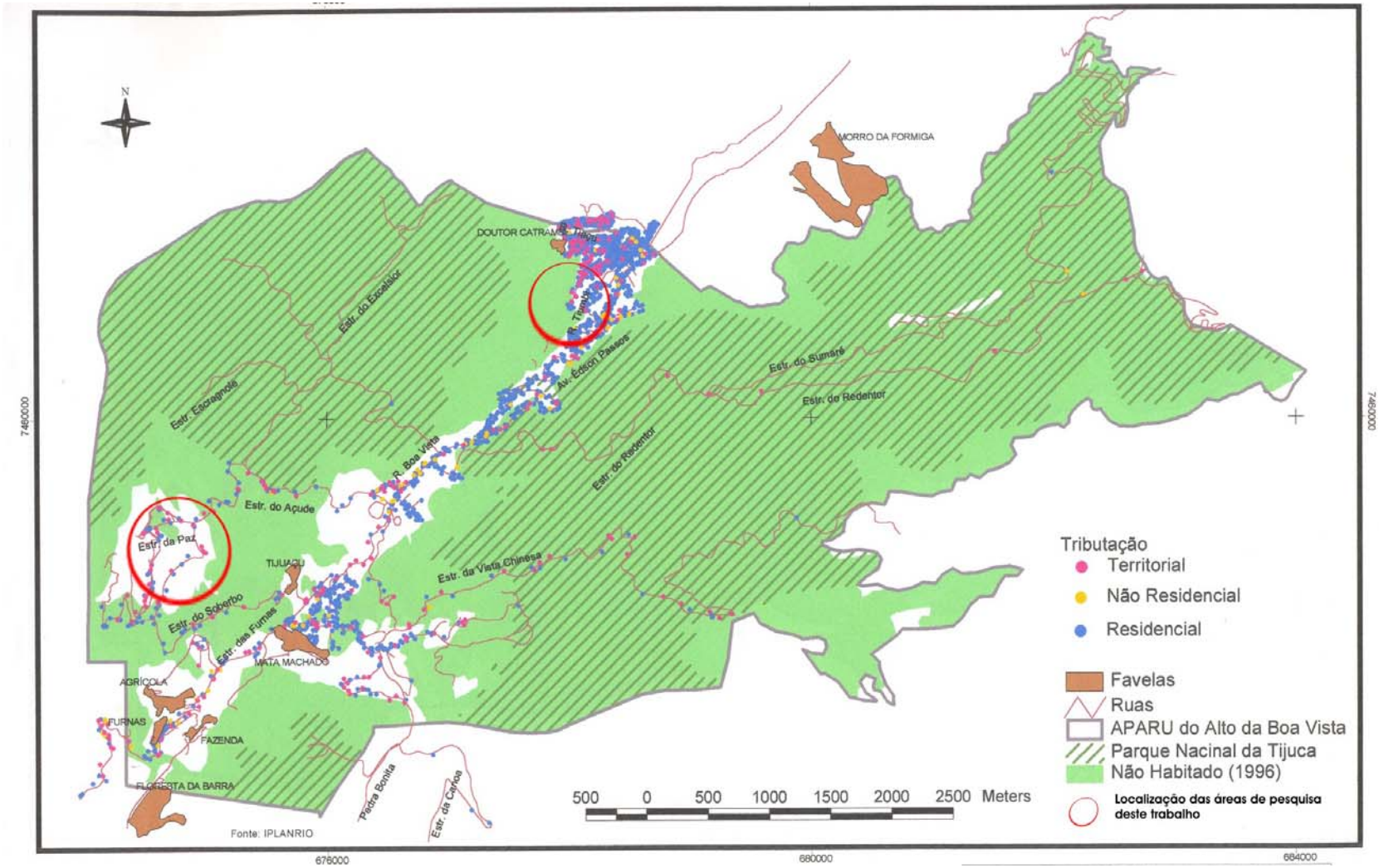


Figura 6.26- Ocupação urbana no interior da APARU-ABV em 1999, com destaque para as duas áreas-laboratório utilizadas neste trabalho.
Fonte: GEOHECO/SMAC (2000)

a) de um lado, o esgotamento do processo de ocupação da vertente norte (sub-sistema hidrográfico da baía de Guanabara), já atualmente muito degradada e com poucas alternativas para a expansão horizontal futura, excetuando-se o seu setor NE, onde efetivamente percebe-se uma grande possibilidade de transformação. Esta tendência se reflete nos dados do último censo, onde a população favelada diminuiu em termos absolutos tanto na Tijuca quanto em Vila Isabel, quando comparado com o censo anterior.

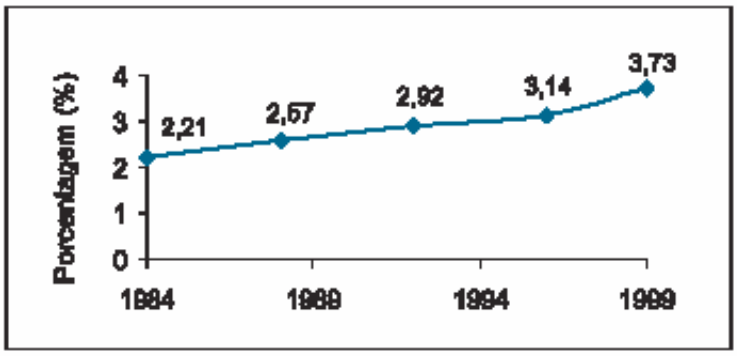


Figura 6.27- Evolução da área urbana acima da "cota 100m" (% em relação à área total), nos maciços costeiros do Rio de Janeiro, entre 1984 e 1999.
Fonte: PMRJ, 2002.

Para César (2002), "*esses resultados podem decorrer de uma diminuição do número de filhos das famílias, de menos migração (ou mobilidade entre bairros) em direção a essas favelas, ou de uma combinação das tendências*" (p.05).

Por outro lado, os dados apresentados por Ribeiro (1999) para o período 1980-1991 (figura 6.28), nos fornecem uma nova informação acerca desta dinâmica regressiva. A análise da figura nos permite concluir que a dinâmica populacional dos bairros da vertente norte tende a refletir um processo de acelerada valorização do solo urbano nesta área, com substituição progressiva de aglomerados "sub-normais" por construções formais.

Neste caso, a população "substituída" estaria incorporando o crescimento da população favelada observado em outras áreas da cidade, especialmente na vertente oeste do maciço.

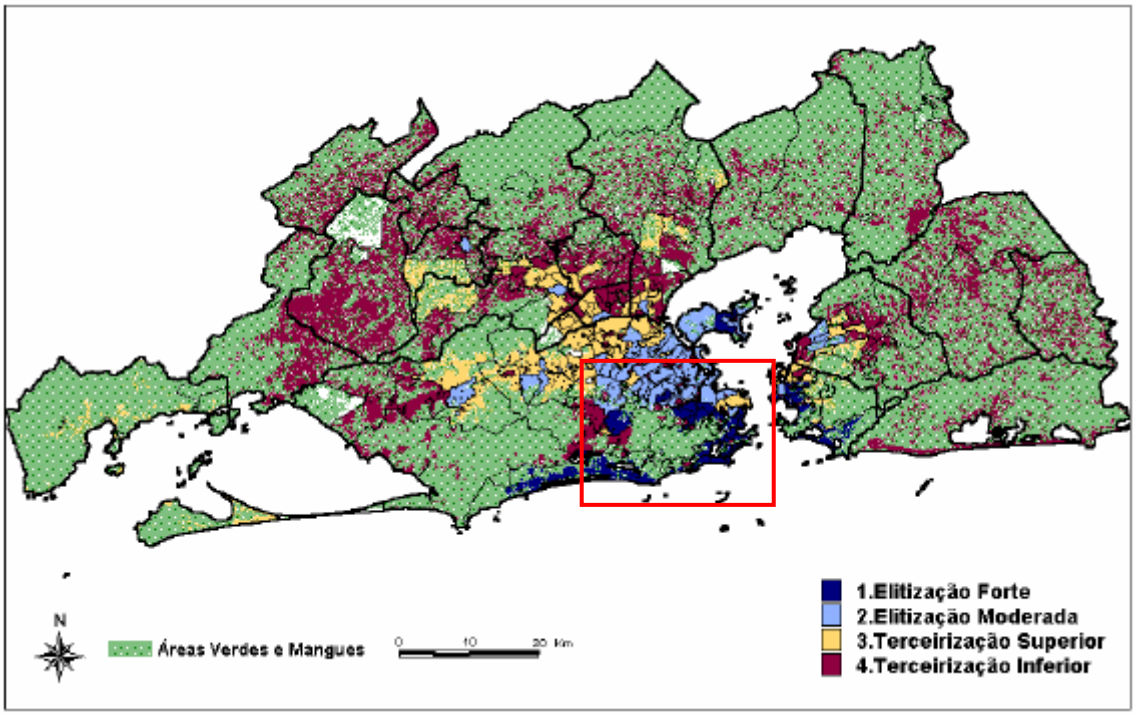


Figura 6.28- Evolução da estrutura socioespacial na metrópole do Rio de Janeiro entre 1980 e 1991, com destaque para a área de entorno do Maciço da Tijuca.
Fonte: Ribeiro (1999).

b) de outro lado, o avanço acelerado do processo de expansão urbana nas encostas da vertente sul (atualmente com uma floresta em melhor estado de conservação que a vertente norte), pelo alto preço do mercado imobiliário da região do entorno;

c) outra tendência importante refere-se ao grande vetor de retração florestal representado pelo eixo de ligação da zona norte com a Barra da Tijuca (avenida Edson Passos- Estrada das Furnas), ampliando o isolamento dos três setores do Parque Nacional da Tijuca;

d) paralelamente, observa-se a ocupação das encostas da vertente oeste (sub-sistema hidrográfico de Jacarepaguá) pelas gramíneas, refletindo a intensificação da dinâmica de ocupação atualmente em curso, como prenúncio do adensamento urbano que vem se estendendo

desde o seu setor NW. Este processo é fortemente acentuado por César (2002), ao afirmar:

> Entre os dois censos, o Rio ganhou 210 mil novos moradores em aglomerados subnormais. Desses, uma terça parte se instalou nas regiões da Barra da Tijuca e Jacarepaguá (que tem apenas 12% da população total). O cadastro de favelas indica que combinou-se ali o crescimento horizontal e vertical das favelas antigas (com destaque para o Rio das Pedras) com o surgimento de novas comunidades, especialmente à custa de áreas de preservação ambiental. (p.7)

O mapa apresentado na figura 6.29 reflete de forma bastante evidente este crescimento urbano da vertente oeste, quando comparamos a produção de novas unidades residenciais entre os três subsistemas do Maciço.

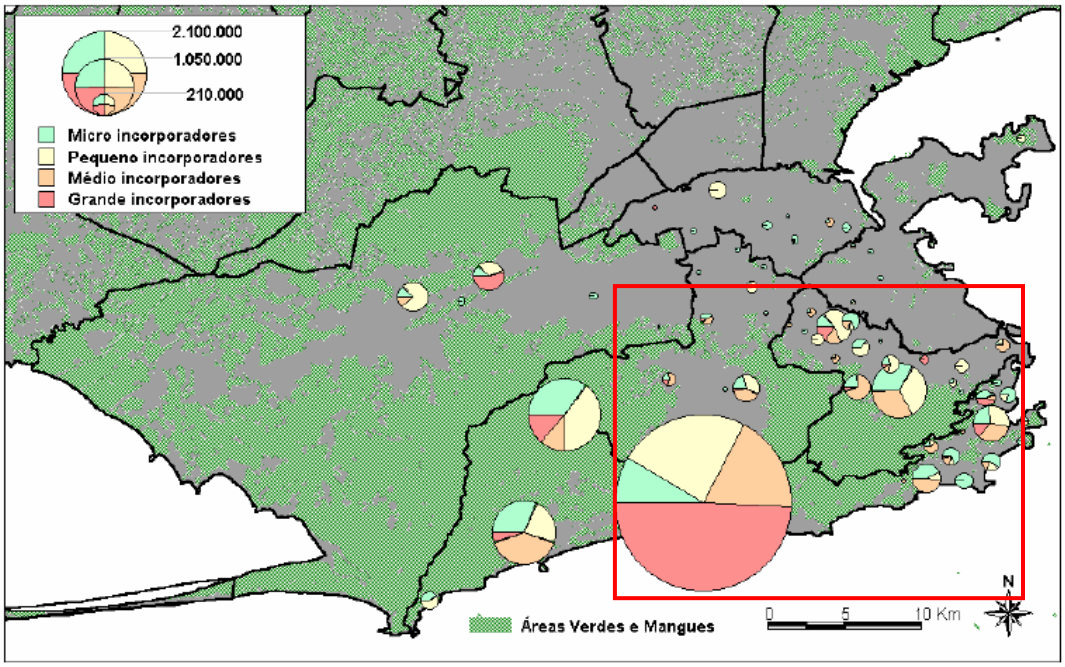


Figura 6.29- Distribuição da produção empresarial de unidades residenciais, por tipos de incorporadores, nos bairros do Município do Rio de Janeiro (1990/1998), com destaque para o Maciço da Tijuca.
Fonte: Ribeiro (1999)

Para se ter uma idéia desta concentração do crescimento urbano, segundo Ribeiro (sd), durante os anos 90, só a Barra da Tijuca concentrou 50% dos empreendimentos imobiliários da cidade do Rio de Janeiro.

Acompanhando este rápido crescimento urbano formal (1,6% ao ano) da vertente oeste, a região também apresenta a maior taxa de crescimento da população em favelas do município (3,9%).

6.2.1- Urbanização, capim e fogo: uma perigosa combinação.

A abertura de novas áreas de loteamento ou mesmo a expansão de áreas mais antigas, nas proximidades das bordas florestadas, trás como conseqüência imediata uma degradação do padrão estrutural da vegetação e, em médio prazo, a sua substituição por áreas de gramíneas (Freitas, 2001).

As gramíneas passam, dessa forma, a constituir um "envoltório" para a maior parte das áreas florestadas na interface com a cidade.

Em pesquisa na bacia do Canal do Mangue, Figueiró e Coelho Netto (2003) identificaram que 54% das bordas florestais da bacia estão em contato direto com a gramínea. Esta situação potencializa a ocorrência de queimadas (detonadas pela queima de lixo, balões ou oferendas religiosas), resultando em um impacto ainda maior sobre os indivíduos na borda da floresta. Segundo Figueiró e Coelho Netto (2003),

> A permanência das áreas de gramíneas, "intermediando" o espaço entre a floresta e a cidade, representa um foco potencial de degradação das bordas florestais, além de servir de testemunho do limite pretérito da floresta. (p.08)

Visando estabelecer um quadro mais preciso para o Maciço da Tijuca acerca desta perigosa combinação, buscou-se analisar as ocorrências de fogo na área do Maciço, correlacionando-as com as formas de uso do solo.

6.2.1.1- RESULTADOS ENCONTRADOS

As ocorrências de incêndio selecionadas apresentaram-se relativamente bem distribuídas dentro do período analisado (figura 6.30),

embora com uma pequena tendência de aumento a partir de 1999, o que seguramente está ligado a um regime de precipitação anual mais reduzido, tal como se pode verificar na figura 6.31.

Este quadro apresenta-se bastante preocupante, uma vez que a ocorrência de um ano chuvoso sucedendo a esta série de anos mais secos e com maior incidência de incêndios, poderá deflagrar processos erosivos mais intensos, tal como nos lembra Freitas (2001):

> Os principais eventos erosivos derivados do fogo são, portanto, temporalmente dispersos, e catastróficos, pois dependem de eventos de precipitação mais intensos, no caso da erosão subsuperficial, e da combinação de fogo e chuvas subseqüentes, que quando são em alta intensidade devem causar mais erosão do que muitos anos seguidos de chuvas em áreas cobertas de vegetação. (p.123)

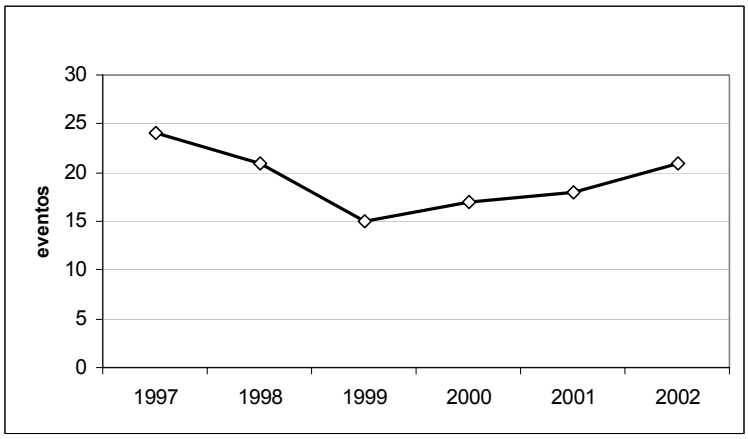


Figura 6.30- Gráfico de ocorrência anual de incêndios dentro do Maciço da Tijuca entre 1997 e 2002.
Fonte: Dados do Corpo de Bombeiros

A maior parte destes eventos ocorre durante a estação de inverno, associados ao período de menor pluviosidade e maior ressecamento da vegetação (figura 6.32). Deve-se notar também, que os meses de inverno correspondem ao período de maior incidência de balões, por decorrência das festas juninas.

Não por outro motivo, apenas os meses de junho a setembro apresentam registro em todos os anos do período analisado.

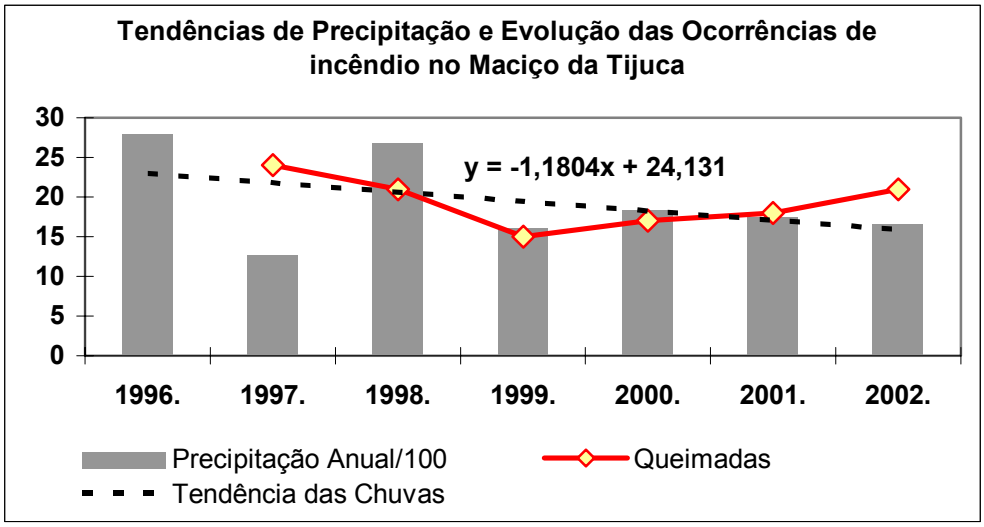


Figura 6.31- Gráfico comparativo entre a tendência anual de precipitação para os dados da estação Capela Mayrink (totais anuais divididos por 100) e o número anual de ocorrências de incêndio para o Maciço da Tijuca, entre 1997 e 2002.

Já com relação às áreas de gramíneas, os resultados apontaram que 45% das ocorrências de incêndio no Maciço da Tijuca, entre 1997 e 2002, foram detonadas em áreas de gramíneas, contra apenas 16% em áreas de floresta conservada (figura 6.33).

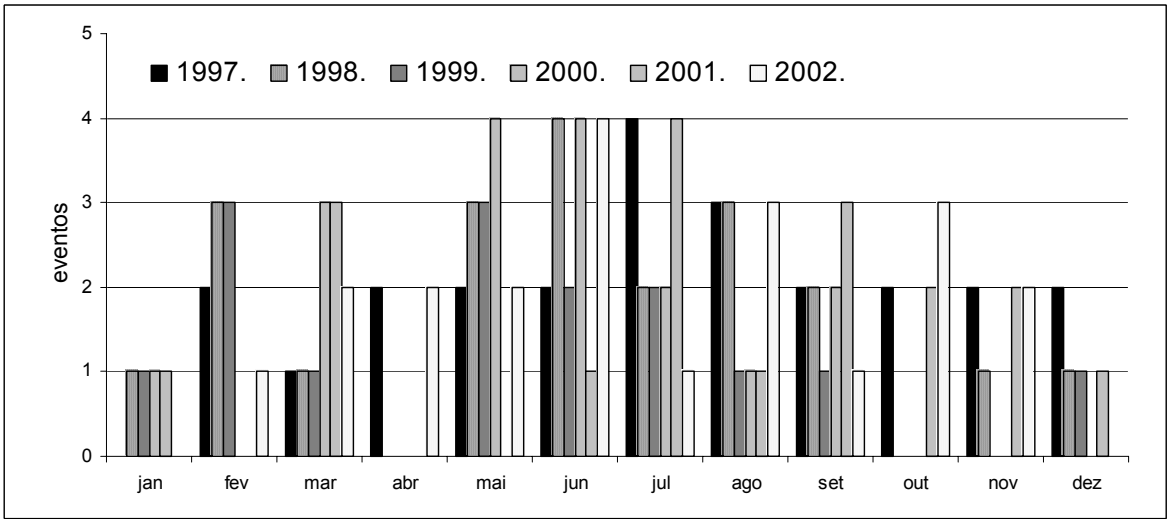


Figura 6.32- Distribuição mensal das ocorrências de incêndio dentro do Maciço da Tijuca entre 1997 e 2002.
Fonte: Dados do Corpo de Bombeiros

Deste total de ocorrências de incêndio em gramíneas, 78,3% tinha o uso urbano como área adjacente, configurando tipos de interface extremamente vulneráveis, classificadas como bordas de tipo 1, 3 ou 4[15], ou seja, área urbana em contato com capim, na adjacência de floresta conservada, floresta secundária inicial ou de floresta secundária tardia.

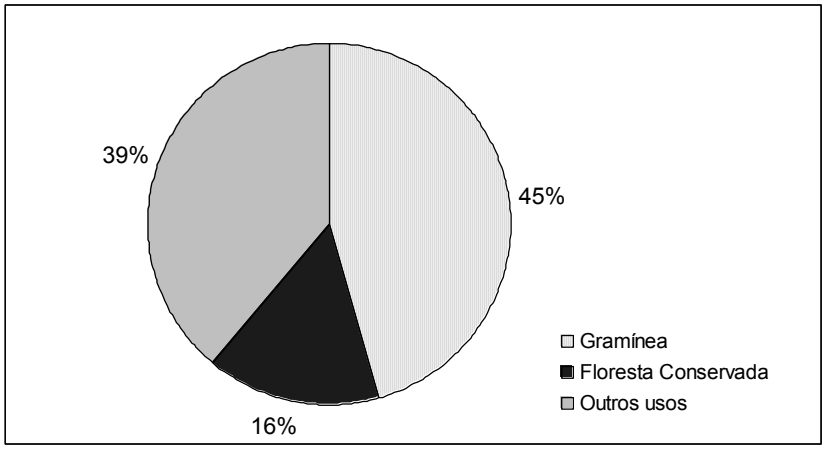


Figura 6.33- Forma de uso do solo existente nas áreas de detonação de incêndios no Maciço da Tijuca entre 1997 e 2002.
Fonte: Dados do Corpo de Bombeiros

Tendo em vista o alto percentual de incêndios em áreas de gramíneas, é bastante provável que muitos destes locais já estejam inseridos em um "ciclo de degradação" (Freitas, 2001), ou seja, a ocorrência de um incêndio degrada a vegetação ao redor e, ao mesmo tempo, cria as condições necessárias para a ocorrência de outros eventos sucessivos.

Os resultados acima apresentados demonstram a importância das áreas de gramíneas para a detonação e propagação das ocorrências de incêndio. Considerando as indicações de GEOHECO/SMAC (2000), de que o fogo é, ao lado da expansão urbana, o maior agente de alteração do geoecossistema florestal do Maciço da Tijuca, cabe-nos ressaltar a afirmação de Freitas (2001), de que "*há a necessidade de recuperação*

[15] Ver capítulo 2, figura 2.16

de áreas degradadas por fogo, como forma de melhorar a qualidade de vida na cidade do Rio de Janeiro" (p.02).

6.2.2- Caracterização da pressão urbana nas "zonas de borda"

6.2.2.1- PRESSÃO URBANA NA ÁREA DO CATRAMBI

As vizinhanças da borda florestal do Catrambi compreendem aproximadamente 1837 domicílios (sendo 48,9% de casas e 51,1% de apartamentos), onde vivem 5045 pessoas, perfazendo uma média de 2,7 habitantes por domicílio.

Como representa um prolongamento do bairro da Tijuca (figura 6.34), na transição para o Alto da Boa Vista, esta área apresenta uma alta densidade de construções de alto e médio padrão, intercaladas com construções de baixa renda e favelas, permitindo a coexistência de um agrupamento populacional bastante heterogêneo, o que acaba se refletindo em práticas ambientais também heterogêneas com relação às áreas florestais presentes na região.

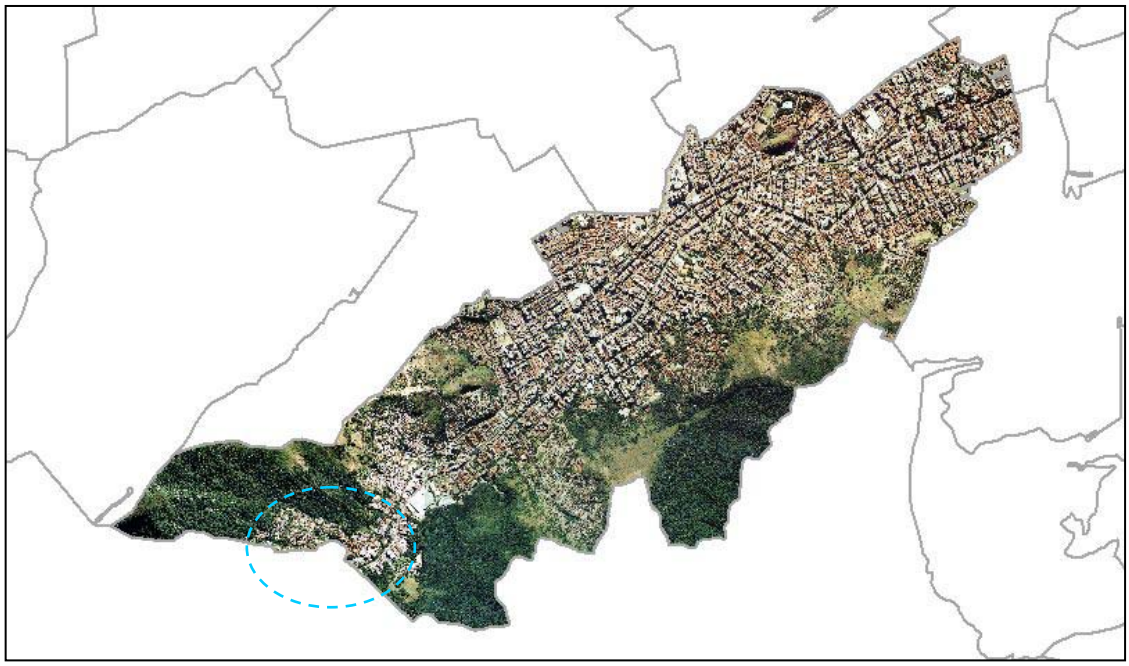


Figura 6.34- Ortofoto do bairro da Tijuca, com destaque para a área da Usina, onde se situa a área-laboratório do Catrambi.

Por um lado, a ocupação mais antiga desta área e a grande densidade de construções, geram uma urbanização relativamente mais estabilizada, tal como salientam GEOHECO/SMAC (2000):

> Do fato de que a ocupação desta vertente mantenha uma forte relação metabólica com a expansão do centro nervoso da cidade e com a geoecologia do próprio Maciço decorre a propriedade de alta densidade e estabilidade desse espaço. (p.68)

Por outro lado, a pressão natural do crescimento urbano, restringida pela presença dos limites da floresta, gera nesta área duas características peculiares: em primeiro lugar, um "esvaziamento" populacional de alguns núcleos antigos de ocupação, acompanhando a tendência de toda a zona norte da cidade, tal como já se fez referência anteriormente.

Em segundo lugar, o crescimento de novos núcleos de favelização ao longo das encostas, muitos dos quais se espalham por baixo das copas das árvores, sem a remoção imediata da floresta.

Esta alta densidade de urbanização se expressa, em termos de uso e cobertura do solo, em uma grande proporção de área impermeabilizada, tal como se pode verificar na figura 6.35.

Com efeito, a "Área impermeabilizada" constitui a classe de uso do solo "*mais contrastante com a floresta, e é a que representa a intensidade da ocupação humana em cada área (com as correspondentes pressões antrópicas relacionadas)*" (Moulin, 2005).

Estas áreas impermeabilizadas condicionam não apenas uma redução na capacidade de armazenamento da água do escoamento superficial, como também uma maior elevação da temperatura local, acentuando as diferenças microclimáticas já naturalmente existentes na borda da floresta (Malcolm, 1998).

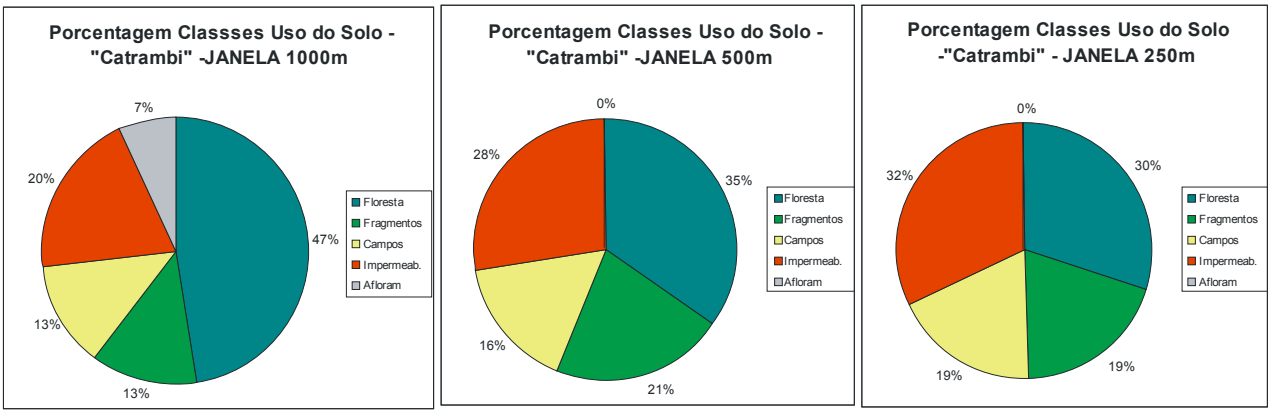


Figura 6.35- Gráficos das formas de uso e ocupação do solo no entorno dos transectos de pesquisa do Catrambi, para janelas de 250, 500 e 1000m de lado.

A análise da figura acima revela a expressiva participação da classe de "área impermeabilizada" no uso e cobertura do solo no Catrambi. O aumento da participação da classe de "floresta conservada", da menor para a maior "janela", se deve ao fato de que as "janelas", ao terem ampliada a sua área de abrangência, o são tanto para fora quanto para dentro dos limites da floresta. Isso acaba ampliando a participação da floresta conservada na mesma medida em que se amplia o tamanho da janela.

No entanto, podemos analisar as formas de uso e cobertura apenas para a área externa da floresta. Neste caso, é preciso lançar mão de um recurso de análise, excluindo a classe de "floresta conservada" e recalculando a participação das demais, tal como se pode verificar na figura 6.36.

A análise dos resultados expressa claramente a superioridade da área impermeabilizada sobre as demais formas de ocupação do solo, chegando próximo aos 50%. Apenas para a "janela" de maior área há um pequeno decréscimo, devido o aparecimento de um paredão rochoso e uma topografia a ele associada, que limitou a ocupação urbana na porção SE da área.

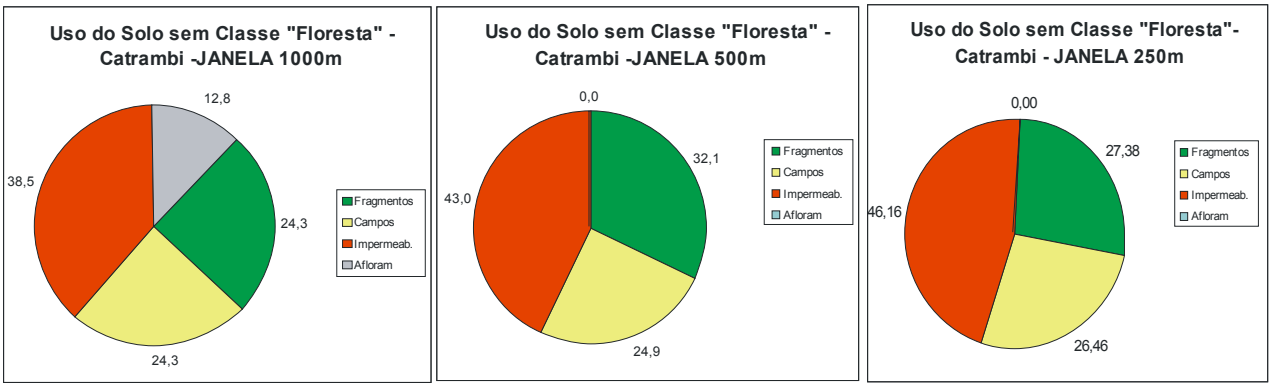


Figura 6.36- Gráficos das formas de uso e ocupação do solo (excluída a classe de "floresta conservada") no entorno dos transectos de pesquisa do Catrambi, para janelas de 250, 500 e 1000m de lado.

A participação das áreas de fragmentos e de campos também pouco se modifica a medida em que nos afastamos da borda, o que nos dá a idéia de uma certa regularidade na forma de ocupação do solo nesta área.

Já no que se refere à qualificação da ocupação urbana, os gráficos da figura 6.37 não deixam dúvida quanto à "integração" desta área ao restante da cidade, uma vez que quase 90% das residências estão ligadas à rede geral de esgotamento sanitário, e um percentual ainda maior se abastece da rede geral de fornecimento de água.

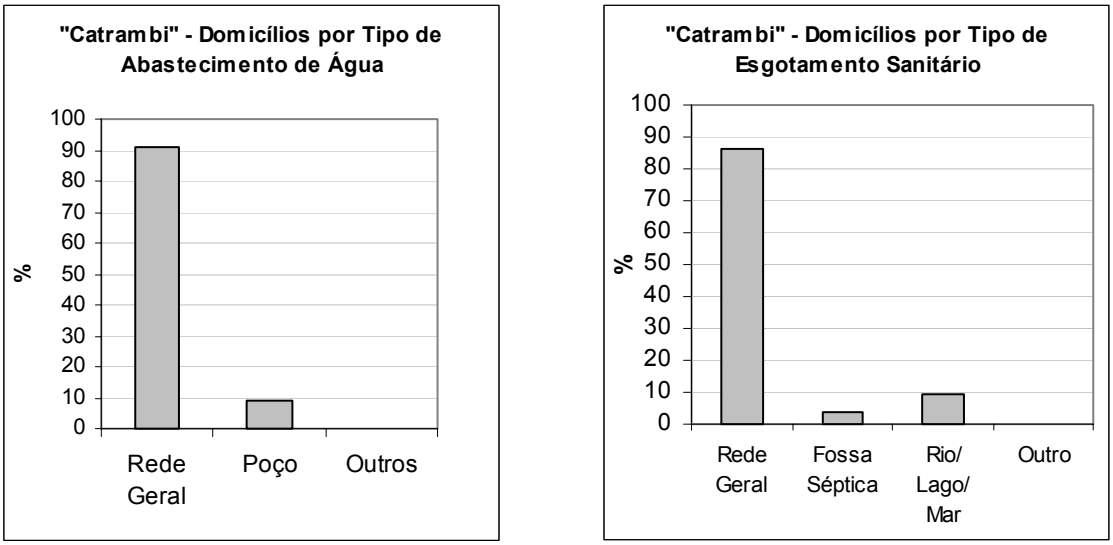


Figura 6.37- Gráficos referentes ao abastecimento de água e esgotamento sanitário nos setores selecionados para a área de pesquisa do Catrambi.

Embora os dados do censo apontem que mais de 95% dos domicílios da área do Catrambi tem o seu lixo recolhido pelo setor público de limpeza, e que não há, entre os entrevistados destes setores, nenhum que faça referência a outras formas de destinação do lixo, as observações de campo nos levam a relativizar estas informações, tal como demonstram os depósitos clandestinos de lixo encontrados no interior da área de pesquisa (figura 6.38).

Por outro lado, uma outra variável nos apresenta um cenário bastante favorável no que se refere à expectativa em relação às práticas ambientais da população residente na área: o grau de escolaridade.

Pelo que se pode verificar na figura 6.39, quase 50% dos responsáveis pelos domicílios nesta área, tem o curso superior completo.



Figura 6.38- Fotos de depósitos clandestinos de lixo encontrados no interior dos transectos pesquisados na área do Catrambi.

Considerando este bom nível cultural da população entrevistada, é de se esperar, ao menos para a área em questão, uma pré-disposição para práticas ambientais mais sustentáveis no entorno da borda da floresta, desde que haja uma política notadamente voltada para esta forma de manejo, tal como discutiremos no capítulo final.

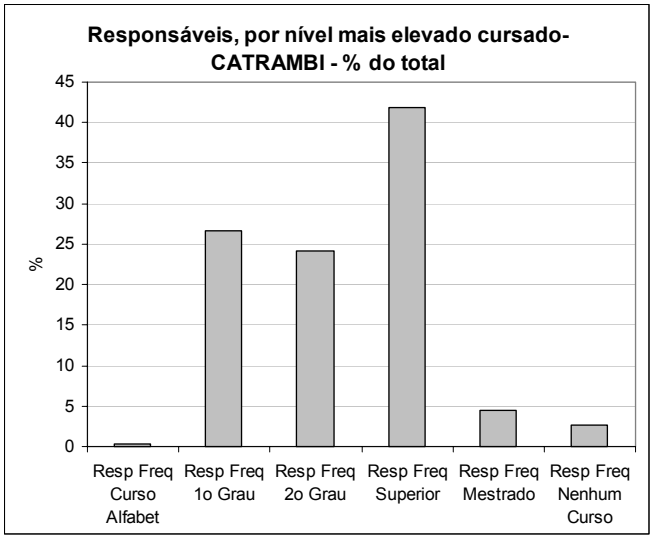


Figura 6.39- Gráfico do grau de escolaridade dos responsáveis pelos domicílios nos setores da área de pesquisa do Catrambi.

6.2.2.2- PRESSÃO URBANA NA ÁREA DO SOBERBO

As vizinhanças da borda florestal do Soberbo compreendem aproximadamente 236 domicílios (sendo 80,5% de casas e 19,5% de apartamentos), onde vivem 2453 pessoas, perfazendo uma média de 10,4 habitantes por domicílio.

Esta maior densidade populacional por domicílio, é acompanhada de um proporcional aumento no tamanho das casas. Embora não se tenham dados especificamente para o setor analisado, as informações da prefeitura municipal demonstram que em todo bairro do Alto da Boa Vista existem aproximadamente 1465 imóveis residenciais, resultando em 217.340 m^2 de área construída, o que significa uma média de aproximadamente 148 m^2 por imóvel, ao contrário do bairro da Tijuca, onde esta média cai para 90,8 m^2 por imóvel.

Da mesma forma, se tomarmos o número de banheiros na residência como um indicador do tamanho do imóvel, podemos observar que as residências com quatro ou mais banheiros assumem uma proporção bem maior na área do Soberbo do que na área do Catrambi .

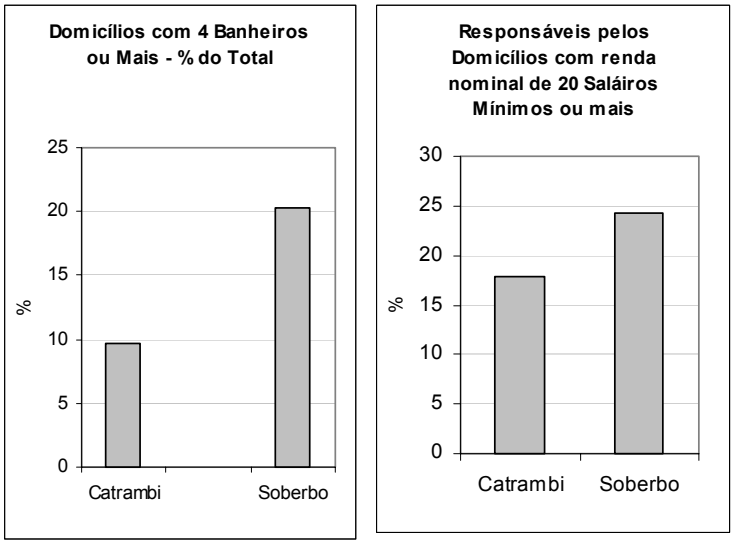


Figura 6.40- Gráficos de qualificação do padrão sócio-econômico de ocupação do Soberbo em relação à área do Catrambi.

Acompanhando esta tendência de maior padrão econômico do Soberbo em relação à área anteriormente analisada, o percentual de responsáveis por domicílio, com renda de 20 salários mínimos ou mais, também sobe para 24%, contra 17% na área anterior (figura 6.40).

Este menor número de pessoas e residências, somado a um padrão mais elevado de ocupação, configura uma pressão urbana menor sobre a borda da floresta, característica essa que é condizente com a função de proteção ambiental a que esta área foi submetida a partir de 1992, com a criação da Área de Proteção Ambiental e Recuperação Urbana do Alto da Boa Vista (APARU-ABV, figura 6.41).

A análise das classes de uso e cobertura do solo corrobora com este diagnóstico de menor pressão urbana, uma vez que a maior participação da classe de "área impermeabilizada" varia de 10% a 21% (contra uma variação de 20% a 32% no Catrambi), tal como se pode visualizar na figura 6.42.

Mesmo quando eliminamos a classe de "floresta conservada", buscando representar apenas as formas de uso e ocupação que se

processam na interface externa da linha de borda, a área impermeabilizada praticamente não ultrapassa o limite dos 30%, como se pode verificar na figura 6.43.

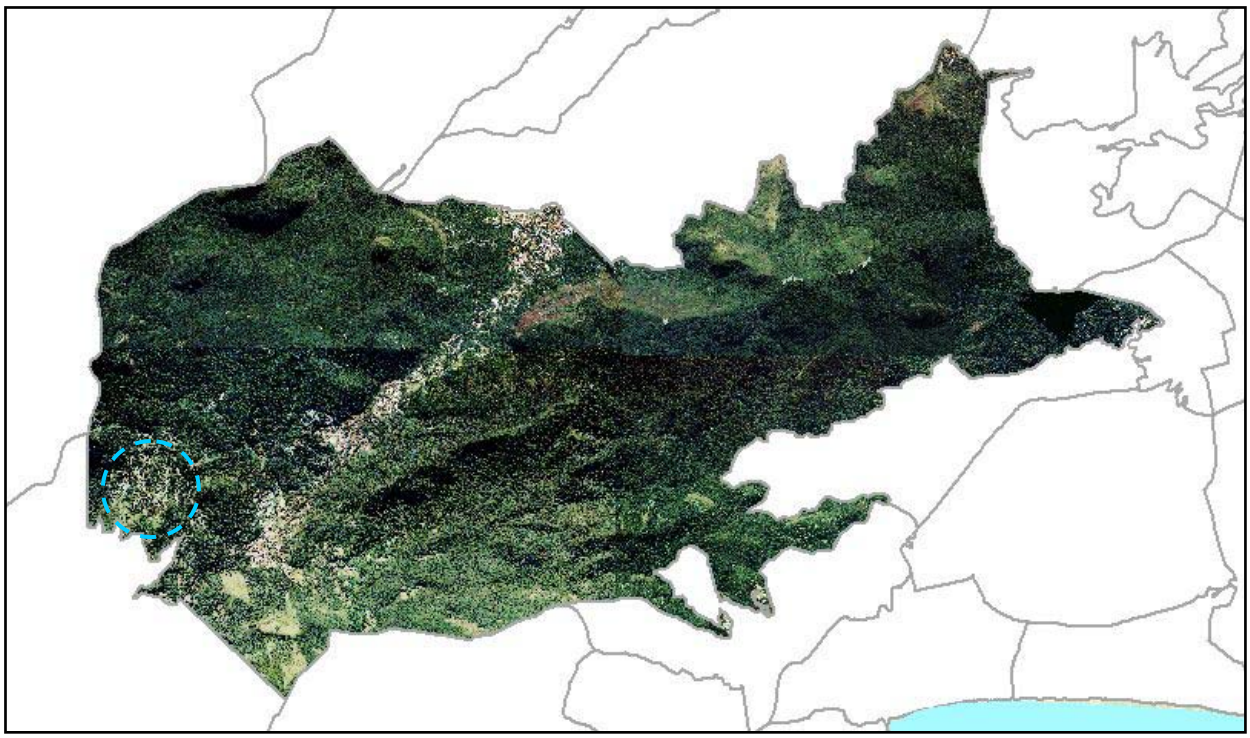


Figura 6.41- Ortofoto da APARU-ABV, com destaque para a área do Soberbo, onde se situa a área-laboratório do Soberbo.

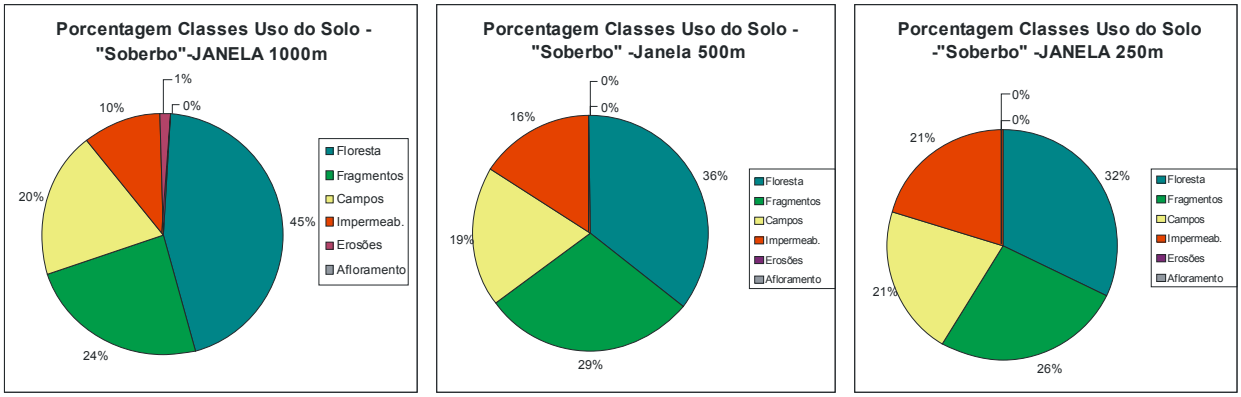


Figura 6.42- Gráficos das formas de uso e ocupação do solo no entorno dos transectos de pesquisa do Soberbo, para as janelas de 250, 500 e 1000m de lado.

Quando analisamos a situação da área impermeabilizada na maior "janela" (100 ha) verifica-se que ela possui a menor participação

(excetuando-se a classe de "solo exposto", que apresenta uma participação insignificante) entre as principais classes de uso e cobertura.

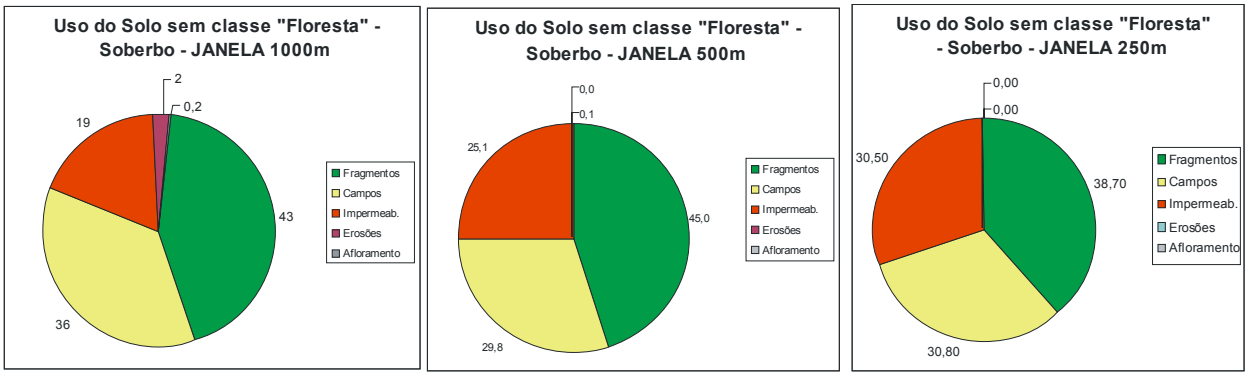


Figura 6.43- Gráficos das formas de uso e ocupação do solo (excetuando a classe de floresta conservada) no entorno dos transectos de pesquisa do Soberbo, para as janelas de 250, 500 e 1000m de lado.

Apenas quando diminuímos a área de abrangência (janelas de 25 e de 6,25 ha, respectivamente), é que a proporção de área impermeabilizada se eleva, o que indica que esta área de baixa densidade de urbanização envolve predominantemente vetores de pressão urbana mais localizados, configurando uma pressão urbana menos intensa quando em comparação à área de alta densidade de urbanização do Catrambi.

Além disso, a proporção entre as classes de uso e cobertura desta área do "Soberbo" configura uma matriz menos contrastante com a floresta, por apresentar uma maior proporção de áreas de fragmentos, permitindo não apenas uma melhor regulação microclimática como também algum grau de conectividade para muitas espécies de fauna presentes no Parque Nacional.

Outra característica que merece ser destacada é a maior proporção de áreas de campo, quando em comparação com o Catrambi. Tal quadro nos revela não apenas um aumento no tamanho dos quintais, como também uma maior proporção de áreas "desocupadas", ainda não recuperadas pela regeneração natural da floresta.

Nesta direção, ao realizar o diagnóstico sócio-econômico do subsistema hidrográfico da Baía da Guanabara, GEOHECO/SMAC (2000) sinalizam que "*o Alto da Boa Vista aparece com o mais elevado estoque de terras da área de estudo, ou seja, existem ainda terrenos disponíveis para construções, tomando como parâmetro os imóveis territoriais*" (p.72).

Juntamente com a disponibilidade de terras, o esvaziamento de antigas propriedades tradicionais da área (cujo parcelamento não é autorizado pela legislação da APARU) contribui para a manutenção de uma pressão urbana mais reduzida sobre os recursos da floresta.

Por outro lado, este quadro de "esvaziamento" urbano-populacional tem promovido um aumento da pressão política por parte de grupos interessados na "flexibilização" e dinamização econômica da área, o que pode se tornar um vetor de aumento da vulnerabilidade ambiental extremamente preocupante.

Diferentemente do Catrambi, duas importantes variáveis de qualificação urbana individualizam esta área do Soberbo e a coloca em uma maior dependência da funcionalidade ambiental do Maciço: o abastecimento de água a partir de fontes locais e o uso mais expressivo das fossas sépticas como destino do esgotamento sanitário (figura 6.44).

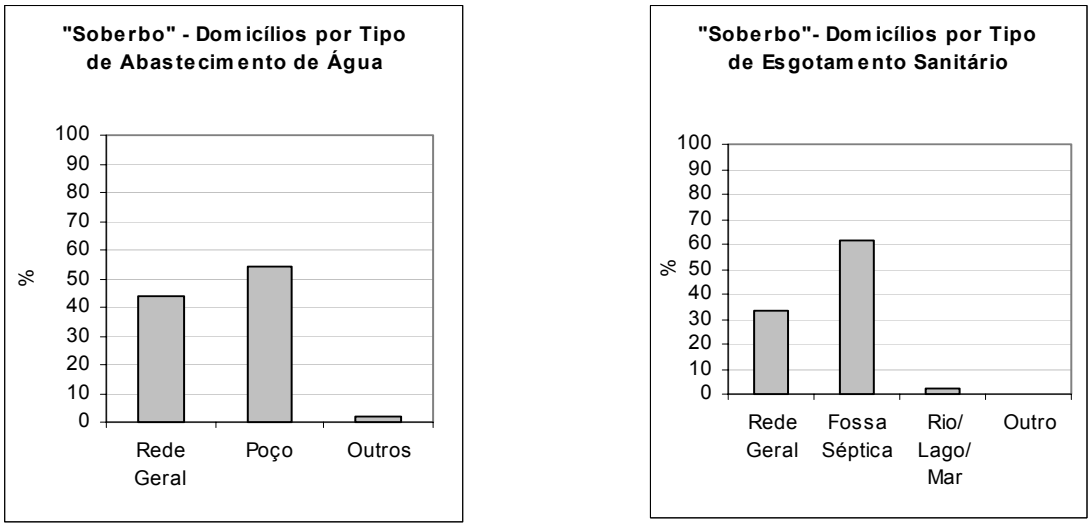


Figura 6.44- Gráficos referentes ao abastecimento de água e esgotamento sanitário nos setores selecionados para a área de pesquisa do Soberbo.

As evidências empíricas demonstram também que além dos poços, a captação direta não é uma forma incomum de abastecimento de água para residências desta área que se encontram desconectadas da rede geral de abastecimento.

6.3- PROPAGAÇÃO DO EFEITO DE BORDA NA INTERFACE COM AS ÁREAS URBANAS: ANÁLISE DOS RESULTADOS DE CAMPO.

Embora a existência de um efeito de borda seja uma conclusão bastante evidente diante dos resultados obtidos, uma primeira observação sobre o conjunto dos dados, já nos permite concluir sobre a inviabilidade de se obter um gradiente linear no transecto borda- interior. Essa observação decorre de três questões que foram sendo elucidadas à medida que os resultados da pesquisa iam sendo produzidos:

1º) as variações topográficas de cada transecto exercem um forte controle diferencial sobre o efeito de borda, por vezes atenuando-o e, por vezes, acentuando-o;

2º) muitas das variáveis analisadas se comportam de forma divergente frente à distância da borda, o que evidencia a existência de diferentes mecanismos de controle para além do efeito de borda *strictu sensu*. Entre estes mecanismos a topografia, já citada, e a geração de perturbações internas à área de borda parecem ser os mais expressivos.

3º) estas perturbações internas (especialmente os processos erosivos e a criação de caminhos para a circulação de pessoas) exercem uma importante influência na dinâmica geo-hidroecológica da floresta, a ponto de caracterizarmos a geração de "bordas internas", cuja dinâmica parece apresentar uma defasagem temporal em relação às bordas principais, tal como se verá adiante.

Como princípio geral, a análise dos resultados de campo será procedida da seguinte maneira: primeiramente estabeleceremos, para cada variável, uma comparação entre os dados das duas áreas amostrais

(Catrambi e Soberbo), buscando, de um lado, uma caracterização "média" de cada área e, de outro lado, uma comparação mais geral do gradiente borda-centro de cada área. Para isso, consideraremos, genericamente, a média entre a primeira parcela de cada transecto como comportamento de borda, e a média entre a última parcela de cada transecto como comportamento de interior.

Já em um segundo momento, partiremos para uma análise mais detalhada dos padrões de transição que se processam dentro de cada um dos transectos, buscando identificar os mecanismos que regulam o comportamento das variáveis dentro de cada uma das parcelas estudadas e tentando, quando possível, propor um modelo explicativo para tal comportamento.

6.3.1- Estrutura da vegetação

6.3.1.1- COMPARAÇÃO ENTRE AS ÁREAS

Em que pese à ausência de registros históricos que atestem os usos anteriores de cada uma das áreas amostrais, uma primeira análise das variáveis de estrutura da vegetação é capaz de confirmar as observações de campo acerca da diferença de estágio de desenvolvimento entre as áreas estudadas.

Pelos dados de densidade e área basal (figura 6.45), podemos perceber que a área do Catrambi, mesmo sendo a mais perturbada (como mostraremos adiante), apresenta claramente características de mata secundária tardia, com maior área basal e menor densidade de indivíduos que o Soberbo[16]. Mesmo esta área do Soberbo, quando comparada com os resultados obtidos por outros autores para áreas

[16] Uma síntese completa dos resultados obtidos nas áreas amostrais para as variáveis de estrutura da vegetação é apresentada no anexo 3.

semelhantes (quadro 6.5), apresenta características de mata secundária tardia.

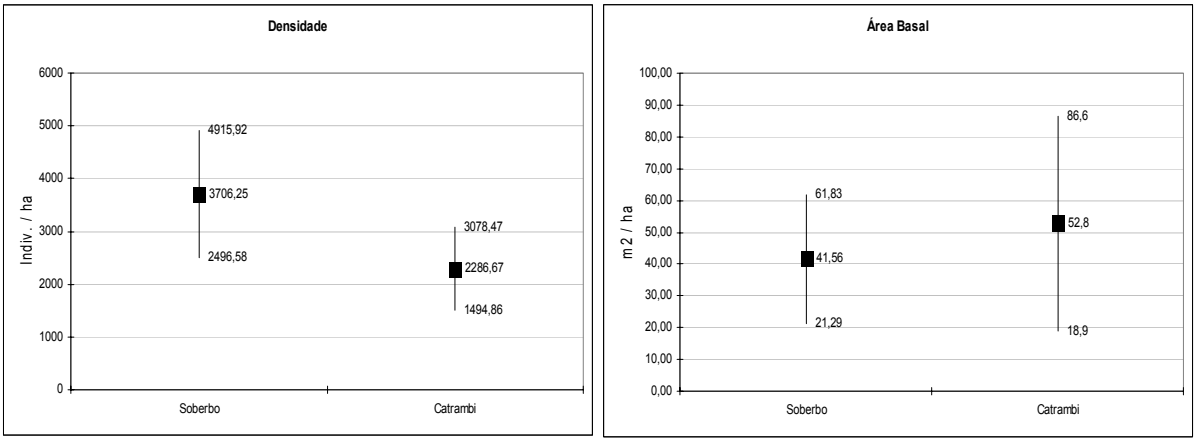


Figura 6.45- Comparação entre as duas áreas amostrais, com base nos valores médios de Densidade e Área Basal. As linhas representam o intervalo entre (média + DP) e (média – DP).

Os dados de altura e IP (Índice de Proporção entre a Área Basal de Bosque e Sub-Bosque) reforçam esta conclusão, tal como se pode verificar na figura 6.46. A área do Catrambi apresenta uma altura média dos indivíduos arbóreos superior à do Soberbo (mesmo apresentando gradientes topográficos maiores) e uma maior participação do Bosque no total da área basal.

Tal condição é responsável por uma estimativa de biomassa muito superior na área do Catrambi (média de 336,91 Ton/ha) do que na área do Soberbo (194,36 Ton/ha).

Estes dados acabam se aproximando bastante da estimativa de biomassa calculada pelo CIDE (2000c) para as florestas climáxicas do Estado do RJ (400 Ton/ha), sendo, portanto, bastante superiores aos valores médios estimados para as áreas de floresta secundária tardia (200 Ton/ha, *op.cit.*). Outros autores, estudando áreas climáxicas da floresta amazônica, encontraram valores que variaram de 268 Ton/ha (Saldarriaga *et al*, 1988) a 396 Ton/ha (Sanford, 1989).

Quadro 6.5- Comparação entre os dados de estrutura da vegetação deste trabalho com os resultados encontrados por outros autores para o Maciço da Tijuca ou adjacências.

Parâmetros Analisados	BASILE, 2004	GEOHECO-UFRJ / SMAC-RJ, 2000.	GEOHECO-UFRJ / SMAC-RJ, 2000.	GEOHECO-UFRJ / SMAC-RJ, 2000.	GEOHECO-UFRJ / SMAC-RJ, 2000.	GEOHECO-UFRJ / SMAC-RJ, 2000.	ZAÚ, 1994.	OLIVEIRA, 1999.	OLIVEIRA, 1999.	OLIVEIRA, 1999.
Local	Mata do Pai Ricardo	Mata do Pai Ricardo	Bacia do Rio Cabeça	Bacia do Rio Cabeça II	Bacia do Rio Rainha	Bacia do Alto Rio Maracanã	Bacia do Rio Trapicheiros	Ilha Grande-Climácica	Ilha Grande-50 anos	Ilha Grande-25 anos
Método utilizado	Parcela	Transecto	Transecto	Transecto	Transecto	Transecto	Parcela	Parcela	Parcela	Parcela
Área amostrada	1024 m^2	800 m^2	333 m^2	600 m^2	1.000 m^2	333 m^2	300 m^2	2.600m^2	2.600m^2	2.600m^2
Densidade total	3.369 ind./ha.	2.225 ind./ha.	3.693 ind./ha	2.983 ind./ha	2250 ind/ha	2.180 ind/ha	5000 ind/ha	1.996ind/ha	2.273ind/ha	2.784ind/ha
Área basal total	36.62 m^2/ha	97.3 m^2/ha	45.4 m^2/ha	66.2 m^2/ha	38.7 m^2/ha	48.7 m^2/ha	67.8 m^2/ha	57.m^2/ha	32.4m^2/ha	26,3m^2/ha
DAP médio	8.18 cm	12.8 cm	8.8 cm	10.7 cm	10.1 cm	11.1cm	9.1 cm	12.2 cm	9,6 cm	7,5 cm
Altura média	7.51 m	9.2 m	N.D.	8.2 m	8.2m	N.D.	7.3m	11m	8,8m	7m
Maior DAP	70.6 cm	165.5 cm	56.3cm	76.1 cm	56.3 cm	81.0 cm	106 cm	117cm	51,8cm	52,8cm
Maior altura	28 m	45 m	N.D.	35m	32m	n.d.	35m	45m	30m	27m

Parâmetros Analisados	MIRANDA, 1992.	FREIRE ALLEMÃO, 1997.	GEOHECO-UFRJ / SMAC-RJ, 2000.	MELO, 2000.	AGAREZ, 2002.	RIZZINI, 2000.	ESTE ESTUDO.	ESTE ESTUDO
Local	Sub-bacia Archer	Sub-bacia Cobras	Morro Queimado	Ilha do Cardoso (SP)	Mata de Tabuleiros-Sooretama	Mata de Tabuleiros-Linhares	Área do Catrambi	Área do Soberbo
Método utilizado	Parcela	Parcela	Parcela	Parcela	ni	ni	Parcela	Parcela
Área amostrada	625m^2	1.000m^2	1.000m^2	10.000m^2	3.750m^2	ni	1500m^2	1600m^2
Densidade total	6.000ind/ha	2.870ind/ha	2.180ind/ha	1.129ind/ha	1.356ind/ha	1.147ind/ha	2.286ind/ha	3.706ind/ha
Área basal total	47,7m^2/ha	16,7m^2/ha	68,7m^2/ha	43,48m^2/ha	30m^2/ha	ni	52,8m^2/ha	41,56m^2/ha
DAP médio	10,1 cm	8,6 cm	13,1 cm	ni	ni	ni	13,7	7,8
Altura média	ni	7,2	ni	ni	ni	ni	8,5m	8,5m
Maior DAP	ni	ni	91cm	ni	116cm	121cm	131,78cm	78,3cm
Maior altura	ni	ni	ni	ni	45m	40m	25m	20m

Fonte: Adadpatado de Basile (2004)

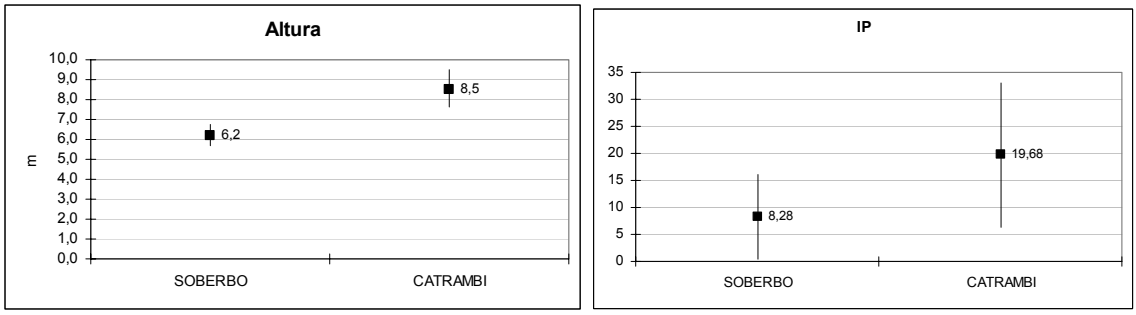


Figura 6.46- Comparação entre as duas áreas amostrais, com base nos valores médios de Altura e IP (Índice de Proporção entre a área basal do Bosque e do Sub-bosque). As linhas representam o intervalo entre (média + DP) e (média – DP).

Se, por uma lado, o Catrambi representa ser uma área com processo sucessional mais avançado, por outro, alguns indicadores analisados demonstram claramente que este estágio sucessional é inversamente proporcional ao seu grau de degradação, apresentando grande incidência de formigueiros e árvores com troncos múltiplos[17] (figura 6.47).

No caso das formigas, por apresentarem um grande número de espécies especialistas quanto ao uso de recursos específicos (Brown, 1997), além de possuírem uma fidelidade de microhabitat (Brühl *et al*, 1998), elas acabam respondendo de forma bastante rápida ao grau de perturbação sofrido pelo ambiente (Andersen, 1995; Leal *et al*, 1993; Vasconcelos, 1998). Nas palavras de Freitas *et al* (2004),

> (...) insetos podem fornecer mais informações do que vertebrados de um modo geral, sendo muito úteis na definição de áreas pequenas e habitats fragmentados ou com longa história de influência antrópica. (p.125)

Dessa forma, em que pese à ausência de um levantamento mais detalhado, com coleta de indivíduos e identificação de morfoespécies, se

[17] Adotamos nesta pesquisa a presença de árvores com troncos múltiplos (segundo Oliveira, 1999ª, consideram-se aqui os indivíduos que apresentam ramificações superiores a 2,5cm a mais de 1,3m do solo) como indicadoras de cortes pretéritos seguidos de regeneração. Ao mesmo tempo em que a rebrota a partir do tronco inicial é considerada como um dos principais mecanismos de regeneração da Mata Atlântica (Sampaio, 1997), a quantidade de árvores bifurcadas também nos fornece uma estimativa da pressão externa a que esta área esteve ou está submetida (Santana, 2002).

está assumindo para essa pesquisa, o número de formigueiros encontrados como um indicador do grau de maior perturbação da área do Catrambi, quando em comparação com o Soberbo.

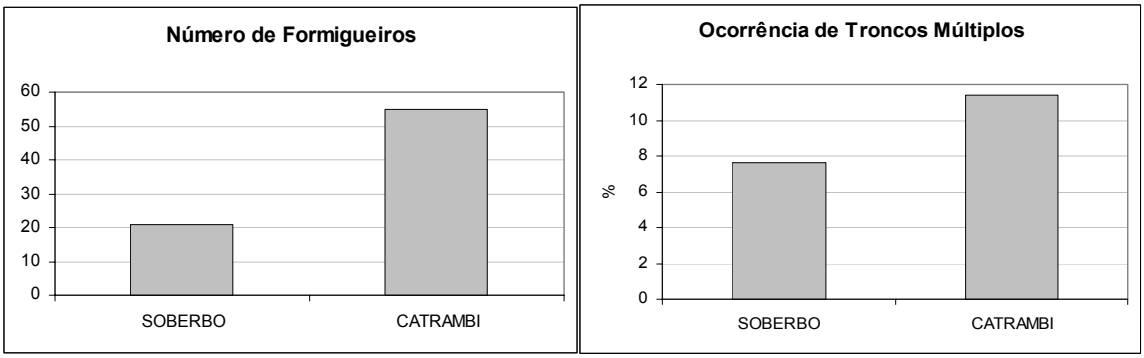


Figura 6.47- Comparação das áreas amostrais com base em dois indicadores de degradação.

É preciso salientar, no entanto, que o percentual de árvores mortas em pé não respondeu como variável discriminatória na comparação entre o Soberbo (11,01%) e o Catrambi (10%), muito embora ambas as áreas tenham apresentado um percentual superior ao encontrado por outros autores para áreas de floresta secundária no Bioma da Mata Atlântica (Quadro 6.6).

Como não se dispõe de dois levantamentos em períodos distintos que permita avaliar a dinâmica sucessional destas áreas, a explicação para tal comportamento fica prejudicada. Todavia, se adotarmos a densidade de plântulas como um indicador do grau de recrutamento, é possível perceber-se que no Soberbo, com exceção das parcelas A e B do Transecto 1 (parcelas de borda), todas as demais parcelas que apresentam alto índice de indivíduos mortos, apresentam também um recrutamento aparentemente alto[18] (quadro 6.7), o que já não acontece

[18] Segundo pesquisas desenvolvidas por Phillips *et al* (*apud* Melo, 2000), florestas com grande desenvolvimento estrutural podem apresentar um elevado índice de mortalidade, a qual é positivamente compensada pelas altas taxas de recrutamento.

para o Catrambi, onde muitas parcelas associam um médio a alto número de indivíduos mortos com uma baixa densidade de plântulas.

Quadro 6.6- Comparação do percentual de árvores mortas em pé encontrado por diferentes autores para áreas de Floresta Secundária no Bioma da Mata Atlântica.

AUTOR	% DE ÁRVORES MORTAS
Oliveira (1999a)[19] – Ilha Grande (RJ)	7,8%
Silva (2002)- Viçosa (MG)	9,2%
Marangon (1999)- Viçosa (MG)	8%
Soares Jr. (2000)- Viçosa (MG)	9,6%
Almeida (1996)- Juiz de Fora (MG)	7,6%
Martins (1993)- Vassununga (SP)	7,4%
Este estudo- Catrambi	10%
Este estudo- Soberbo	11,01%

Além disso, o conjunto dos demais indicadores analisados aponta claramente a supremacia estrutural e funcional da área do Soberbo sobre o Catrambi.

6.3.1.2- COMPARAÇÃO ENTRE TRANSECTOS

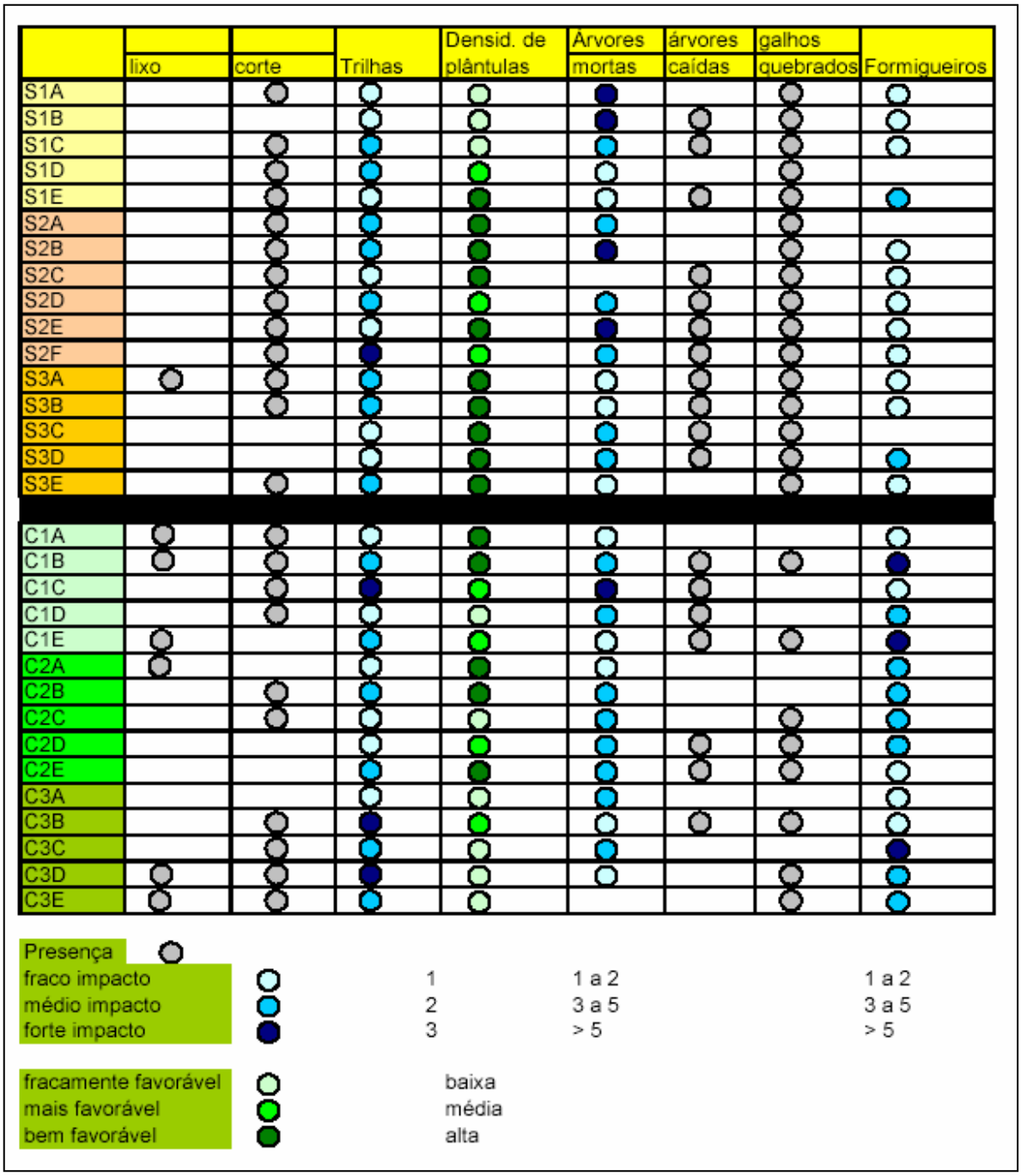
Todos os transectos, tanto na área do Soberbo quanto no Catrambi, apresentaram uma distribuição muito semelhante quanto ao agrupamento por classes de DAP, na forma de um "J" invertido, sinalizando o franco predomínio dos indivíduos mais jovens e a pequena participação dos indivíduos de maior diâmetro (figura 6.48).

Apesar da semelhança de comportamento na distribuição diamétrica dos indivíduos, torna-se bastante evidente a maior densidade

[19] Este percentual refere-se ao índice encontrado pelo autor para uma floresta secundária de 25 anos. Já para uma floresta de 50 anos, o autor encontrou um resultado de 6,3% de árvores mortas.

no Soberbo (especialmente nas classes de menor DAP), o que vem a confirmar a análise já feita anteriormente.

Quadro 6.7- Síntese comparativa dos indicadores de degradação entre os três transectos das áreas do Soberbo (parcelas "S") e do catrambi (parcelas "C")



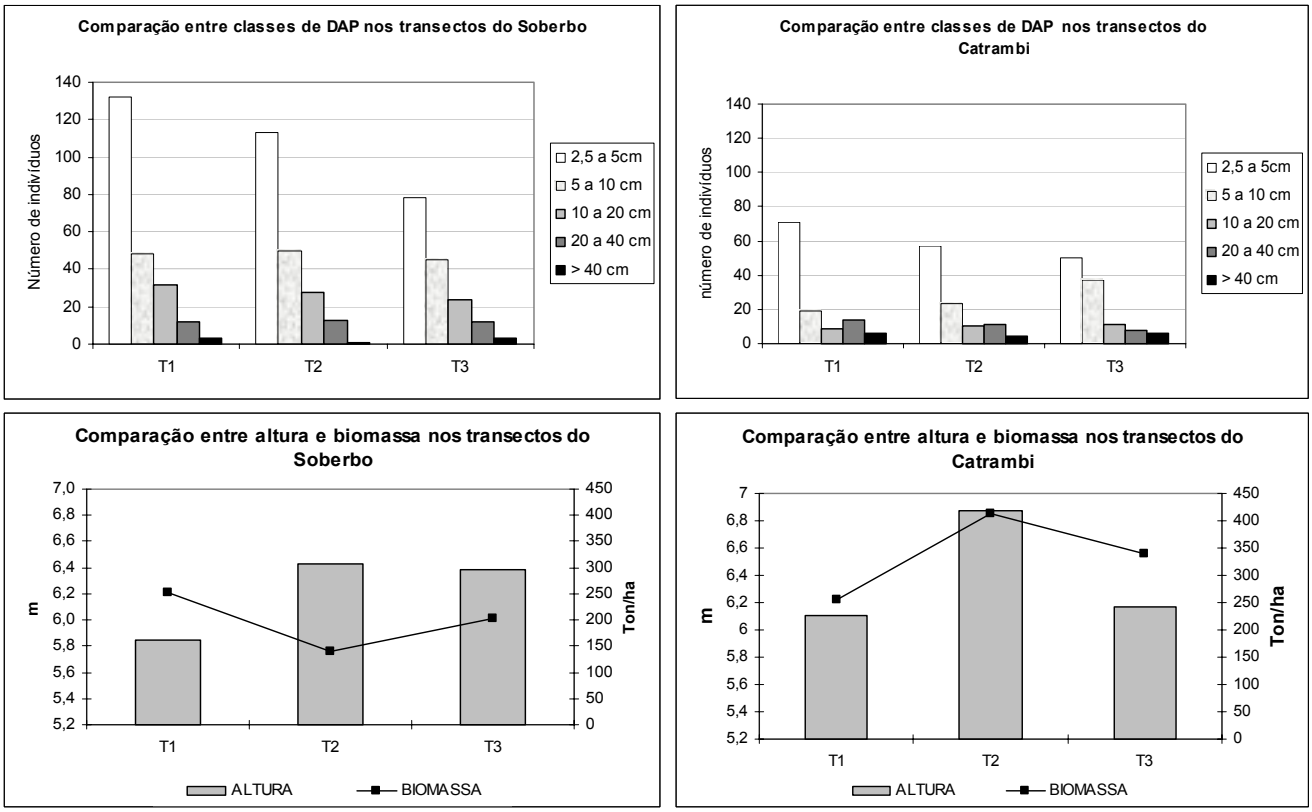


Figura 6.48- Gráficos de indicadores de estrutura de vegetação para comparação entre os transectos das áreas estudadas.

Outra importante questão pode ser observada nos gráficos da figura 6.48 que tratam da comparação entre a altura média e a biomassa presente em cada um dos transectos.

Na área do Catrambi a maior altura média ocorre no transecto 2, o qual também apresenta o maior índice de biomassa, já que neste transecto está localizada uma grande quantidade de indivíduos mais antigos, com elevado DAP. É possível que no Catrambi a presença das "bordas laterais" (contato direto com a área urbana) do transecto 1, e as grandes declividades do transecto 3 tenham contribuído para a redução do porte dos indivíduos, aumentando a expressão do transecto 2.

Já para a área do Soberbo, percebe-se que o transecto 2 concentra, ao mesmo tempo, a maior altura média e a menor biomassa dentre os três transectos desta área. Isso se deve ao maior grau de perturbação sofrido por este transecto (em decorrência das bordas

internas), o que resulta na permanência de uns poucos indivíduos antigos (elevando a altura média), já doentes[20], e numa pequena taxa de recrutamento. O transecto 3 apresenta esta mesma condição, porém com um aumento na taxa de recrutamento (muito provavelmente por se estender ao longo da borda lateral externa), o que implica em um aumento da densidade com conseqüente aumento da biomassa total, o que de certa forma compensa a perda de indivíduos mortos em todas as parcelas deste transecto (ver quadro 6.7).

Já o transecto 1, com maior vitalidade, apresenta a maior taxa de recrutamento (grande densidade de indivíduos jovens), o que configura uma redução da altura média, porém com elevada biomassa total.

6.3.1.3- VARIAÇÃO BORDA – CENTRO NO INTERIOR DOS TRANSECTOS

Analisando o comportamento das variações de densidade e área basal dentro de cada um dos seis transectos trabalhados, pode-se perceber que apenas os transectos 2 e 3 do Soberbo e o transecto 3 do Catrambi (figura 6.49) apresentam um comportamento próximo do modelo teórico de propagação esperado para o efeito de borda, isto é, redução da densidade e aumento da área basal no sentido borda – centro

Para os demais transectos, têm-se como hipótese que os efeitos decorrentes da existência de caminhos internos à área de borda, interrompem a tendência de recuperação estrutural dos transectos, reinaugurando novas bordas internas, com níveis de impacto diferenciados.

[20] O percentual de indivíduos mortos em pé, neste transecto, chega a 14,82%, contra 10,10% no transecto 1 e 7,35% no transecto 3.

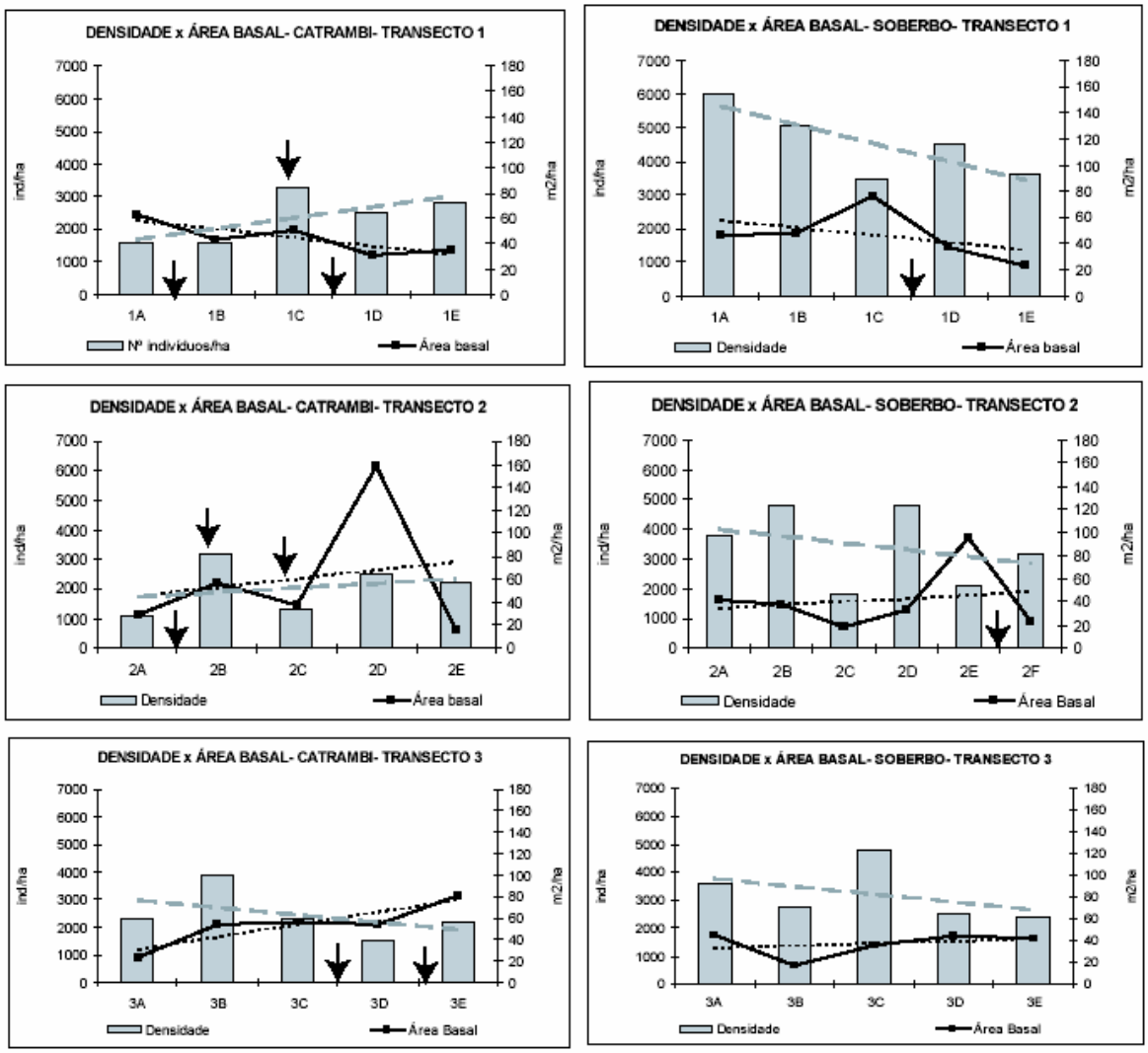


Figura 6.49- Gráficos da variação de densidade e área basal (com as respectivas linhas de tendência) dentro de cada um dos seis transectos estudados. As setas demarcam os pontos onde os caminhos internos cortam transversalmente os transectos.

Como regra geral, pode-se afirmar que a abertura dos caminhos tende a formar uma perturbação localizada, provocando aumento de temperatura e luminosidade nas áreas contíguas, o que acarreta um rápido crescimento de espécies pioneiras. Com isso, tem-se um aumento do número de indivíduos, porém com redução significativa do diâmetro médio. Cabe destacar que dentre estas espécies pioneiras, o bambu é uma das apresentam maior poder de competitividade, produzindo um grande impacto sobre a estrutura da floresta nativa (figura 6.50), seja pela

alta densidade de agrupamento dos indivíduos, seja pela grande produção de serapilheira, tal como demonstra o trabalho de O'Connor *et al* (2000).

Considerando-se que as clareiras dos caminhos se perpetuam pelo trânsito continuado de pessoas, a tendência das áreas ao redor é a ter o nível de perturbação potencializado, ao invés de partirem para um processo de regeneração progressiva. Com isso, essas áreas acabam apresentando um alto percentual de indivíduos adultos mortos em pé, os quais estimulam o estabelecimento de um maior número de formigueiros e outros processos degenerativos associados (figura 6.51).



Figura 6.50- A presença do bambu na parcela C do transecto 2, no Catrambi, garante a manutenção do caminho que foi aberto, não apenas por evitar a perda de solo no corte da vertente, mas, principalmente, por impedir a recolonização por espécies nativas.

A abertura e manutenção destes caminhos funciona, assim, como "invaginações" da borda que se estende até o interior da floresta, permitindo que as alterações penetrem em grande parte da área, quando não em todo o fragmento (Laurance *et al*, 1998[a]; Kapos, 1989).

Dessa forma, o comportamento não linear de variação dos parâmetros estruturais nos transectos estudados, confirma a hipótese inicial de que não há uma única e monotônica propagação de efeito de borda na faixa marginal estudada, de 100 m da floresta. Pelo contrário, o que se evidencia nos dados de estrutura da vegetação e nos indicadores de degradação, é que a abertura de caminhos e a permanência de trilhas

no interior da floresta contribuem para a produção de variados efeitos de borda, que se propagam em diferentes sentidos, porém com especial prejuízo para as áreas à montante, que recebem maior luminosidade e retém menor quantidade de água.

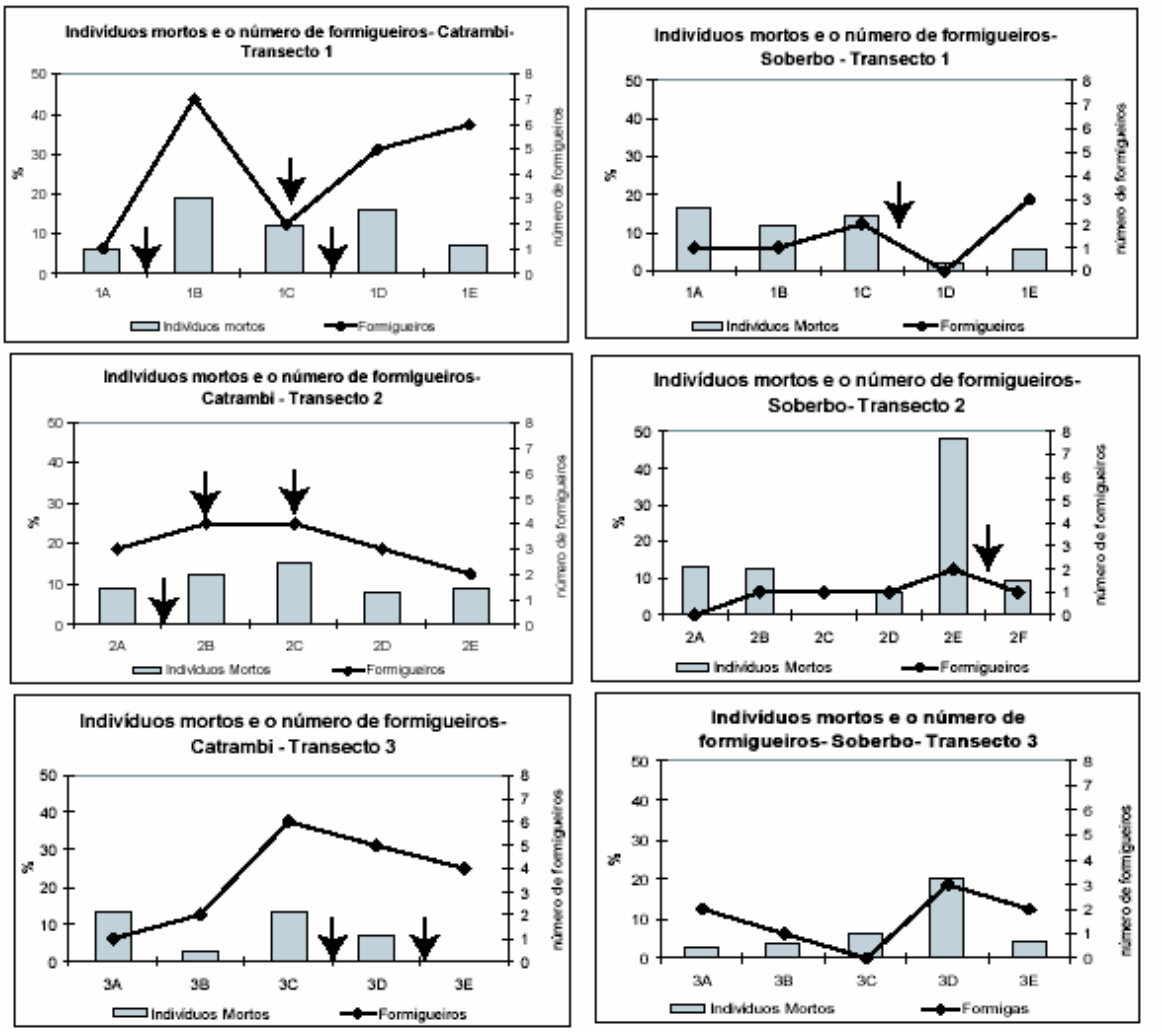


Figura 6.51- Gráficos da variação de indivíduos mortos em pé (em %) e de número de formigueiros dentro de cada um dos seis transectos estudados. As setas demarcam os pontos onde os caminhos internos cortam transversalmente os transectos.

Neste particular, as parcelas situadas nas adjacências das bordas principais (contato com a área urbana) são favorecidas pela maior concentração de umidade, especialmente na área do Catrambi, onde elas se situam no fundo de vale. Estudos desenvolvidos por Carvalho *et al*

(*apud* Scariot *et al*, 2003) na Mata Atlântica, demonstraram que os fragmentos em fundo de vale tendem a apresentar comportamentos semelhantes entre borda e interior, quanto à composição de espécies, área basal, densidade, concentração de nutrientes no solo e produção de serapilheira.

Todas estas variáveis concorrem para que as parcelas mais distantes da borda acabem não assumindo uma condição típica de interior da floresta, o que não impede que se observe uma tendência de gradiente borda-centro quando se compara a média das primeiras duas parcelas de cada transecto (assumidas como "áreas de borda") com a média das últimas duas (assumidas como "áreas de centro"), tal como se pode observar no quadro 6.8.

Quadro 6.8- Comparação de indicadores estruturais e de degradação entre a condição de borda (média das primeiras duas parcelas de cada transecto) e a condição de interior (média das duas últimas parcelas de cada transecto) para cada uma das áreas estudadas.

	SOBERBO		CATRAMBI	
VARIÁVEIS	BORDA	CENTRO	BORDA	CENTRO
DENSIDADE (indiv/ha)	4350	3050	2283,33	2283,33
ÁREA BASAL (m2/ha)	39,41	44,19	45,22	62,73
ALTURA (m)	7,52	7,21	6,91	6,26
TR. MÚLTIPLOS (%)	8,50	6,58	15,43	5,03
MORTOS EM PÉ (%)	10,07	14,82	10,37	7,82

Se observado a partir destes dois pontos médios, o modelo clássico de efeito de borda se configura, especialmente no que se refere à relação entre densidade de indivíduos e área basal. Assim, à medida que o transecto avança para o interior da floresta, há uma tendência de redução do número de indivíduos, acompanhada de um aumento da área basal (o que pressupõe a presença de indivíduos de maior porte), tanto na área do Soberbo quanto no Catrambi.

Já no que se refere à altura, há uma tendência inversa, mas não contraditória ao que poderia ser esperado. Tende-se a esperar que uma

floresta de porte mais robusto, no interior, apresente também uma altura mais elevada. No entanto, considerando o fato de que esta área do interior está situada no topo da vertente, com graus variados de inclinação e menor teor de umidade, é natural que estas parcelas apresentem uma altura média mais baixa do que as áreas de fundo de vale, mesmo sendo estas, áreas de borda.

O maior percentual de troncos múltiplos nas áreas de borda pode ser explicado pela maior dinâmica sucessional destas áreas, impelindo o sistema a uma maior taxa de rebrotamento, seja devido à maior incidência de cortes, seja pela ação mais intensa do vento.

No que se refere ao número de indivíduos mortos em pé, apenas à área do Catrambi respondeu segundo o modelo clássico esperado, ou seja, com maior percentual próximo da borda, tendendo a diminuir em direção ao interior.

O comportamento inverso do Soberbo, pode ser creditado a dois elementos fundamentais: de um lado, o caminho que corta transversalmente os transectos, nas suas últimas parcelas, parece infringir um grau de perturbação ao sistema (figura 6.52) numa intensidade semelhante à produzida pelo caminho principal da borda do Catrambi, descaracterizando a condição típica de "interior". Este caminho tende a concentrar o fluxo de pessoas ao redor destas parcelas adjacentes, já que as parcelas de borda, quanto a esta questão, são mais bem protegidas devido à existência de um desnível topográfico considerável entre a rua e a borda da floresta.

De outro lado, é preciso considerar que o Transecto 3 do Soberbo acompanha paralelamente a borda lateral da floresta sendo, portanto, todo ele uma área de borda.

Seguramente estes dois fatores acima mencionados contribuem decisivamente para que o número de indivíduos mortos nas parcelas de "interior" seja mais significativo do que nas parcelas de "borda".



Figura 6.52- O caminho que corta transversalmente os transectos do Soberbo, nas suas últimas parcelas, tende a convergir o fluxo de pessoas nas parcelas adjacentes, potencializando o nível de degradação desta área e impedindo que ela apresente um comportamento típico das parcelas de "interior".

6.3.2- Abertura de copa

Os resultados referentes à identificação e hierarquização de clareiras, bem como à estimativa do grau de interceptação, são apresentados no quadro 6.9.

Da mesma forma, para uma melhor interpretação comparativa da variabilidade do grau de cobertura de copas, foram utilizados os gráficos da figura 6.53.

Com base nos resultados obtidos, é possível identificar-se uma grande correlação entre a intensidade de cobertura de copas e os demais indicadores de estrutura de vegetação analisados na seção anterior. Assim:

- A categoria de "alta interceptação" é significativamente mais expressiva no Soberbo (média de 34,5%) do que no Catrambi (22,3%), refletindo, muito provavelmente, os maiores índices de densidade de indivíduos nessa área.

Quadro 6.9- Síntese dos resultados de contagem de clareiras (número) e de estimativa do grau de interceptação (%)

		CATRAMBI															
		Transecto 1					Transecto 2					Transecto 3					
		A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	
Interceptação	ALTA	16,7	22,3	27,2	36	23,7	18,8	32,7	13,3	14,2	10,8	9,9	37,8	25,0	14,7	31,5	
	BAIXA	29,7	26,5	16	15,6	18,1	26,9	21,4	31,2	24,7	20,2	18	20,1	24,7	20,9	24,8	
	ATRAVESSAMENTO	53,6	51,2	56,8	48,4	58,2	54,3	45,9	55,5	61,1	69	72,1	42,1	50,3	64,4	43,7	
Clareiras	PEQUENA	2	4	7	3	9	5	7	4	6	5	11	4	3	6	5	
	MÉDIA	2	1	3	2	1	2	3	4	1	2	4	2	3	2	1	
	GRANDE	3	1	1	0	2	2	0	3	1	4	1	0	0	1	0	

		SOBERBO															
		Transecto 1					Transecto 2						Transecto 3				
		A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E
Interceptação	ALTA	45,6	63,8	40	28,9	37,8	22,3	37	28,5	64,2	17,4	8,8	29,2	29,4	44,7	24,1	29,8
	BAIXA	18	22,9	15,7	21,7	17,3	19,2	13,3	17,8	19,2	21,5	22	24,1	13,8	20,7	21,3	25,6
	ATRAVESSAMENTO	36,4	13,3	44,3	49,4	44,9	58,5	49,7	53,7	16,6	61,1	69,2	46,7	56,8	34,6	54,6	44,6
Clareiras	PEQUENA	7	4	8	7	3	8	5	4	2	12	9	3	5	3	9	8
	MÉDIA	3	1	1	4	3	5	3	2	2	9	7	4	1	1	2	3
	GRANDE	0	0	0	2	1	1	0	0	0	2	3	0	2	1	3	1

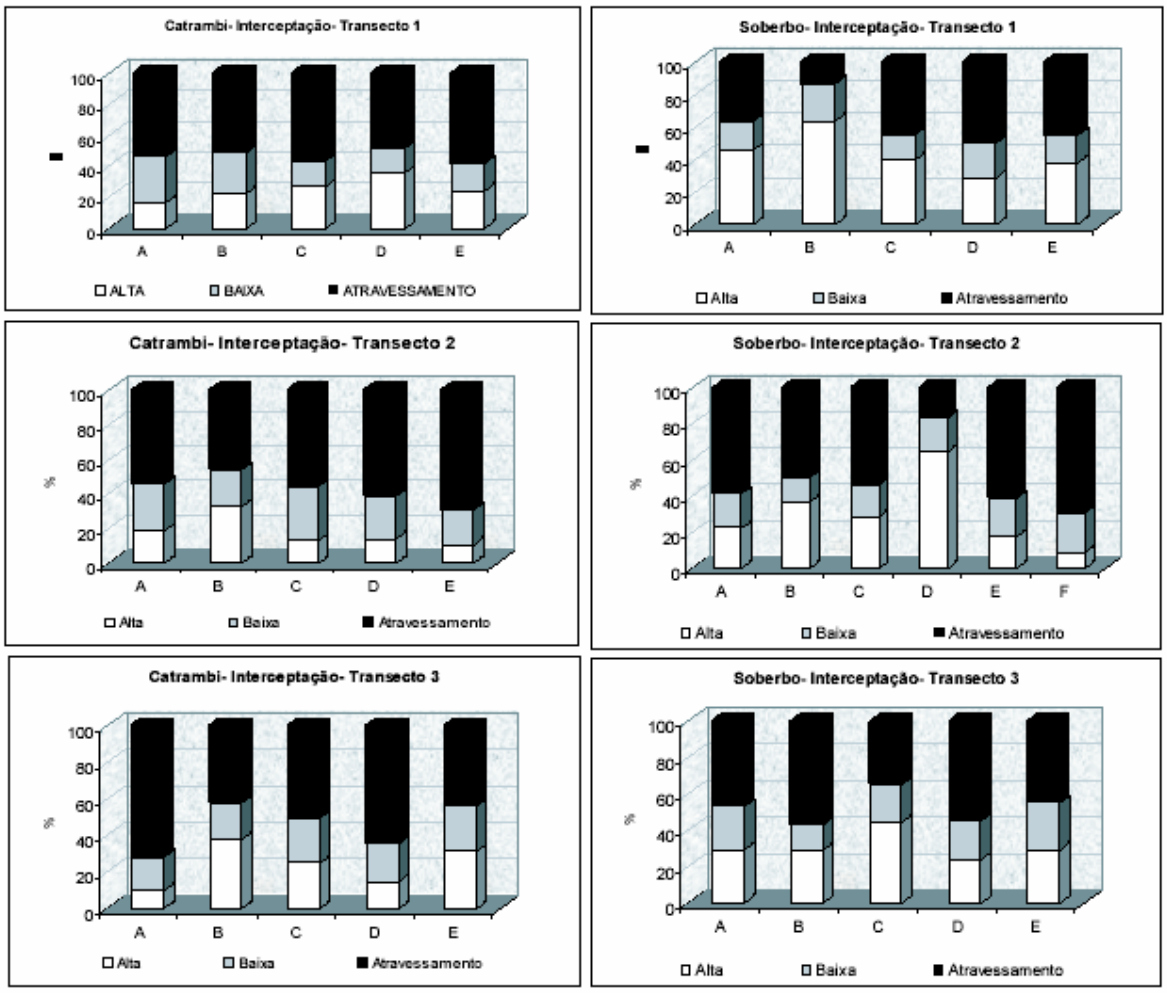


Figura 6.53- Gráficos de estimativa do grau de interceptação nos seis transectos pesquisados, a partir do nível de cobertura de copas.

A condição de maior interceptação no Soberbo confere a esta área uma maior capacidade de retenção hídrica, decorrente do aumento no potencial de armazenamento das copas. Esse dado, somado à maior capacidade de retenção de água na serapilheira (tal como se verá adiante), permite à área do Soberbo uma maior plasticidade de superação da tendência, demonstrada no início deste capítulo, de ampliação dos períodos secos.

- A hipótese acima é reforçada pelo resultado da comparação entre os seis transectos estudados, já que a maior capacidade de interceptação (apenas 37,7% de área livre para fluxo de atravessamento) ocorre justamente no transecto 1 do Soberbo, onde a densidade de indivíduos é maior.
- A maior quantidade de clareiras existentes nas áreas de borda ou nas parcelas adjacentes às laterais dos caminhos, condiciona a ocorrência de uma maior quantidade de espaço livre para fluxo de atravessamento. Assim, das seis parcelas que apresentam mais de 60% de área livre para fluxo de atravessamento, quatro estão nesta condição (parcelas 1A e 1D do Catrambi e parcelas 2E e 2F do Soberbo).

Exceção a isso são as parcelas 2D e 2E do Catrambi que, apesar de não estarem situadas às margens de nenhum caminho, apresentam uma alta capacidade para fluxo de atravessamento. Todavia, a degradação estrutural destas duas parcelas situadas no topo da vertente, tal como já analisado anteriormente, apresenta uma explicação bastante coerente para a existência de um grande número de clareiras nestas parcelas.

- Confirmando a análise anterior, na área do Soberbo o impacto produzido pelo caminho que corta transversalmente os transectos nas últimas parcelas, se reflete de forma mais intensa na produção de clareiras (parcelas 1C, 1D, 2E e 2F) do que o impacto gerado pela borda principal da floresta no contato com a cidade (parcelas 1A, 2A e 3A)[21].

Esta condição vai determinar que, tanto para o Soberbo, quanto para o Catrambi, não se configure um gradiente favorável de recuperação estrutural, no que concerne à densidade de cobertura de copas (quadro 6.10).

Dessa forma, é possível perceber que apesar de alguns indicadores estruturais (especialmente densidade e área basal) sinalizarem com a

[21] Enquanto aquelas apresentam, em média, 16 clareiras, com 56% de área livre para fluxo de atravessamento, estas apresentam, em média, 10,3 clareiras, com 47,2% de área livre para fluxo de atravessamento.

tendência de recuperação do sistema florestal no gradiente borda-centro, essa condição não representa uma garantia de retorno proporcional da funcionalidade hidrológica desse sistema, uma vez que fica demonstrado, para as áreas em estudo, que as parcelas de borda apresentam maior potencialidade de retenção de água (por estocagem de copa) do que as parcelas situadas no interior dos transectos.

Quadro 6.10- Comparação de indicadores de densidade de copas e de clareiras entre a condição de borda (média das primeiras duas parcelas de cada transecto) e a condição de interior (média das duas últimas parcelas de cada transecto) para cada uma das áreas estudadas.

	SOBERBO		CATRAMBI	
VARIÁVEIS	BORDA	CENTRO	BORDA	CENTRO
INTERCEPTAÇÃO* (%)	56,4	46	46,8	42,5
FLUXO LIVRE (%)	43,6	54	53,2	57,5
CLAREIRAS (TOTAL)**	9	15	9	9

* Considera-se aqui o somatório entre as áreas de alta e baixa interceptação
** Tendo em vista se estar trabalhando com números absolutos, os valores da tabela representam um arredondamento, para cima, dos valores médios das parcelas de borda e das parcelas de interior, respectivamente.

6.3.3- Resultados da Serapilheira Acumulada

Os dados de massa total de serapilheira estocada sobre o solo em cada uma das parcelas pesquisadas, bem como o total de umidade presente, estão condensados no quadro 6.11 e na figura 6.54.

Do ponto de vista do total de serapilheira acumulada, não se evidencia uma diferença estatisticamente significante ($p>0,05$) entre as duas áreas (Soberbo com 12,83 Ton/ha e a área do Catrambi com 11,99 Ton/ha), embora ambos os resultados sejam bastante superiores aos encontrados por diversos autores para outras áreas de florestas tropicais (capítulo 4- quadro 4.3). Seja pelo aumento na produção de necromassa, seja pela redução na taxa de decomposição, certamente estes elevados valores de estocagem de serapilheira apontam para uma perturbação do sistema, como desdobramento da propagação do efeito de borda.

Quadro 6.11- Síntese dos resultados obtidos para o peso seco das frações de serapilheira (em Ton/ha) e total de umidade retida (em %) para cada uma das 31 parcelas estudadas.

CATRAMBI								
	Umidade (%)	Folhas Inteiras	Folhas frag	galhos	Mater. Reprodutivo	Mater.Fino	Resíduo	TOTAL SECO
C1A	25,43	1,69	2,47	2,59	0,38	0,89	0,39	8,41
C1B	42,86	1,70	3,16	1,91	0,14	2,14	1,77	10,82
C1C	29,07	2,11	3,45	2,93	0,25	1,89	2,19	12,83
C1D	17,87	1,89	3,36	2,39	0,04	3,94	1,33	12,95
C1E	18,41	1,52	4,84	2,31	0,25	1,78	0,70	11,41
Média C1	**26,73**	**1,78**	**3,46**	**2,43**	**0,21**	**2,13**	**1,28**	**11,28**
C2A	56,45	1,64	2,20	6,46	0,12	0,87	0,06	11,35
C2B	49,64	1,63	2,74	8,71	0,27	0,81	0,11	14,27
C2C	49,88	1,89	2,66	5,67	0,10	0,65	0,31	11,27
C2D	48,21	3,87	3,76	5,09	0,12	2,12	0,32	15,28
C2E	41,38	1,72	1,88	4,21	0,22	5,05	2,04	15,12
Média C2	**49,11**	**2,15**	**2,65**	**6,03**	**0,17**	**1,90**	**0,57**	**13,46**
C3A	41,36	2,33	2,62	3,44	0,09	3,38	1,35	13,21
C3B	44,37	2,23	2,35	5,65	0,09	1,31	0,62	12,25
C3C	40,52	3,11	1,94	2,94	0,08	3,50	1,96	13,53
C3D	56,48	3,22	2,29	1,43	0,25	0,92	0,62	8,73
C3E	38,31	2,43	2,43	1,66	0,14	1,43	0,27	8,36
Média C3	**44,21**	**2,66**	**2,33**	**3,02**	**0,13**	**2,11**	**0,96**	**11,21**
Média Catrambi		**2,20**	**2,81**	**3,83**	**0,17**	**2,05**	**0,94**	**11,99**
SOBERBO								
S1A	49,39	3,19	5,65	5,12	0,09	2,24	1,02	17,31
S1B	34,52	3,07	4,50	4,32	0,03	1,01	1,22	14,15
S1C	39,78	3,19	4,51	4,11	0,30	2,82	1,82	16,76
S1D	35,44	3,02	4,05	3,34	0,49	2,07	1,60	14,57
S1E	44,91	2,23	3,20	2,48	0,09	1,23	0,68	9,91
Média S1	**40,81**	**2,94**	**4,38**	**3,87**	**0,20**	**1,87**	**1,27**	**14,54**
S2A	41,14	4,03	3,66	4,14	0,14	0,62	0,19	12,77
S2B	38,31	3,54	3,38	5,69	0,20	0,69	0,11	13,61
S2C	43,58	3,77	3,04	3,69	0,14	0,59	0,05	11,28
S2D	33,71	2,47	3,06	3,97	0,15	0,98	0,27	10,90
S2E	31,50	1,71	1,79	2,22	0,09	0,61	0,25	6,66
S2F	37,19	3,50	4,14	4,62	0,08	0,98	0,13	13,44
Média S2	**37,57**	**3,17**	**3,18**	**4,06**	**0,13**	**0,74**	**0,17**	**11,44**
S3A	37,07	4,53	3,43	4,36	0,47	0,67	0,15	13,60
S3B	39,67	2,29	3,27	4,81	0,29	0,74	0,28	11,68
S3C	37,85	3,21	2,81	4,36	0,34	0,75	0,08	11,55
S3D	29,43	3,75	3,54	3,98	1,55	0,95	0,19	13,95
S3E	39,63	2,80	3,47	4,18	0,31	0,83	0,16	11,75
Média S3	**36,73**	**3,32**	**3,30**	**4,34**	**0,59**	**0,79**	**0,17**	**12,51**
Média Soberbo		**3,14**	**3,62**	**4,09**	**0,31**	**1,13**	**0,53**	**12,83**

Em relação à diferença encontrada entre as duas áreas, tal como já sinalizado anteriormente, esta quantidade maior do Soberbo pode estar associada à presença de uma formação vegetal mais densa, uma vez que na maior parte das parcelas a variação da densidade de indivíduos em relação à parcela anterior, ocorre na mesma direção em que varia o total de serapilheira acumulada (figura 6.55).

Em relação à análise desta figura, pode-se concluir:

- Com exceção do transecto 1 do Catrambi, em todos os demais há uma tendência mais ou menos nítida de maior acúmulo de serapilheira nas parcelas de borda, característica esta que é acompanhada pela tendência de aumento dos indivíduos mortos nestas parcelas, tal como já se comentou anteriormente.
- O transecto 2 do Catrambi, apesar de possuir a menor densidade média entre os seis transectos estudados (2060 ind/ha), é o que apresenta os maiores valores de serapilheira acumulada na área do Catrambi (média de 10,99 Ton/ha). Duas hipóteses não excludentes se colocam para a explicação deste

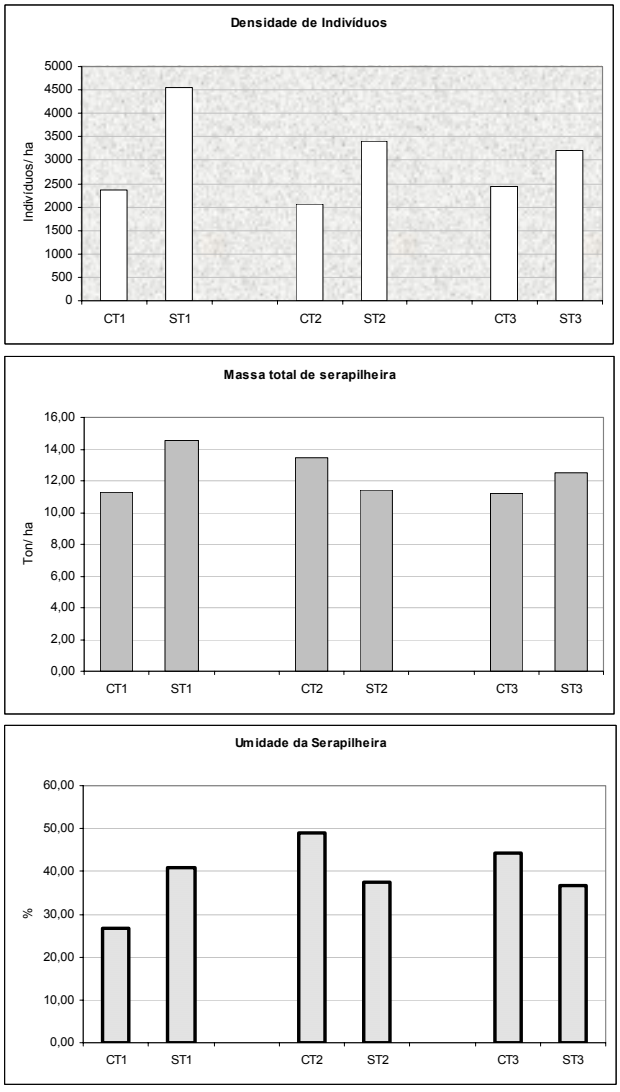
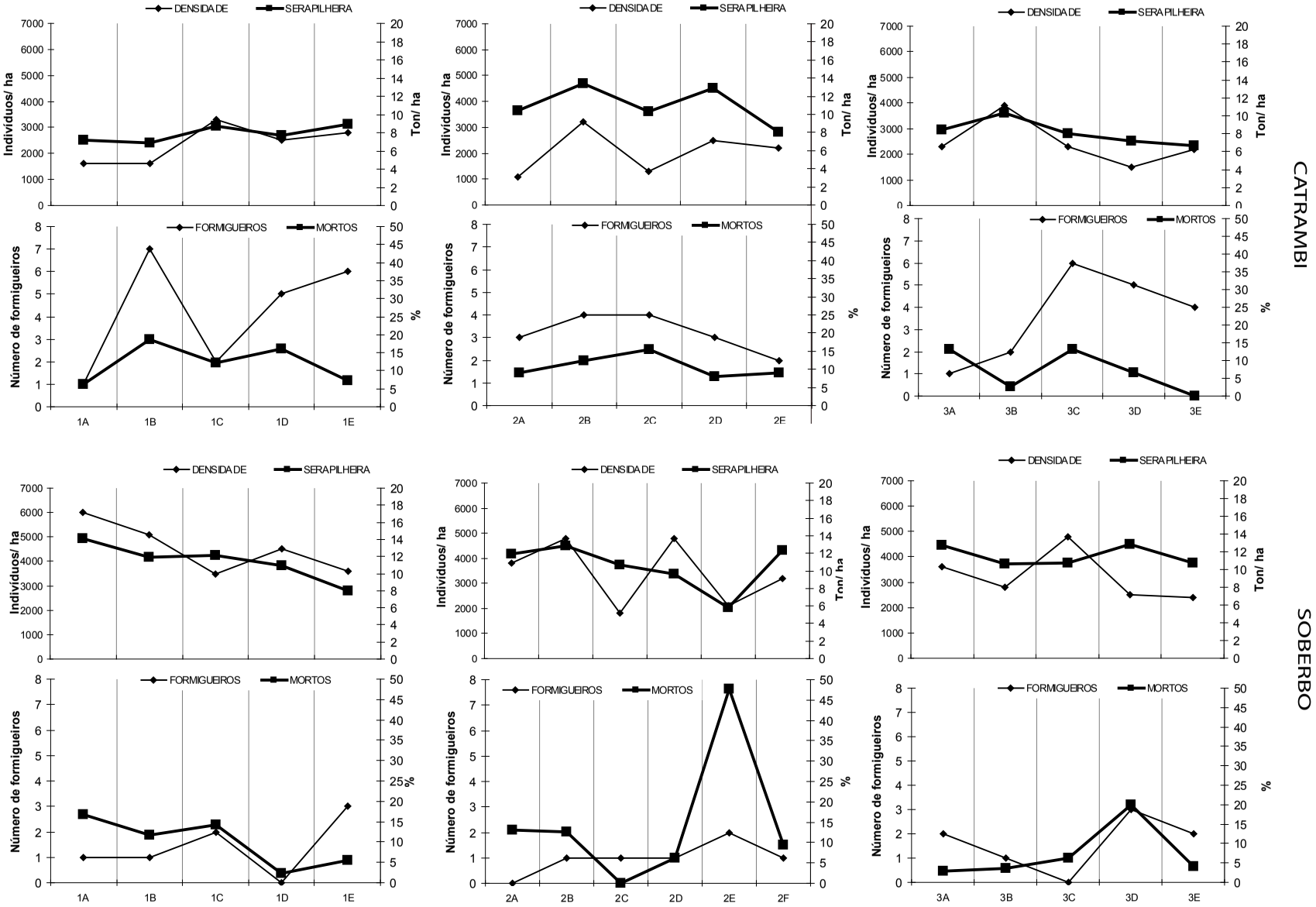


Figura 6.54- Gráficos comparativos das variáveis de Densidade, Massa de Serapilheira seca e Umidade retida na serapilheira, totalizadas por transecto.

Figura 6.55- Gráficos comparativos entre Densidade (indiv/ha), Massa de Serapilheira* (Ton/ha), Indivíduos Mortos em Pé (%) e Total de Formigueiros para cada uma das 31 parcelas estudadas



* Descontados os valores de Material Fino e Resíduos

processo: de um lado, é possível que um número igual ou inferior de árvores estejam produzindo mais serapilheira como decorrência do stress hídrico e/ou nutricional a que estão submetidas. Infelizmente a falta de dados de produção de serapilheira nos impediu de avançar nesta questão. De outro lado, independentemente de um aumento ou não da produção de serapilheira, é possível que a taxa de decomposição orgânica seja mais reduzida nestas áreas de influência de borda, tanto pelo desequilíbrio da comunidade de fauna de solo, quanto pelo aumento da esclerofilia[22], expresso no peso específico foliar, o que será comprovado mais à frente.

- Algumas parcelas apresentam um comportamento que pode expressar uma tentativa de recuperação estrutural do sistema, retratada pelo aumento da densidade de indivíduos associado a uma redução na massa de serapilheira acumulada. É o caso, no Catrambi, da transição da parcela 3D para 3E. Já no Soberbo, esta tendência se expressa entre as parcelas 3B e 3C, 2C e 2D e 1C e 1D.

Quando comparamos as variáveis totalizadas por transecto (figura 6.54), duas características chamam a atenção: primeiro, a relação entre densidade e serapilheira acumulada, entre o Soberbo e o Catrambi; e, em segundo lugar, a relação entre o peso seco e o percentual de umidade.

No que se refere à primeira questão (relação entre Densidade de vegetação e Massa de Serapilheira), pode-se observar que embora o Soberbo apresente o maior número de indivíduos por unidade de área nos três transectos, apenas nos transectos 1 e 3 há a supremacia de massa total de serapilheira acumulada.

---

[22] Segundo Delitti ***et al***. (2000), "*o grau de esclerofilia expressa a relação entre as quantidades de matéria orgânica, nutrientes e energia utilizadas na estruturação de cada unidade de área foliar* (...) *sendo indicativa das tensões atuando sobre as populações de plantas nos ecossistemas*". Nesse contexto, Cordero (2000) encontrou uma relação diretamente proporcional entre o Peso Específico Foliar e a quantidade de luz presente no sistema, e inversamente proporcional à quantidade de nutrientes disponíveis.

No transecto 2, embora o Soberbo apresente uma densidade de indivíduos significativamente maior do que o Catrambi, é este último que apresenta a maior massa de serapilheira. Esta conjugação entre menor densidade e maior massa de serapilheira é, por certo, o resultado do maior nível de perturbação sofrido por este transecto do Catrambi[23], tanto nas parcelas cortadas pelos caminhos internos, quanto nas parcelas afastadas dos caminhos (parcelas D e E) mas que, como já foi referido, apresentam grande fragilidade devido à condição topográfica e nível de exposição.

Outra possibilidade já referida acima, que se associa à explicação do parágrafo anterior (até mesmo porque expressa o grau de perturbação), é a de que os valores altos de estoque de serapilheira no transecto 2 do Catrambi estejam associados, também, a um maior grau de esclerofilia[24], o qual é indicado pelo maior peso específico foliar (figura 6.56).

É importante salientar que os resultados do Peso Específico Foliar (média de 79,7 ± 13,8 g/m^2, sendo 76,6 ± 12,5 g/m^2 para o Soberbo e 82,7 ± 15 g/m^2 para o Catrambi) não apresentaram diferenças significativas daqueles registrados por Kindel e Garay (2002) para o Maciço da Tijuca (81 ± 4 g/m^2), ou dos resultados encontrados por Martínez-Garza e Howe (2005) para uma floresta tropical no México. No entanto, os resultados foram bastante superiores aos encontrados por Cordero (2000) e Baruch *et al* (2000) e inferiores aos apresentados por Vitousek *et al* (1995) para áreas do Hawaí, o que reforça a idéia da variabilidade associada aos controles

[23] Embora os maiores volumes de produção de serapilheira estejam quase sempre associados aos estágios sucessionais iniciais, devido à maior necessidade de captação de energia (Swift *et* al, 1979), diversos autores têm demonstrado que um aumento nas taxas de deposição de serapilheira pode também estar associado com um aumento no nível de perturbação, tanto devido a uma exaustão nutricional do solo (Oliveira, 1987; Kindel, 2001), quanto a uma deficiência hídrica (Swift, 1981; Luizão, 1982)

[24] Segundo Damascos e Prado (2001), as folhas sob alta disponibilidade luminosa apresentam espessura foliar maior, como recurso de proteção aos pigmentos fotossintetizantes, o que pode contribuir para aumentar o peso específico foliar.

locais, tanto no que se refere ao stress hídrico, quanto à pobreza de nutrientes ou a quantidade de luz incidente.

De qualquer forma, o aumento significativo dos valores junto às parcelas de borda, vem a confirmar as conclusões expressas por Medina *et al* (1990) e Rizzini (2000), de que o Peso Específico Foliar responde de forma bastante satisfatória ao aumento na intensidade dos níveis de luz incidente e à redução de água e nutrientes no solo, sendo, portanto, um importante indicador do grau de perturbação do sistema.

Dessa forma, com um peso específico superior ao dos demais (85,16 g/m^2), o transecto 2 do Catrambi associa uma maior produção foliar (presumida) com uma maior resistência das folhas à decomposição, o que se reflete em um valor mais elevado da massa de serapilheira acumulada no transecto.

Apesar disso, ao se comparar à média das duas parcelas iniciais de cada transecto com a média das duas parcelas finais, tanto o Soberbo quanto o Catrambi apresentam a tendência esperada para o gradiente borda-centro no que se refere à massa total de serapilheira acumulada (figura 6.57). Considerando que, para o caso do Catrambi, esta borda está em fundo de vale, é legítimo supor que estes dados retificam os resultados encontrados por Clevelário Jr. (1996).

Em outras palavras, os resultados obtidos nesta pesquisa sugerem que as áreas de fundo de vale apenas tendem a apresentar menor estoque de serapilheira (devido à maior taxa de decomposição), tal como apontado por Clevelário Jr. (*op.cit*), se não estiverem localizadas no domínio do efeito de borda. Do contrário, estas áreas tenderão a apresentar um estoque maior de serapilheira do que as áreas de encosta livres do efeito de borda.

Já quanto à segunda questão (relação entre o peso seco e o percentual de umidade) pode-se observar que ambas as variáveis apresentam uma certa proporcionalidade para os transectos 1 e 2 das

duas áreas pesquisadas (o percentual de umidade é proporcional à massa).

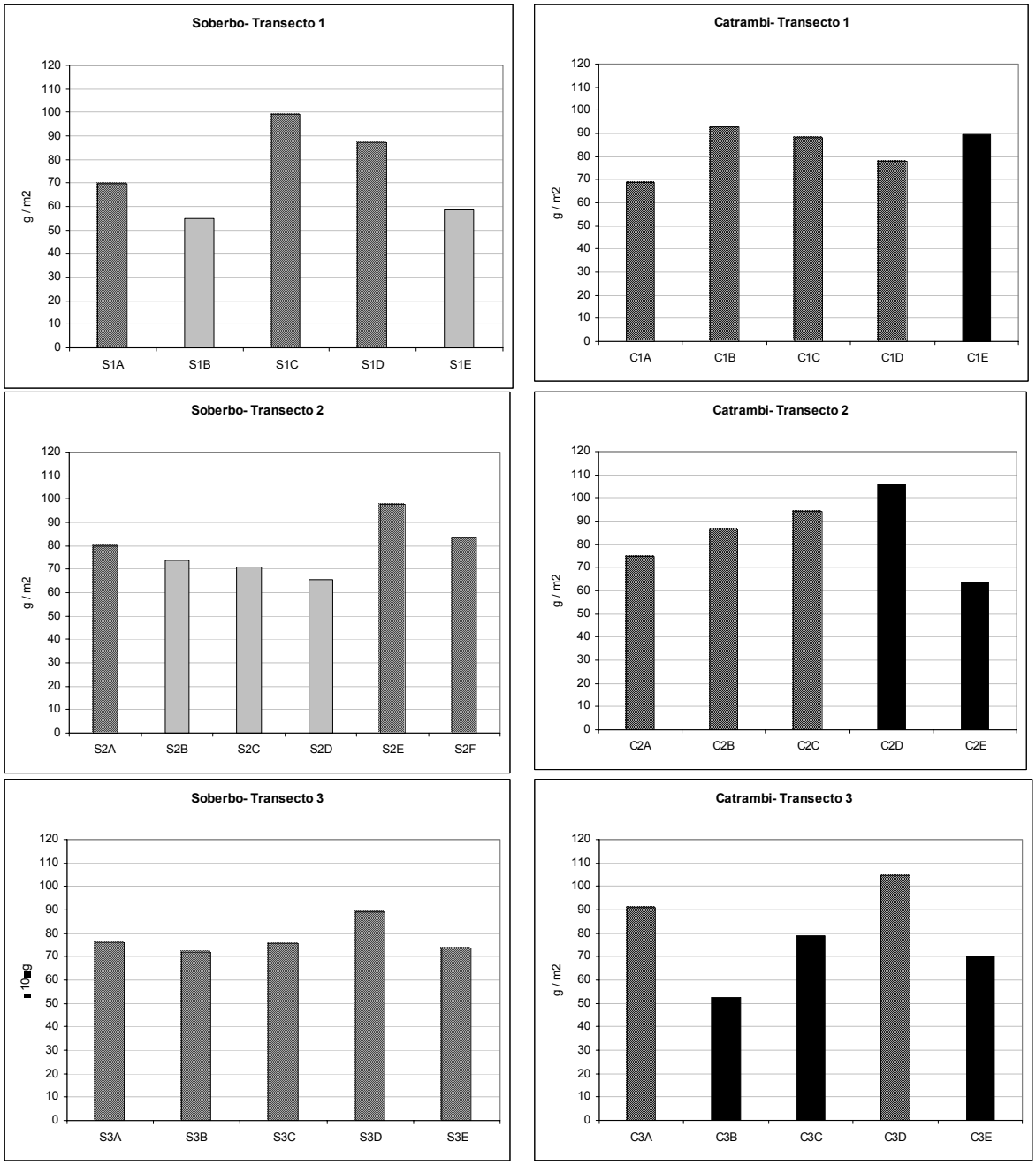


Figura 6.56- Gráficos comparativos do Peso Específico Foliar (em g/m^2) nas duas áreas estudadas. As colunas achuradas sinalizam parcelas que estão em contato direto com algum tipo de borda (interna ou externa), enquanto que as colunas sem achuras representam parcelas sem contato direto com as bordas.

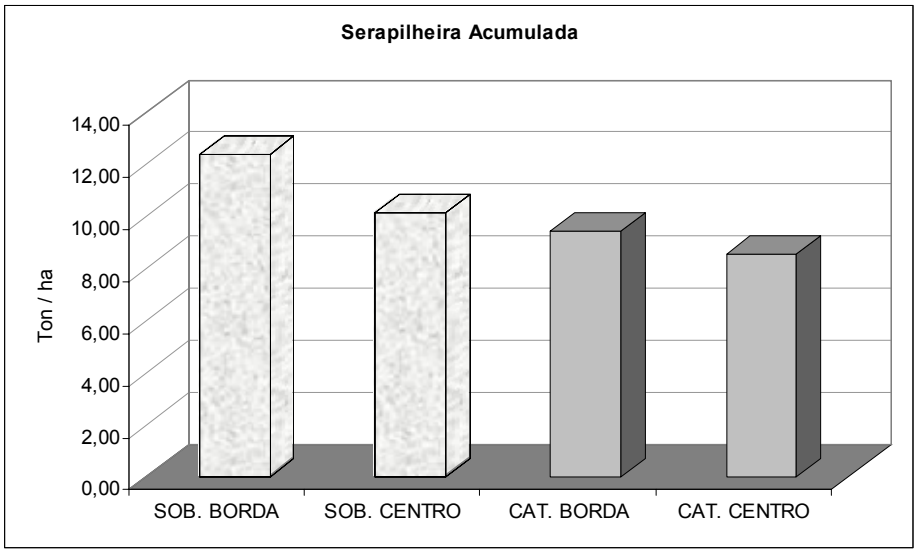


Figura 6.57- Gráfico comparativo dos valores médios de Serapilheira Acumulada nas parcelas de borda e nas parcelas de interior, para as duas áreas em estudo.

No entanto, para ambos os transectos 3, é possível perceber que a maior massa de serapilheira (Soberbo) não resulta em maior capacidade de absorção de umidade (Catrambi), já que o transecto 3 do Soberbo acompanha toda a extensão da borda lateral da floresta, o que condiciona, por ação do vento e da temperatura mais elevada, um maior ressecamento do sistema serapilheira-solo.

Mesmo assim, a área do Soberbo apresenta, na média, uma capacidade significativamente mais alta de estocagem de água na serapilheira do que a área do Catrambi, tal como se pode verificar na figura 6.58.

Pela análise do gráfico, pode-se observar que as amostras de serapilheira secas em temperatura ambiente estabilizaram sua perda de peso no mesmo intervalo de tempo, por volta de 32 a 33 dias. No entanto, ao final do experimento (36 dias), enquanto as amostras do Catrambi haviam perdido, em média, 17% de peso, as amostras do Soberbo perderam 33%, o que evidencia o maior potencial para estocagem de água.

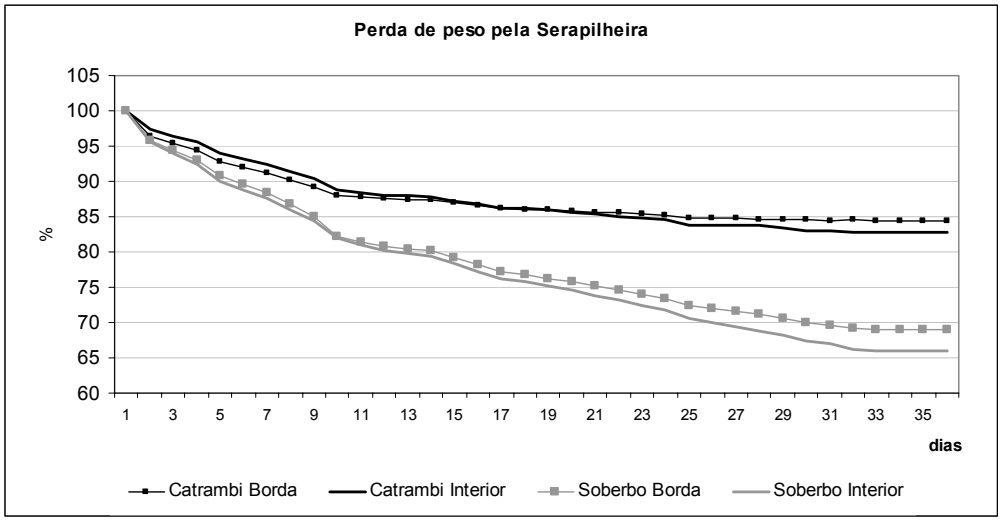


Figura 6.58- Gráfico comparativo da perda de peso da serapilheira em condição de borda e de interior, para as duas áreas estudadas.

Tendo em vista que o peso inicial das amostras foi muito próximo, tal discrepância de perda de peso não pode ser imputada ao diferencial de massa de serapilheira, mas sim à sua melhor estruturação na área do Soberbo, com maior participação da camada F. Segundo Voight e Walsh (*apud* Coelho Netto, 1992), a maior capacidade de absorção de água pelo material fragmentado "(...) *ocorre pela ativação dos mecanismos de absorção em associação à maior superfície específica produzida pela intensa atividade biológica*" (p.128).

Também aqui se evidencia o impacto gerado pelo efeito de borda sobre a perda de umidade da serapilheira, já que nas duas áreas estudadas, as amostras coletadas na borda perderam menos peso do que as amostras coletadas no interior. Neste caso, revela-se com muita clareza o papel do vento e da maior temperatura nas áreas de borda.

Mesmo com um tempo de residência menor do que no solo, a umidade presente na serapilheira representa um elemento fundamental para a manutenção das reservas hídricas do sistema, uma vez que atenua ou até, em alguns casos, elimina, o gradiente de umidade entre a zona de borda e o interior.

Todavia, é preciso que se reconheça também que a serapilheira, apesar de reter um percentual de umidade superior ao do solo, apresenta uma variabilidade de armazenamento muito maior do que àquele. Especialmente na área do Soberbo, cujo solo apresenta uma maior participação de materiais finos[25] (quadro 6.12) , o percentual de umidade do solo se manteve ao redor dos 30% nas 16 parcelas estudadas, independente da sua localização. Nesta mesma área, a umidade da serapilheira variou de 31 a 50%. Os gráficos da figura 6.59 expressam esta relação entre a umidade da serapilheira e do solo para as áreas estudadas.

Já para a área do Catrambi, cujo conteúdo de agregados no solo se destaca pela participação das classes de maior tamanho, o conteúdo de água no horizonte mais superficial do solo fica em patamar inferior ao Soberbo, com pequenas variações entre 10 e 20%.

Quadro 6.12- Comparação dos agregados no solo (em % do peso total), por classe de tamanho, entre os seis transectos estudados.

TRANSECTO		Tamanho dos agregados				
		> 2mm	1,01 – 2mm	0,51 – 1mm	0,5- 0,250mm	< 0,250mm
Catrambi	1	16,74	21,03	20,05	22,8	11,7
	2	15,65	25,07	17,8	23,9	10,3
	3	22,7	19,08	18,73	21,5	9,87
Soberbo	1	11,35	14,56	14,6	16,92	24,63
	2	14,19	18,31	17,73	17,30	20,21
	3	15,4	12,22	17,81	19,6	23,44

[25] Decorrente da textura areno-argilosa do solo originado sobre o "granito Favela" (Fernandes, 1995).

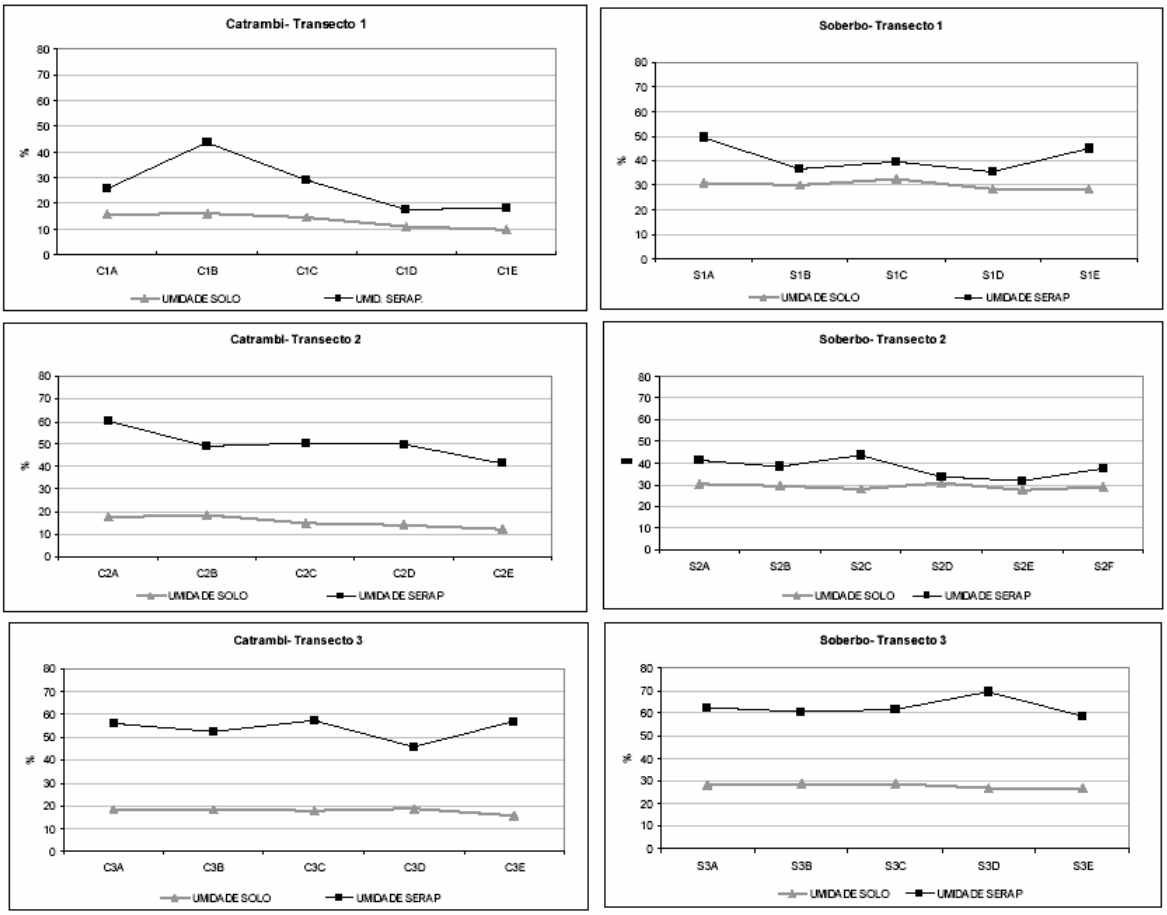


Figura 6.59- Gráficos comparativos entre o percentual de umidade presente no solo e na serapilheira, nas duas áreas estudadas.

Enquanto isso, a umidade da serapilheira, no Catrambi, variou entre 17 e 60%, com tendência natural de concentração dos maiores valores nas parcelas de fundo de vale, mesmo estando estas sob o efeito mais intenso da zona de borda.

6.3.3.1- COMPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA

Muito embora a fração foliar seja a dominante em 26 das 31 parcelas estudadas, a sua baixa participação percentual na composição

da serapilheira[26] (figura 6.60), é contrastante com os resultados encontrados por diversos autores para áreas de floresta tropical.

Todavia, como demonstra o quadro 6.13, outros autores obtiveram resultados semelhantes (ou até inferiores) aos deste trabalho, como decorrência de respostas pontuais a perturbações localizadas.

Cabe ressaltar, no entanto, que a baixa participação percentual da fração "folhas" no estoque de serapilheira estudado (média de 48,07%), não decorre de uma massa menor de folhas do que a encontrada por outros autores, já que a maior parte dos trabalhos pesquisados registra um valor entre 5,2 e 6,8 Ton/ha. Para esse trabalho, foram registrados valores de 5,01 e 6,76 Ton/ha, respectivamente, para as áreas do Catrambi e do Soberbo, o que resulta em uma média geral de 5,88 Ton/ha; portanto, sem diferir estatisticamente dos valores brutos encontrados por Oliveira (1987 e 1999), Marcos e Matos (2003), Moraes e Delitti (1996) e outros.

A diferença, de fato, vai ser encontrada na fração "galhos". Com uma média de 3,96 Ton/ha (3,83 e 4,09 Ton/ha, respectivamente para áreas do Catrambi e do Soberbo), esta pesquisa apresenta o terceiro maior valor[27] entre todos os trabalhos pesquisados na literatura nacional e internacional. Esses valores resultam em uma participação percentual de 31,87% sobre o estoque total.

No caso do transecto 2 do Catrambi, cujo grau de degradação já vem sendo sinalizado pelas análise anteriores, o percentual de galhos chega a 45,9 % (6,03 Ton/ha).

---

[26] Tendo em vista que a fração "material fino" e a fração "resíduos" incorporaram uma quantidade não dimensionada de solo e partículas minerais, especialmente no Catrambi, tendendo a mascarar o comportamento da massa total de serapilheira acumulada, optou-se por eliminar estas frações no cálculo de participação proporcional das demais.

[27] O maior valor é creditado a Kira e Shidei (*apud* Oliveira, 1987), com mais de 11 Ton/ha de galhos, em uma serapilheira cuja produção total ultrapassa as 23 Ton/ha/ano. Já o segundo maior valor encontrado, foi registrado por Marcos e Matos (2003) para o Maciço da Tijuca, sendo de 5 e 8,2 Ton/ha, respectivamente para as áreas de "Freiras" e "Sumaré". Não obstante, estes autores também registraram valores de 3 e 3,2 Ton/ha, respectivamente para as áreas de "Floresta" e "Magno".

Quadro 6.13- Comparação entre a participação percentual das frações "folhas" e "galhos" na literatura pesquisada.

LOCAL DE ESTUDO	% FOLHAS	% GALHOS	REFERÊNCIA
Resultados Obtidos			
Maciço da Tijuca (Catrambi)	43,06%	31,31%	Este estudo
Maciço da Tijuca (Soberbo)	53,07%	32,42%	Este estudo
Resultados Contrastantes			
Ilha Grande (área climáxica)	67,2%	19%	Oliveira (1999)
Ilha Grande (área de 25 anos)	72,6%	14%	Oliveira (1999)
Campos-RJ (mata de encosta)	68%	Ni	Mazurec (1998)*
Linhares-ES (mata climáxica de tabuleiro)	69,4%	Ni	Louzada (1997)*
Linhares-ES (mata secundária)	60,7%	ni	Louzada (1997)*
Ouro Preto – MG (mata secundária)	76,37%	ni	Werneck *et al* (2001)
Queesland- Austrália (mata secundária)	76%	ni	Herbohn e Congdon (1993)
Campinas-SP (clareiras em floresta secundária)	76%	ni	Martins e Rodrigues (1999)
Santo André-SP (mata climáxica de encosta)	72%	ni	Domingos *et al* (1997)*
Ilha do Cardoso-SP (mata de encosta)	71,2%	ni	Moraes e Delitti (1996)
Manaus-AM (mata de Terra Firme)	84%	ni	Franken *et al*(1979)*
Manaus-AM (mata de Terra Firme)	84,8%	ni	Klinge e Rodrigues (1968)*
Maciço da Tijuca	74,6%	ni	Oliveira e Lacerda (1993)
Maciço da Tijuca (encosta)	74%	12,8%	Oliveira (1987)
Resultados Semelhantes			
Maciço da Pedra Branca-RJ (fundo de vale)	42%	25%	Macedo e Oliveira (2003)
Maciço da Pedra Branca-RJ (divisor)	58%	20%	Macedo e Oliveira (2003)
São João do Triunfo-PR	57%	26,7%	Figueiredo Filho *et al* (2003)
Manaus-AM (mata de Terra Firme)	59,5%	ni	Luizão e Schubart (1986)
Maciço da Tijuca (mata secundária)	50,8%	46,15%	Marcos e Matos (2003)
Maciço da Tijuca (Freiras)	58,9%	40,3%	Marcos e Matos (2003)
Maciço da Tijuca (Magno)	42,7%	36%	Marcos e Matos (2003)
Maciço da Tijuca (Sumaré)	26,8%	73,2%	Marcos e Matos (2003)
Pinheiral-RJ (floresta secundária tardia-primavera)	57,7%	35,2%	Toledo *et al* (2002)

* *apud* Oliveira (1999)

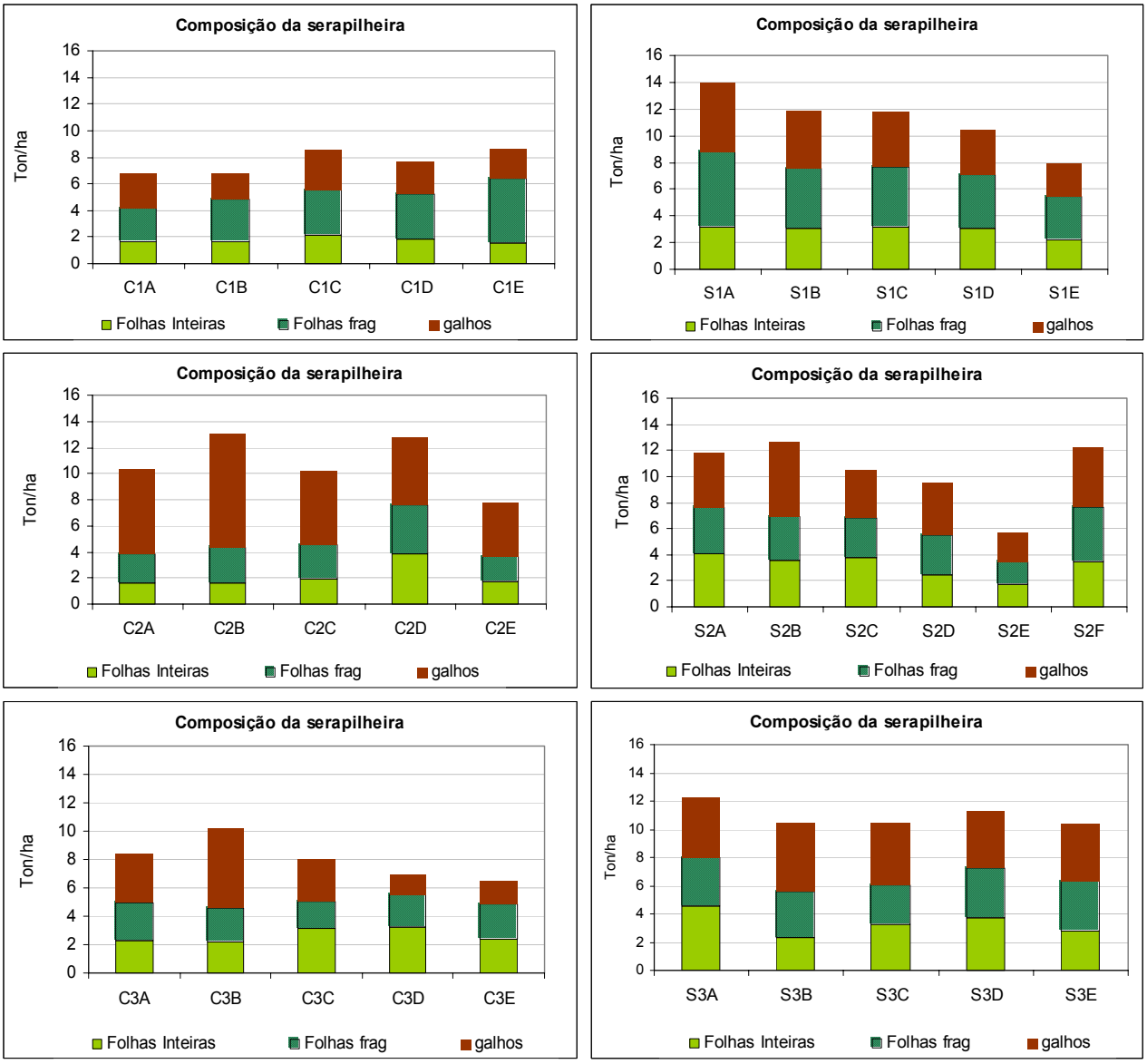


Figura 6.60- Gráficos das massas dos principais componentes da serapilheira (em Ton/ha) nas duas áreas estudadas.

Essa queda excessiva de galhos, que representa perda estrutural do sistema, está nitidamente relacionada com a perturbação produzida pela propagação do efeito de borda, uma vez que a massa de galhos é bem mais expressiva nas parcelas de borda do que nas parcelas de interior (no Catrambi, registrou-se 4,79 contra 2,85 Ton/ha, respectivamente; enquanto que no Soberbo, registrou-se valores de 4,74 Ton/ha na borda, contra 3,47 Ton/ha no interior).

Embora o conjunto do material analisado se caracterize como um húmus do tipo "Moder"[28] (Swift *et* al, 1979), sem muitas variações, um importante elemento que precisa ser considerado na análise, refere-se à proporção entre as camadas L (folhas inteiras, depositadas recentemente na serapilheira)e F (folhas fragmentadas, portanto já em processo mecânico-químico de decomposição).

Em 22 das 31 parcelas estudadas, há um predomínio da camada F sobre a camada L, refletindo as tendências esperadas para um sistema decompositor ainda não totalmente alterado. Isso aparece muito claramente retratado nos transectos 1, tanto no Soberbo quanto no Catrambi.

No entanto, em 9 parcelas[29], os resultados foram inversos, com predomínio da camada L sobre a massa total de folhas. Considerando que nestas parcelas a massa da camada F não é inferior à média do conjunto das parcelas, é possível que nelas (na sua grande parte com influência direta da borda), o processo de senescência das folhas esteja sendo acelerado pelo aumento excessivo na quantidade de luz (Hogan e Machado, 2002) ou, mais provavelmente, pela drástica redução da quantidade de água disponível (Cavelier e Vargas, 2002; Marcos e matos, 2003).

6.3.4- Resultados de Porosidade Total e Densidade Aparente

Todos os resultados referentes ao levantamento de indicadores bióticos apresentados até aqui sugerem a influência direta dos caminhos internos à zona de borda, atuando como elementos perturbadores e produtores de entropia no sistema da paisagem.

---

[28] Nesta forma de húmus, caracterizada por uma taxa mais lenta de decomposição, percebe-se claramente a diferenciação entre as camadas L, F e H.
[29] No Catrambi: C2D, C3C, C3D. No Soberbo: S2A, S2B, S2C, S3A, S3C, S3D.

Os levantamentos de Porosidade Total e Densidade Aparente do solo nos caminhos principais tiveram a função de testar a hipótese acima no que diz respeito a um condicionante da hidrologia do sistema nestas áreas, uma vez que o aumento da compactação do solo tende a modificar o comportamento da condutividade hidráulica ao longo dos eixos transitáveis. Tal situação pode estar contribuindo de forma significativa para impedir o retorno da sucessão nestas áreas.

A figura 6.61 apresenta os resultados obtidos para os quatro caminhos principais em análise (três no Catrambi e um no Soberbo).

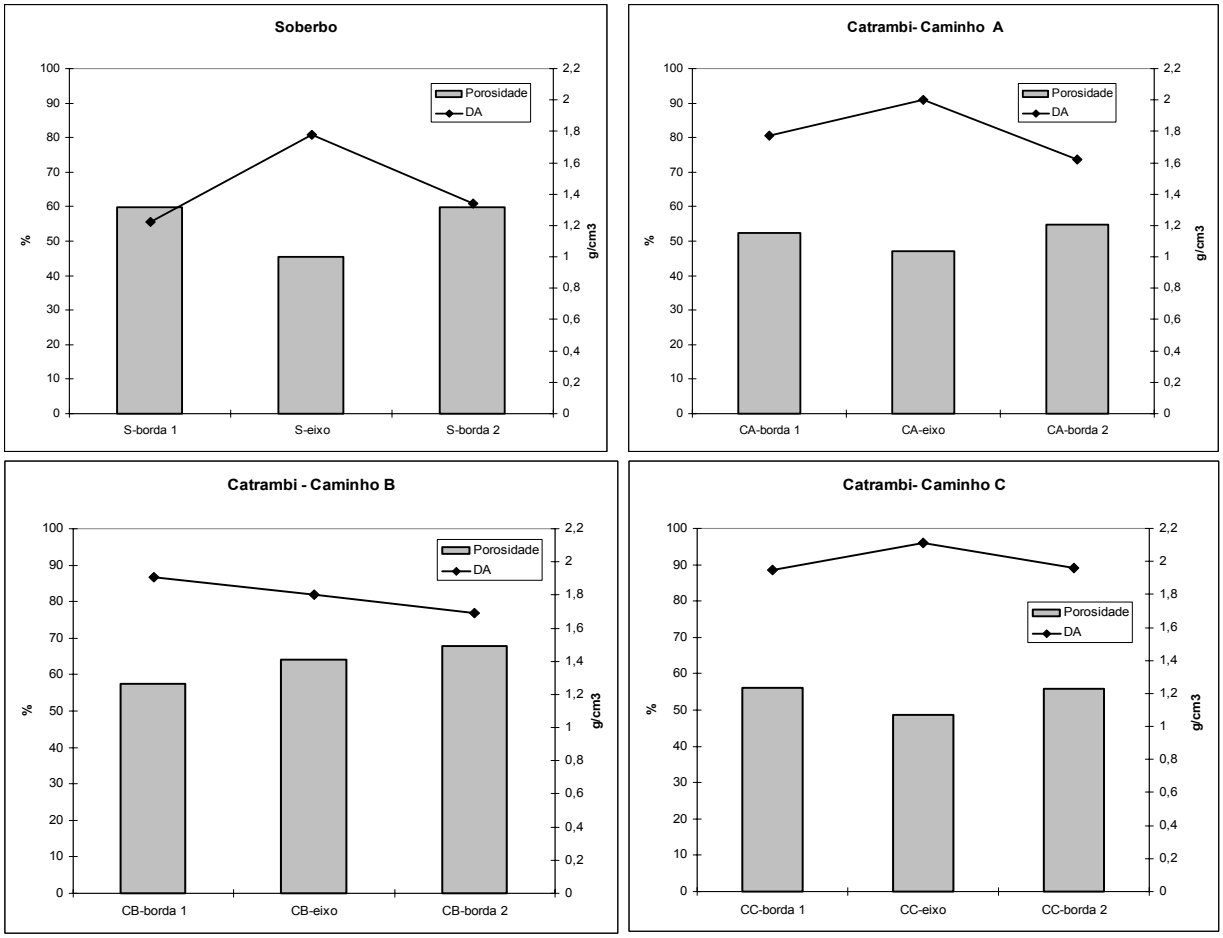


Figura 6.61- Gráficos de comparação dos valores de Porosidade Total (em%) e Densidade Aparente do solo (em g/cm^3) entre as bordas e o eixo central dos quatro caminhos principais estudados, internos à zona de borda da floresta.

Para todos os caminhos, os valores de Porosidade Total apresentaram alta correlação com os valores de Densidade Aparente (r^2>0,97), sendo estatisticamente significantes no nível de 0,05.

Pela análise dos gráficos, pode-se observar claramente que o eixo dos caminhos apresenta um nível de compactação bastante superior às bordas[30]. Os valores encontrados (média de 1,92 e 1,68 g/cm^3, respectivamente para os eixos e as bordas) chegam a ser superiores àqueles registrados por GEOHECO-SMAC (2000) para a trilha que liga a Vista Chinesa ao Parque da Cidade (média de 1,35 g/cm^3 para o eixo e 0,78 g/cm^3 para as bordas).

Já quanto a Porosidade Total, os resultados encontrados (média de 55,8%) se aproximam daqueles registrados por Castro Jr. (1991) para a bacia do Alto rio da Cachoeira (56%), muito embora os dados evidenciem uma diferenciação entre as bordas (58 ± 4,7%) e o eixo (51,3 ± 8,5%) dos caminhos, acompanhando a variação da Densidade Aparente.

Embora o comportamento destas variáveis não apresente uma diferença estatisticamente significante entre os quatro caminhos estudados, as observações de campo permitem concluir que o caminho do Soberbo e os caminhos B e C do Catrambi assumem maior capacidade de impacto sobre a paisagem, uma vez que se situam na média-alta encosta, sendo, portanto, instalados sobre níveis de terraceamento, com ativação de processos erosivos subseqüentes.

Em resumo, os dados expostos acima demonstram que a abertura e a manutenção de caminhos internos à zona de borda contribui para a modificação das características físicas do solo o que, em última instância, poderá afetar a resultante hidrológica do sistema, reduzindo a disponibilidade de água necessária para a recomposição estrutural destas áreas degradadas. Nas palavras de Klar (1984), "*todos os organismos são*

[30] Com exceção do caminho B do Catrambi, onde o maior valor de Densidade Aparente aparece associado à borda 1 do caminho.

altamente integrados na sua fisiologia e metabolismo, sendo os efeitos principais decorrentes do déficit de água, capazes de produzir outros, secundários e terciários" (p.261).

6.3.5- Resultados das Variações Microclimáticas

Considerando que "*o microclima influencia diretamente os processos ecológicos e reflete mudanças sutis no funcionamento do ecossistema e na estrutura da paisagem*" (Chen et *al*, 1999), buscou-se na interpretação das variáveis microclimáticas, uma resposta das mesmas tanto à variação no padrão borda-centro, quanto ao processo de fragmentação interno à zona de borda.

Dado o fato de que as coletas de dados não foram feitas de forma simultânea em todos os transectos, a análise da variabilidade dos padrões microclimáticos será focada especialmente na comparação inter-parcelas de cada transecto.

6.3.5.1- VARIAÇÕES DE LUMINOSIDADE

O conjunto de dados de luminosidade levantado para os seis transectos em análise (figura 6.62) nos permite, inicialmente, identificar os reflexos da degradação estrutural da área do Catrambi, uma vez que esta área apresenta patamares bastante superiores de radiação luminosa (interna aos transectos) quando comparada com a área do Soberbo.

Dentre os resultados encontrados, a análise dos gráficos nos permite identificar:

- Nítida acentuação da luminosidade nas áreas de borda, especialmente nos dez primeiros metros dos transectos. Em alguns deles, onde se observa maior degradação estrutural, como no transecto 2 do Catrambi, a luminosidade intensa pode se estender para além dos 20 metros. Já em transectos melhor conservados, como no caso do transecto

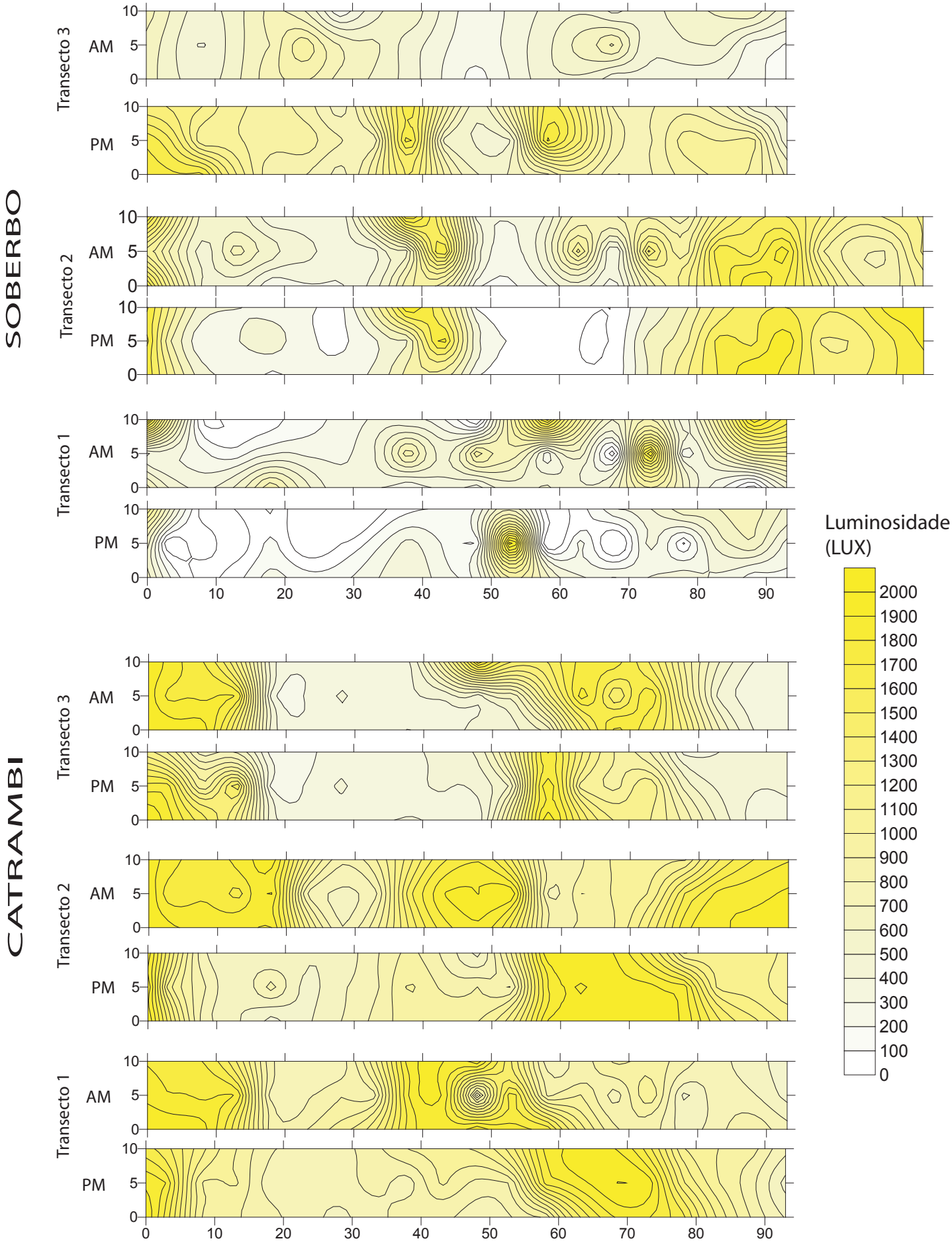


Figura 6.62 : Gráficos dos valores médios de radiação luminosa obtidos para os seis transectos em análise

1 do Soberbo, a radiação luminosa mais intensa parece não se estender para além de 5 metros da linha de borda.

- Paralelamente ao processo de degradação estrutural da vegetação, as partes superiores das vertentes também contribuem (pela maior exposição ao sol) para o aumento da quantidade de luz presente nas parcelas. Tal situação se expressa em praticamente todos os transectos do Catrambi.
- É inegável o papel desempenhado pelos caminhos e trilhas no aumento da quantidade de luz no interior dos transectos. A fragmentação interna é responsável pelas "janelas de luz" identificadas claramente nos transectos 1 (entre 50 e 60m) e 2 (entre 90 e 100m) do Soberbo e nos transectos 1 (entre 50 e 60m), 2 (*idem*) e 3 (entre 60 e 70m) do Catrambi. No caso do transecto 1 do Soberbo, o caráter mais preservado da floresta, faz ressaltar as "janelas" de luz que aparecem de forma pontuada a partir dos 50 m.
- Tal como era esperado, os resultados de luminosidade demonstraram responder de forma inversa às variações de Área Basal (figura 6.63) e à intensidade de cobertura de copas (figura 6.53), o que reflete de forma bastante evidente o papel da estrutura da vegetação na regulação do fotoperiodismo existente no interior da borda florestada.

Segundo Larcher (2000), as plantas apresentam uma série de adaptações ao longo do seu desenvolvimento "(...) *de acordo com a quantidade e qualidade da radiação local preponderante*" (p.54).

Embora a ausência de um levantamento fitosociológico não nos permita estabelecer uma relação direta entre a composição florística e a intensidade luminosa na área estudada, os resultados encontrados por diversos autores para outras áreas em semelhantes condições (King, 1994; Nicotra *et al*, 1999), nos dão uma certa garantia de que muitos dos

processos ecofisiológicos em curso no interior da área estudada sofrem influência direta da intensidade e da distribuição da radiação luminosa.

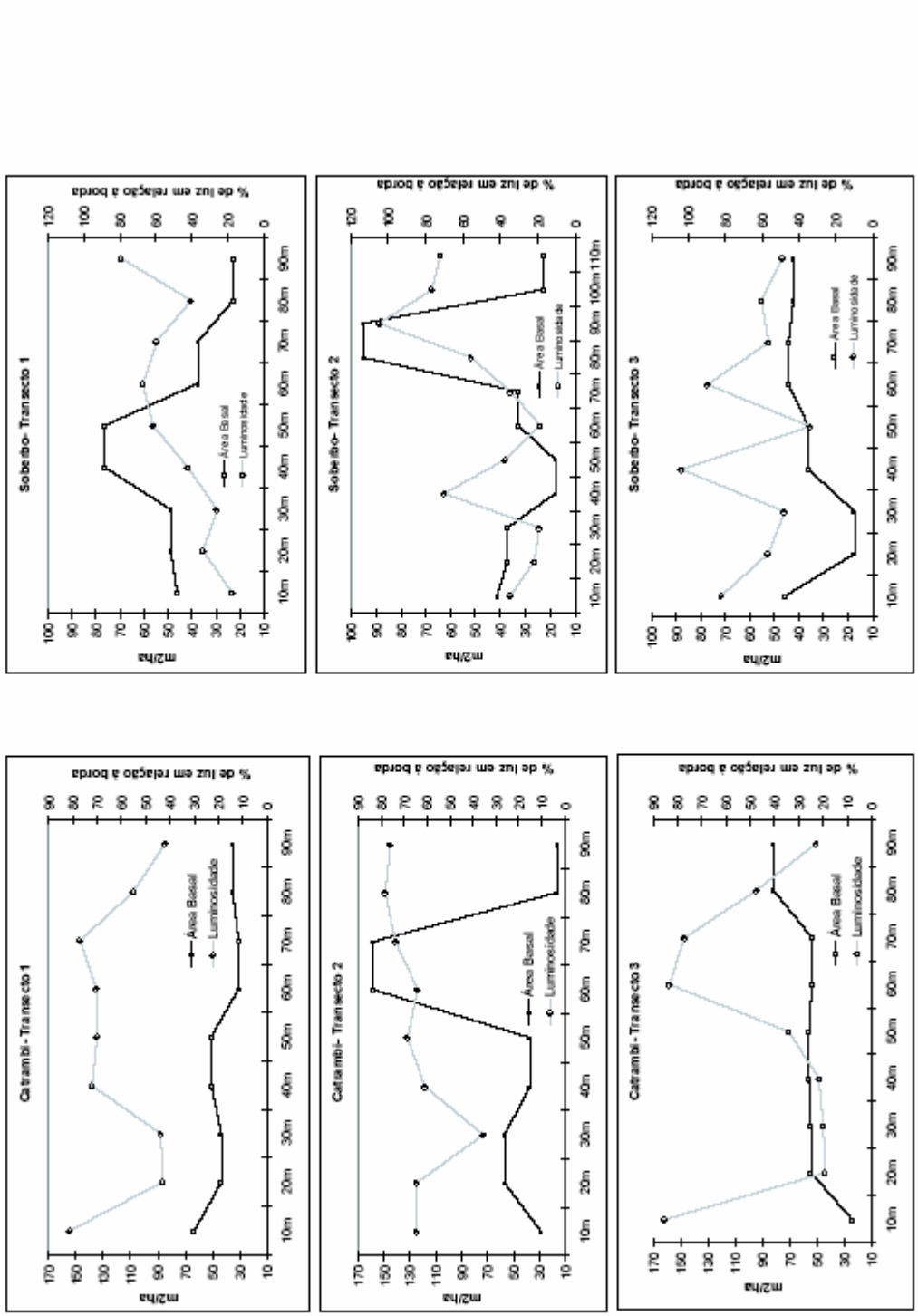


Figura 6.63 - Gráfico comparativos de variação da Área Basal e da Luminosidade (em % de lux em relação á borda) ao longo dos seis transectos estudados

6.3.5.2- VARIAÇÕES DE TEMPERATURA

Acompanhando as tendências apresentadas pelos dados de luminosidade, a temperatura atmosférica (a 1,5m) apresenta um comportamento bastante diferenciado entre a área do Soberbo e do Catrambi, tal como se pode observar na figura 6.64.

Uma primeira visualização dos gráficos já nos permite identificar a área do Catrambi como a mais quente. Embora esta característica já fosse esperada, devido à diferença altimétrica entre as duas áreas, a diferença no nível de degradação estrutural dos transectos certamente contribuiu para ampliar tal diferença. Uma análise mais detalhada do transecto 3 do Catrambi corrobora com a interpretação acima, uma vez que o melhor padrão estrutural da vegetação neste transecto, associado a uma maior disponibilidade hídrica por decorrência da geometria das vertentes, produz um comportamento térmico semelhante àquele apresentado pelos transectos 1 e 2 do Soberbo. Da mesma forma o transecto 3 do Soberbo revela que a presença de uma borda lateral, acompanhando longitudinalmente todo o transecto, define um gradiente térmico para o período da tarde que se aproxima bastante do apresentado pelos transectos 1 e 2 do Catrambi.

Em que pese esta diferenciação, a análise dos gráficos nos permite identificar:

- Um padrão mais ou menos definido de inversão térmica no transecto borda-centro entre os períodos da manhã e da tarde. Os dados do período da manhã refletem o padrão noturno, com tendência de conservação de energia no interior da floresta e perda nas áreas abertas. Tal condição resulta na tendência de ocorrência de temperaturas mais baixas na borda e mais altas no interior, situação esta que vai se invertendo ao longo do dia, à medida que as áreas abertas vão sofrendo um maior aquecimento pela radiação solar.

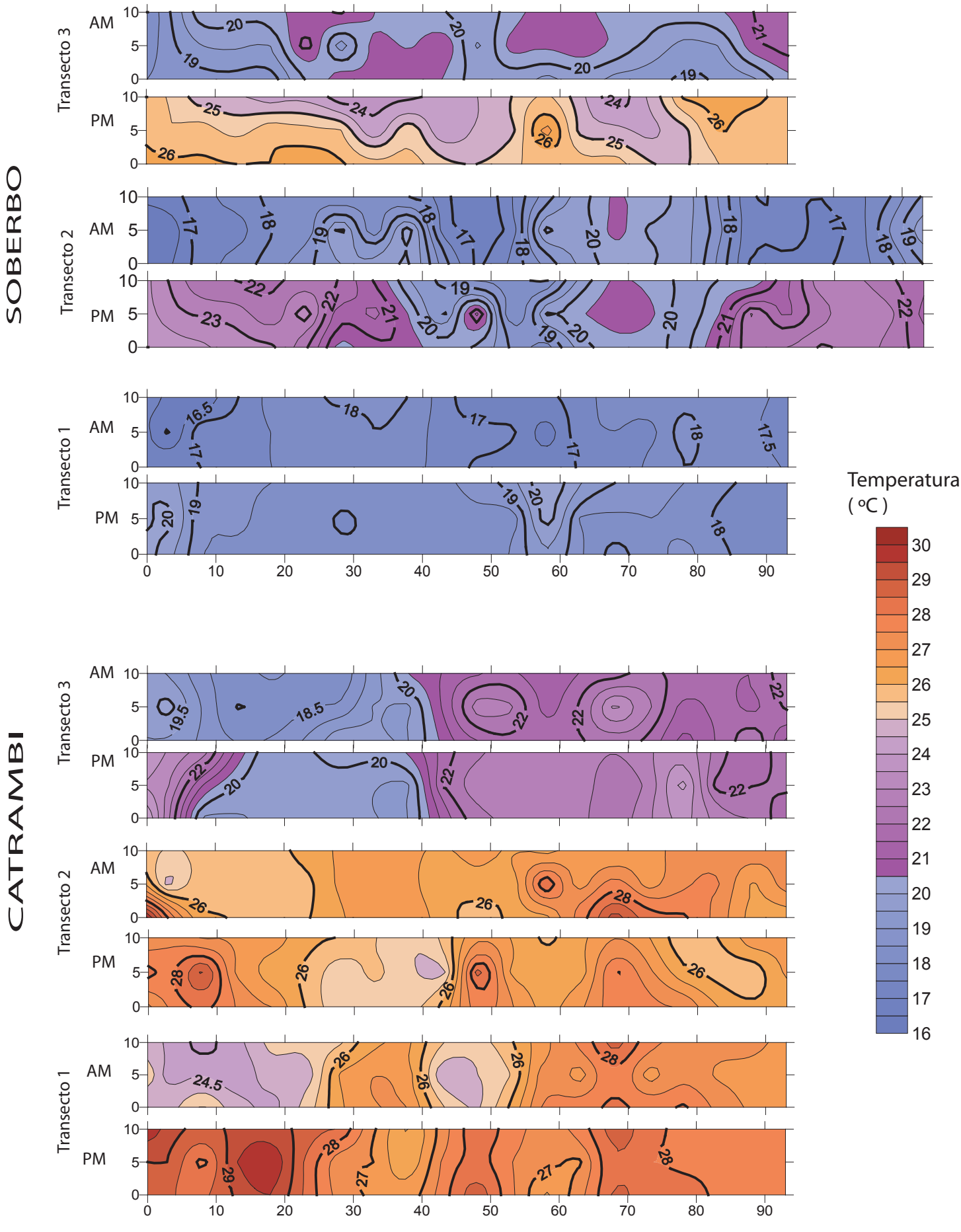


Figura 6.64 - Gráficos dos valores médios de temperatura obtidos para os seis transectos em análise, para os períodos da manhã (AM) e tarde (PM)

Esta relação é especialmente verdadeira para os transectos 1 e 3 do Catrambi e para o transecto 2 do Soberbo, embora ela também apareça de forma menos evidente nos demais.

- A influência da área de borda na regulação da variabilidade térmica torna-se bastante evidente quando se analisam os gráficos dos transectos estudados. Esta influência implica em uma diferença de temperatura de até 4,5°C entre os pontos de maior e menor temperatura (transecto 2 do Soberbo no período da tarde), variando de um transecto para outro. Especialmente no período da tarde, as áreas de borda se configuram nitidamente como células de temperatura mais elevada, propagando-se esta condição, em alguns casos, até próximo de 20 m para o interior do transecto. No caso do transecto 3 do Soberbo, o aquecimento promovido pela borda lateral, tende a inverter a direção da linha de borda, dispondo-a longitudinalmente ao transecto, o que configura um comportamento diferenciado dos demais, chegando a exercer alguma influência deste comportamento também nos primeiros 20 metros do transecto 2, pela tarde.
- A fragmentação interna às áreas de borda, decorrente das grandes clareiras, caminhos e trilhas, contribui para distorcer um padrão borda-centro mais uniforme, produzindo, ao contrário do que seria esperado, células isoladas de temperatura mais elevada no interior dos transectos. É o que se observa, por exemplo, entre 90 e 110m no transecto 2 do Soberbo, ou entre 50 e 70m nos transectos 1 e 2 do Catrambi. Um levantamento de dados mais detalhado em dois dos caminhos (um no Catrambi e um no Soberbo) exemplifica melhor esta questão (figura 6.65). Este levantamento ilustra claramente os núcleos de maior temperatura associada à área de domínio do eixo central do caminho. Esta mudança no comportamento térmico cria, nitidamente, "micro-efeitos de borda" que, por sua vez, alteram o padrão estrutural e funcional das áreas adjacentes.

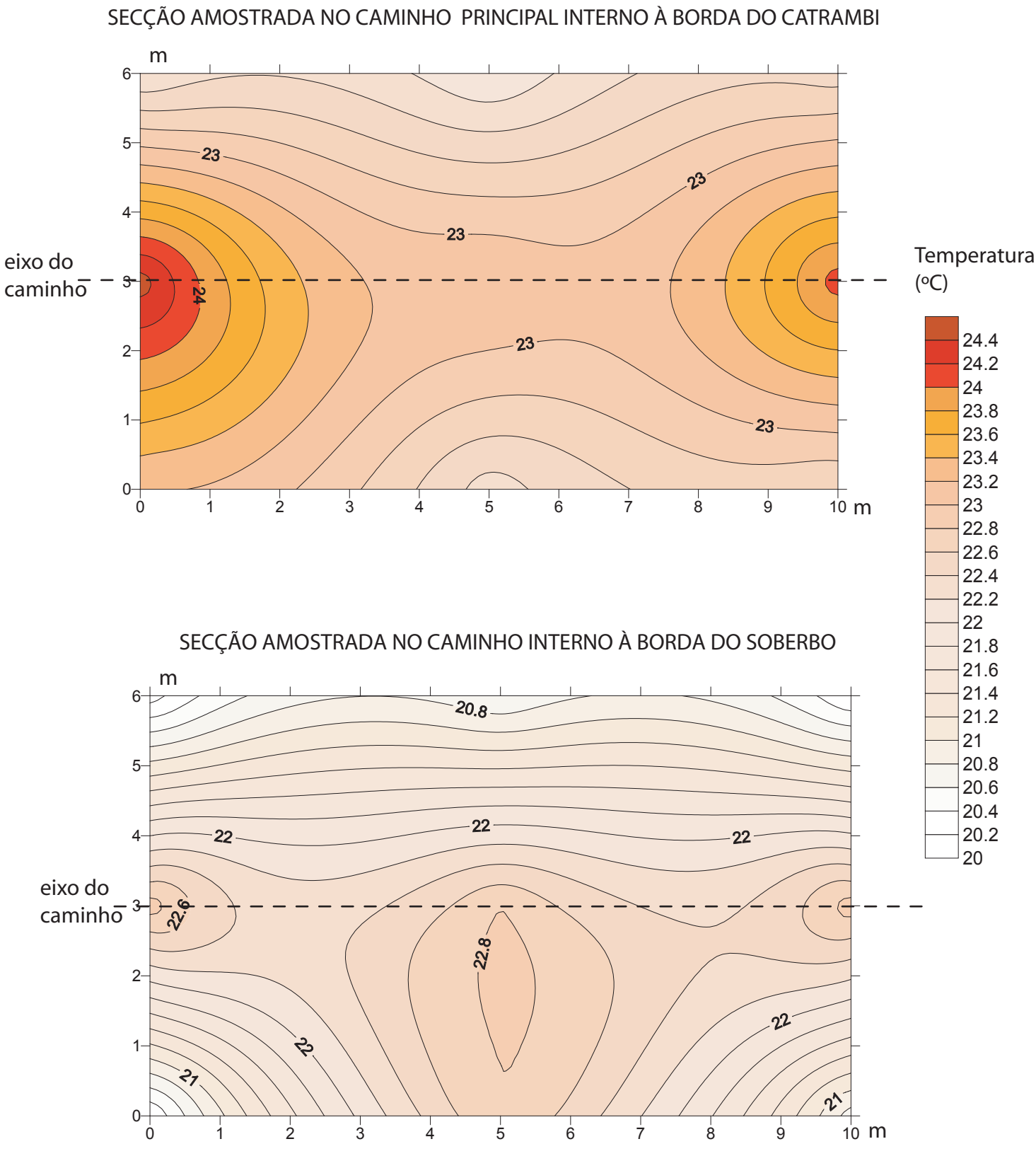


Figura 6.65- Gráficos dos valores médios de temperatura (em ºC) em duas secções de caminhos

Estes núcleos de temperatura mais elevada acabam resultando em situações de *stress* para as plantas, desencadeando importantes distúrbios funcionais, os quais, por sua vez, condicionam perdas estruturais ao sistema, podendo até mesmo, quando associado a outros fatores, levar os indivíduos à morte. Nas palavras de Larcher (2000):

> Altas temperaturas causam alterações reversíveis no estado físico-químico das biomembranas e na conformação das moléculas de proteína. (...) Os distúrbios na fotossíntese são as primeiras indicações do estado de estresse devido ao calor. (...) Como resultado do dano nos cloroplastos, a fotossíntese é deprimida e, eventualmente, esta situação resulta na morte da célula. (p.369)

- As áreas que apresentam um melhor padrão estrutural da vegetação tendem a refletir nitidamente uma tendência à maior homogeneidade térmica, como é o que ocorre com o transecto 1 do Soberbo ou com o transecto 3 do Catrambi, na sua primeira metade.

Os dados referentes à variação média de temperatura no plano vertical são apresentados no quadro 6.14. O que chama especialmente a atenção na análise destes dados, é a capacidade de "tamponamento térmico" exercida pela serapilheira, tal como já foi salientado anteriormente por Montezuma (2005). Em algumas situações específicas de grande aquecimento da superfície e efetivo recobrimento da serapilheira, a diferença de temperatura entre o topo da serapilheira e o topo do solo, chegou a 3,1°C, como foi o caso da parcela "E" do transecto 1 do Catrambi.

Esta característica é, sem dúvida alguma, de grande importância para a funcionalidade ecológica do sistema, uma vez que a garantia de uma determinada estabilidade térmica é condição essencial para a regulação da dinâmica populacional de muitos microorganismos presentes no solo. Um elemento importante a ser considerado neste caso, refere-se à estrutura da serapilheira.

Naquelas parcelas onde a serapilheira se apresentou mais bem estruturada, como no caso da parcela "A" do transecto 1 do Soberbo, ou da parcela "B" do transecto 3 do Catrambi (figura 6.66), o papel de "proteção", da serapilheira, condicionou uma pequena variabilidade da temperatura no topo do solo, acompanhando de forma muito próxima o comportamento da temperatura a 5 e 10 cm de profundidade.

Quadro 6.14- Valores médios de temperatura encontrados para diferentes posições no plano vertical

		CATRAMBI					SOBERBO				
PARCELA		Tar	T.serap	T 0cm	T 5cm	T 10cm	Tar	T.serap	T 0cm	T 5cm	T 10cm
	BORDA	27,0	25,2	23,1	22,5	22,1	18,4	16,8	15,9	14,5	14,1
	A	26,6	24,8	22,3	21,8	21,5	17,9	15,9	15,2	14,7	14,2
	interparcelas	27,2	26,3	24,5	23,7	22,5	17,9	16,5	15,7	14,9	14,2
	B	26,8	25,1	24,6	23,5	22,7	18,0	16,7	15,5	14,9	14,4
	interparcelas	26,5	25,9	23,7	23,2	22,4	17,9	17,2	16,3	15,2	14,6
	C	26,6	24,8	21,9	21,2	21,0	17,6	15,7	14,8	14,4	14,0
	interparcelas	27,2	25,3	22,4	21,8	21,2	18,4	16,4	15,2	14,8	14,3
	D	27,9	26,5	23,7	22,6	22,1	17,9	15,6	14,5	14,2	14,2
	interparcelas	27,8	26,2	24,2	23,4	22,2	18,3	17,0	15,9	14,7	14,3
	E	27,3	25,7	22,6	21,5	20,8	17,7	16,3	15,5	14,8	14,2
T1	Desv. Pad.	0,5	0,6	1,0	0,9	0,7	0,3	0,5	0,5	0,3	0,2
	BORDA	27,4	25,8	24,5	23,8	22,4	20,0	18,5	17,0	16,3	15,5
	A	26,7	25,2	24,0	23,5	22,6	20,0	18,4	17,2	16,5	15,7
	interparcelas	26,2	24,9	23,7	22,9	22,4	20,2	18,7	17,4	16,2	15,2
	B	26,0	24,7	23,9	23,4	22,8	20,2	19,1	17,9	16,5	15,6
	interparcelas	26,0	25,3	24,3	23,7	22,9	19,9	18,5	17,3	16,1	15,4
	C	26,6	25,1	23,8	23,4	22,5	18,1	17,2	16,8	16,0	15,2
	interparcelas	26,6	25,4	24,1	23,5	22,9	19,0	17,5	16,7	16,2	15,5
	D	27,3	24,8	23,9	23,0	22,3	20,4	18,4	17,5	16,6	15,5
	interparcelas	27,0	25,3	23,6	22,9	22,5	19,8	18,1	17,0	16,5	15,3
	E	26,7	24,9	23,5	23,1	22,7	19,4	18,3	17,1	16,1	15,6
	interparcelas						19,8	18,2	17,4	16,4	15,4
	F						20,2	18,6	17,2	16,3	15,5
T2	Desv. Pad.	0,5	0,3	0,3	0,3	0,2	0,6	0,5	0,3	0,2	0,2
	BORDA	21,8	20,3	19,4	18,7	17,7	22,1	21,2	19,5	17,0	16,4
	A	20,1	19,7	19,2	18,8	17,9	22,5	21,4	20,0	17,7	16,5
	interparcelas	19,0	18,5	17,8	17,5	17,5	22,4	21,0	19,7	17,2	16,2
	B	19,4	18,6	18,1	17,9	17,6	22,8	21,1	19,9	17,6	16,5
	interparcelas	19,8	17,8	17,3	17,0	16,9	22,8	21,8	20,1	18,0	16,9
	C	22,2	20,6	19,9	18,7	17,6	22,3	21,7	19,5	17,3	16,4
	interparcelas	22,1	20,4	19,5	18,4	17,5	23,1	21,5	19,8	17,4	16,5
	D	22,5	21,1	19,6	18,8	17,8	22,4	21,6	19,6	17,4	16,7
	interparcelas	22,6	19,8	19,0	18,4	17,4	22,4	21,3	19,8	17,6	16,6
	E	22,0	20,8	19,3	18,5	18,7	23,1	21,9	20,1	17,8	16,4
T3	Desv. Pad.	1,4	1,1	0,9	0,6	0,5	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2

Já para aquelas parcelas que apresentam uma serapilheira desestruturada e/ou grandemente "falhada" (como é o caso da parcela "E" do transecto 2 do Catrambi), a mesma tem o seu papel de proteção térmica reduzido, não apenas diminuindo o gradiente de temperatura entre o topo da serapilheira e o topo do solo, como também fazendo com

que a temperatura do topo do solo apresente uma variação mais próxima à da temperatura atmosférica do que à da temperatura do solo.

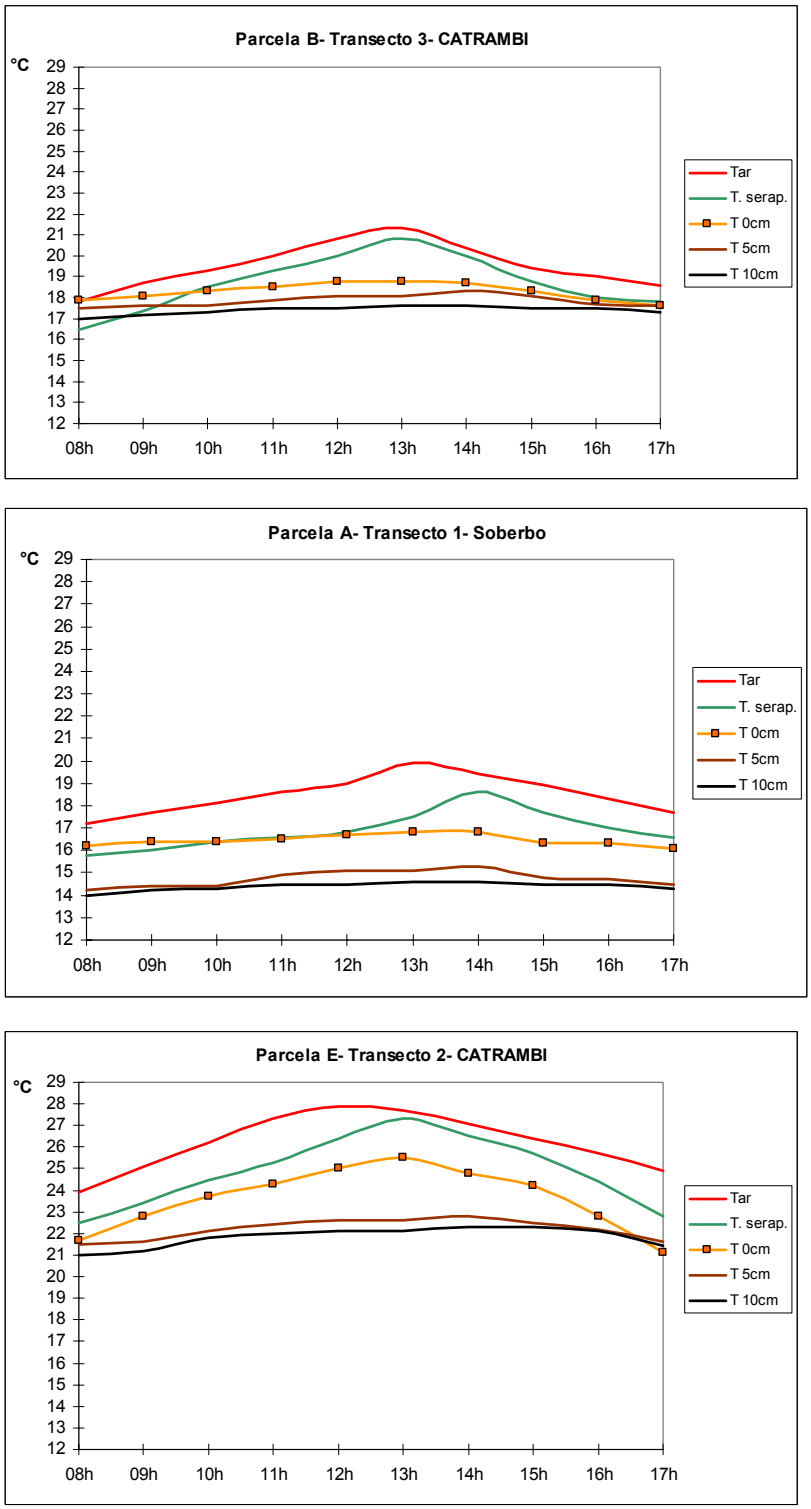


Figura 6.66- Gráfico das médias de variação horária de temperatura (em °C) para cinco alturas diferentes (a 1,5m acima do solo, acima da serapilheira, no topo do solo, a 5 e 10cm de profundidade) em três parcelas selecionadas.

Dessa forma, o papel de proteção térmica exercido pela serapilheira se soma ao já referido anteriormente, de retenção de umidade, o que acentua o papel da serapilheira como importante mecanismo de regulação da dinâmica geoecológica que se processa no horizonte superficial do solo em áreas florestais.

6.3.5.3- VARIAÇÕES DE VENTO

A análise dos dados de vento demonstrou uma grande variação, não apenas no período do dia (entre manhã e tarde), como também de direção (longitudinal ou transversal ao comprimento do transecto), tal como se pode observar na figura 6.67.

Do ponto de vista da variação horária, a circulação de vento respondeu à tendência de inversão térmica que já havíamos sinalizado anteriormente quando da análise dos dados de temperatura.

Pode-se observar claramente pelos gráficos, que a intensidade do vento junto à zona de borda se acentua pelo período da tarde, justamente como decorrência do maior aquecimento desta área em relação ao interior da floresta. Nas palavras de Gaiger (1961),

> Quando, durante o dia, o ar próximo do solo aquece em campo descoberto, ao passo que na mata, sob a proteção do coberto, se mantém fresco, pode acontecer que o ar mais frio do espaço dos fustes saia para o espaço livre formando a brisa diurna da mata. (p.356).

Não apenas a área imediatamente adjacente à borda é afetada por este processo, como de resto todo o conjunto dos transectos, o que acaba por definir, na média, uma maior intensidade de vento para o período da tarde do que para o período da manhã (quadro 6.15).

Outra questão refere-se à variação na direção do vento. Analisado a partir de duas direções principais (transversal e longitudinal ao transecto), o vento assume características bastante diferenciadas. O vento com direção longitudinal distribui-se de forma mais uniforme ao longo dos transectos, além de apresentar menor amplitude diária de intensidade.

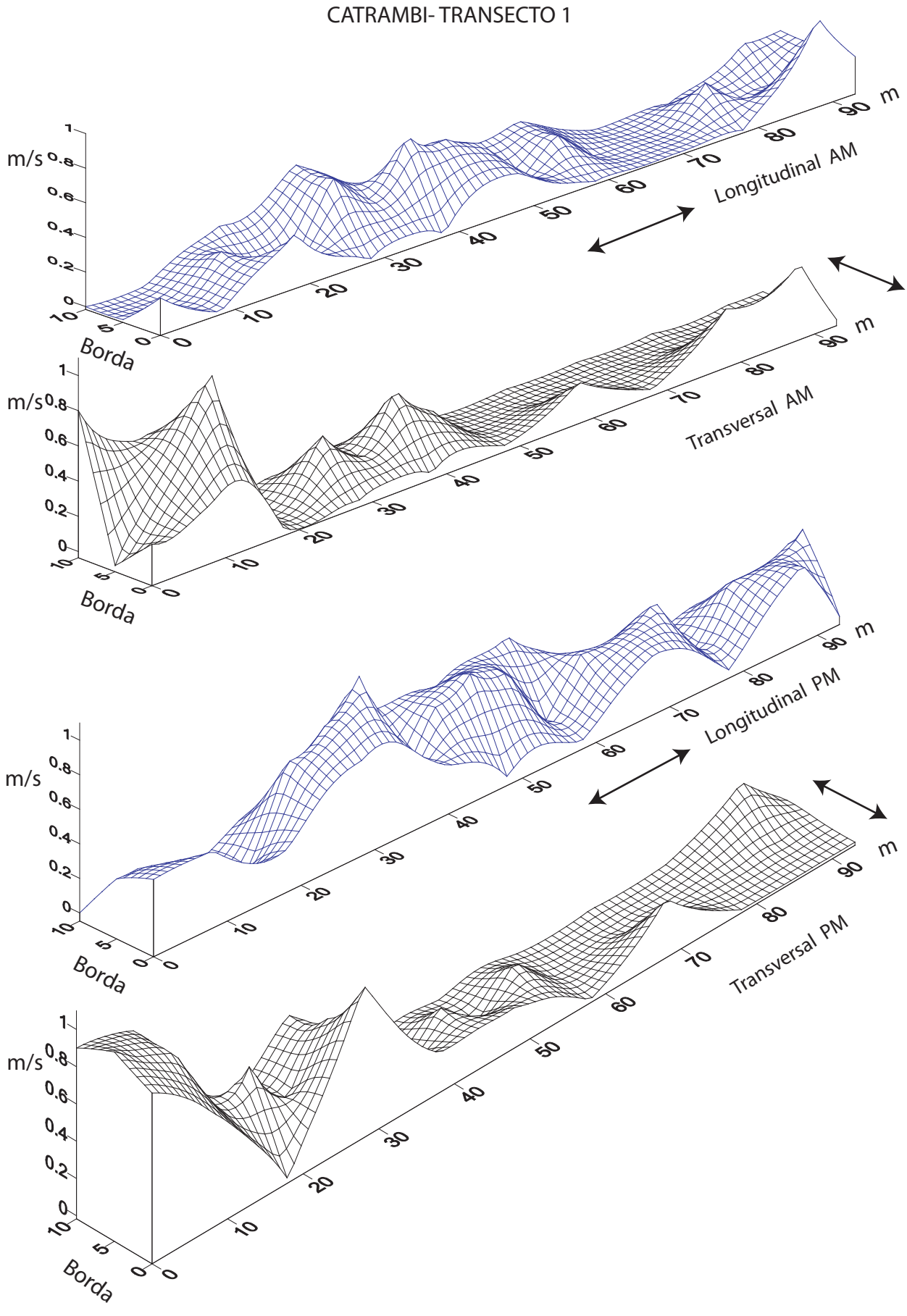
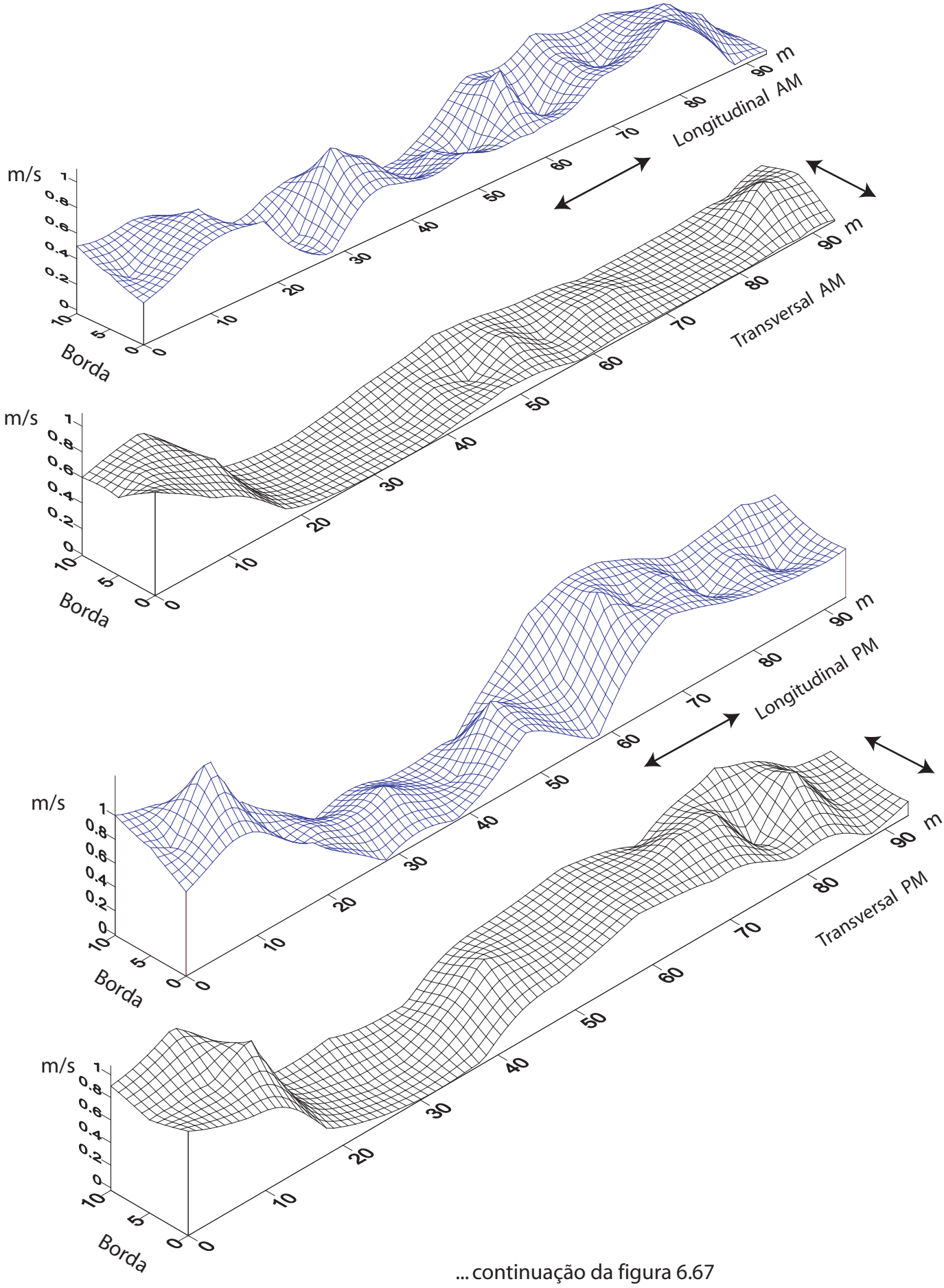


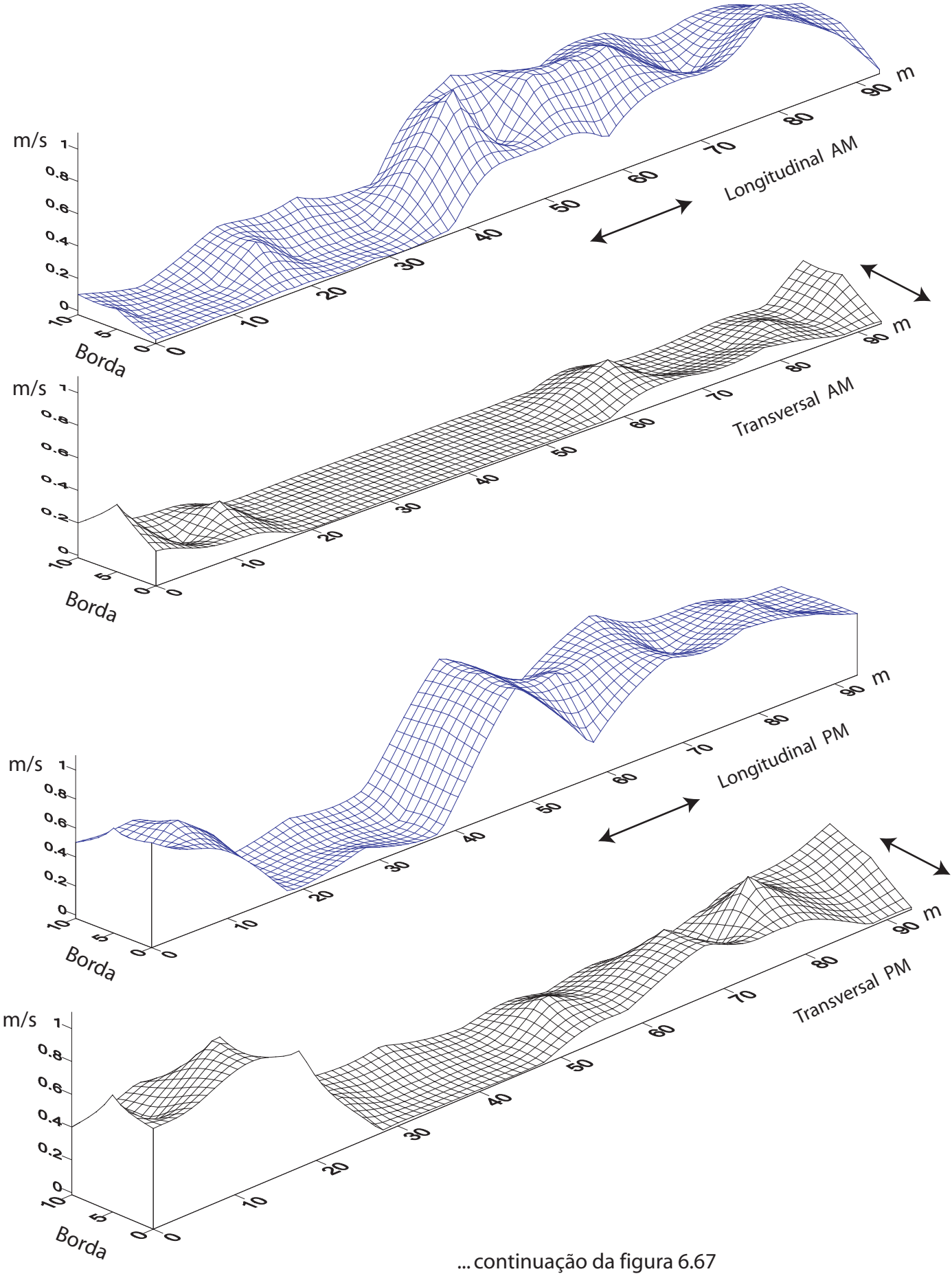
Figura 6.67- Gráficos de intensidade média do vento (em m/s) em duas direções principais (transversal e longitudinal ao sentido do transecto), para os períodos da manhã (AM) e tarde (PM), nos seis transectos pesquisados.

CATRAMBI- TRANSECTO 2



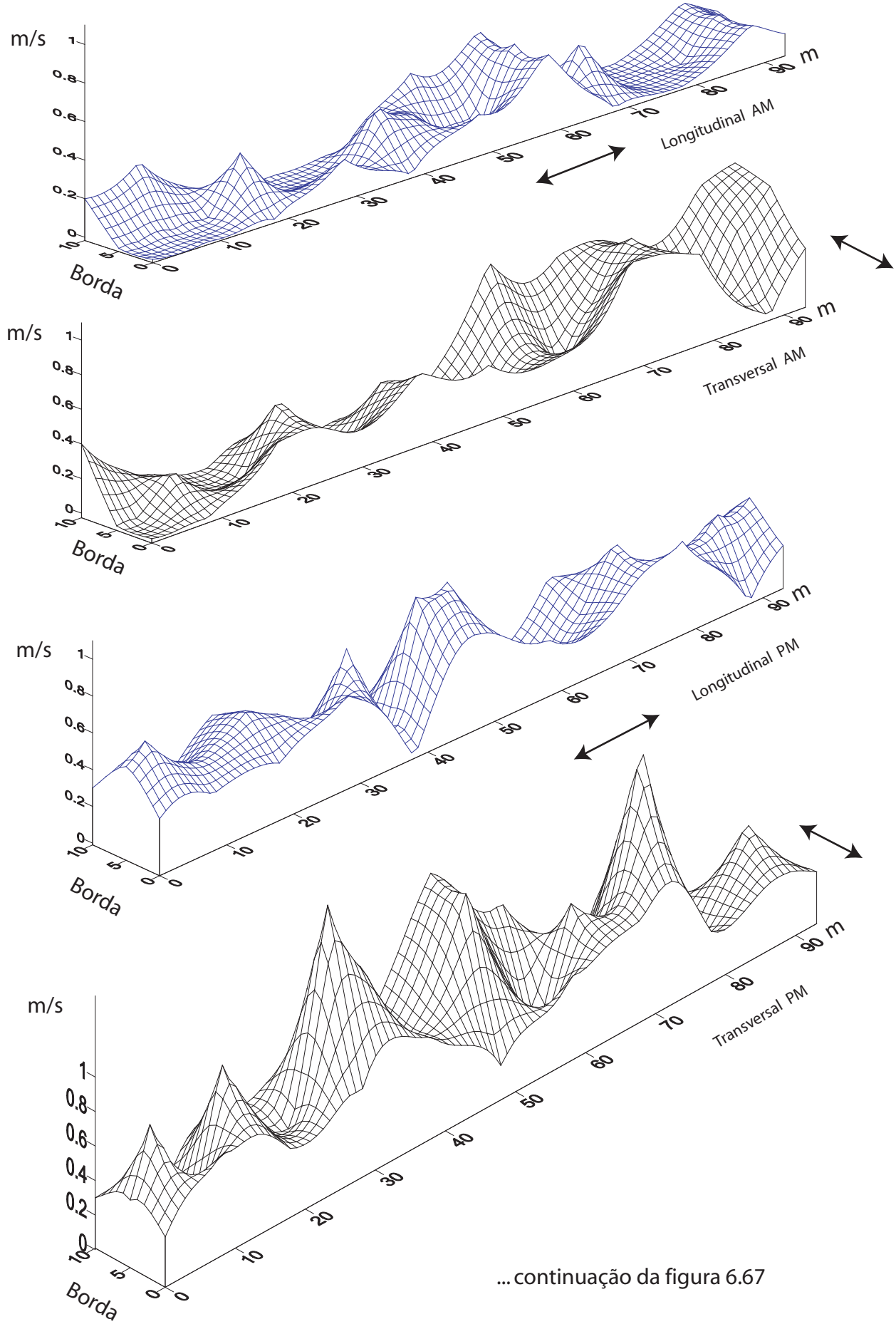
... continuação da figura 6.67

CATRAMBI- TRANSECTO 3



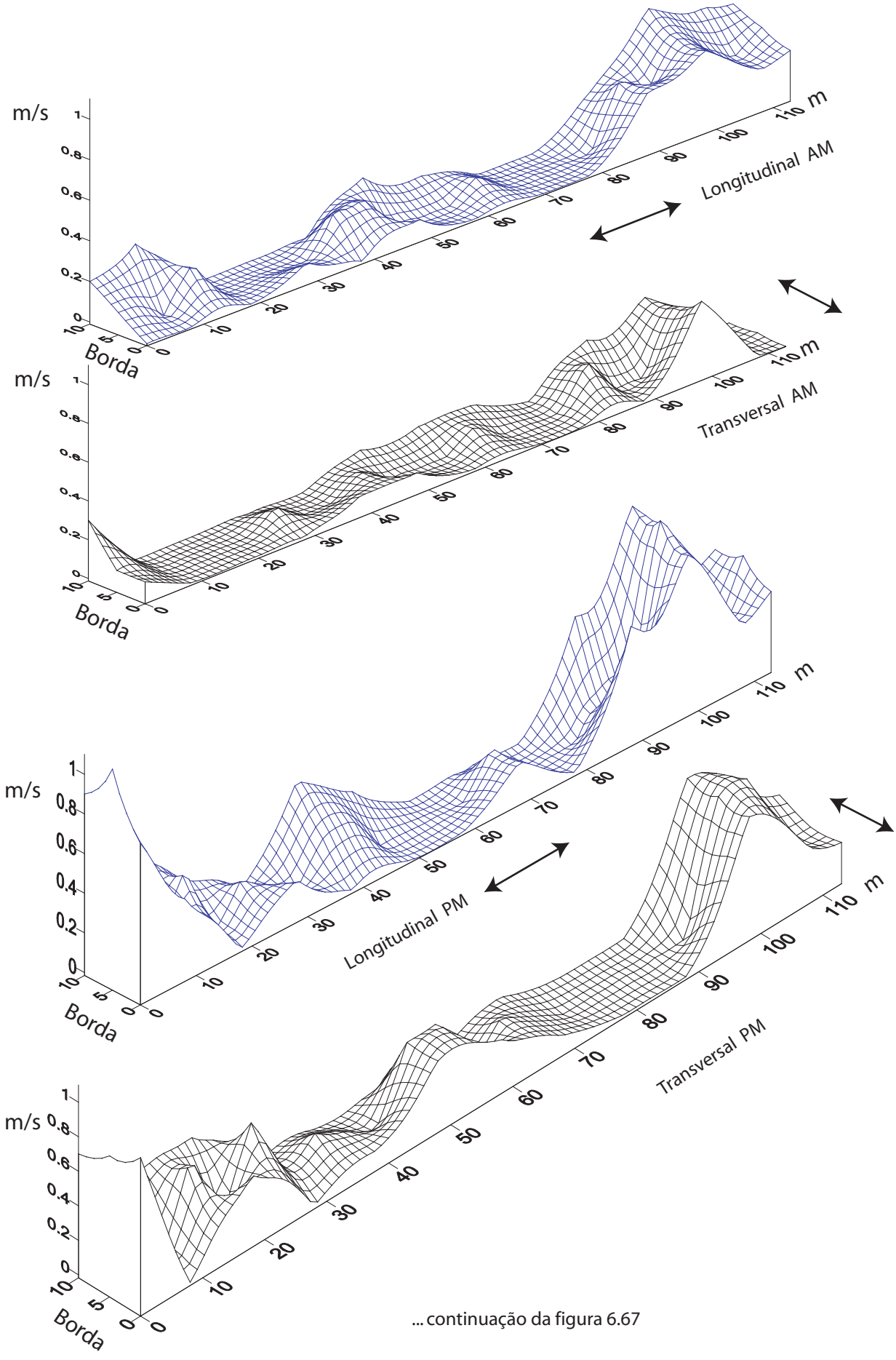
... continuação da figura 6.67

SOBERBO- TRANSECTO 1



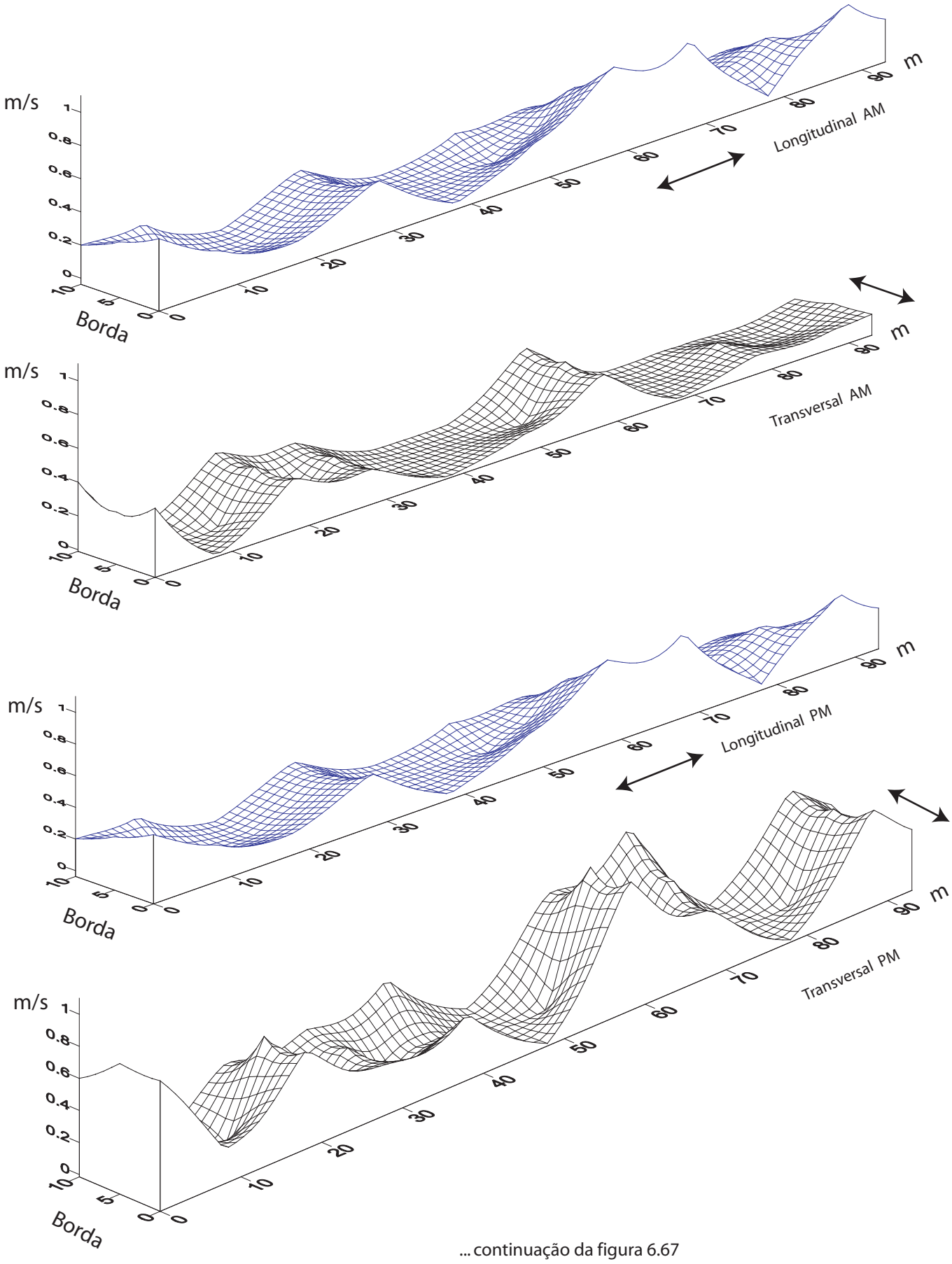
... continuação da figura 6.67

SOBERBO- TRANSECTO 2



... continuação da figura 6.67

SOBERBO- TRANSECTO 3



... continuação da figura 6.67

Já o vento transversal, caracterizou-se pelo aparecimento pontual em algumas áreas específicas dos transectos (especialmente junto à linha de borda e ao longo dos caminhos que cortam transversalmente os transectos), além de revelar nítida tendência de crescimento no período da tarde, possivelmente em função do aumento do gradiente de temperatura entre os espaços florestais e não florestais.

Quadro 6.15- Valores médios de intensidade do vento (em m/s) para as duas áreas estudadas, por turno e direção preferencial.

		CATRAMBI	SOBERBO
LONGITUDINAL	Manhã	**0,22** (0,21)*	**0,11** (0,14)*
	Tarde	**0,28** (0,29)*	**0,22** (0,25)*
TRANSVERSAL	Manhã	**0,12** (0,20)*	**0,12** (0,17)*
	Tarde	**0,28** (0,30)*	**0,34** (0,32)*

* Desvio-Padrão

O vento têm sido apontado como grande responsável pela mortalidade de árvores em áreas de borda, especialmente dos indivíduos jovens (Lovejoy *et al apud* Rodrigues, 1998). Nesta pesquisa, no entanto, não foi possível estabelecer, com exceção do transecto 3 do Catrambi (figura 6.68), qualquer relação entre a variação na intensidade do vento e a ocorrência de indivíduos mortos.

É possível que tal negação esteja ligada ao longo tempo decorrido desde a exposição inicial destas áreas de borda, de tal forma que espécies mais resistentes ao vento já tenham se instalado nestas áreas, tal como já foi observado por Rodrigues (1998) para outras áreas de Mata Atlântica.

Outra possibilidade associa-se ao tamanho do grande "fragmento" da Floresta da Tijuca. Nas áreas temperadas, Esseen (1994) demonstrou a existência de um efeito muito mais expressivo do vento sobre os pequenos fragmentos do que sobre os grandes. Não temos motivos para acreditar que a maior diversidade estrutural e florística das áreas tropicais

condicione um comportamento diferente em relação ao vento do que o demonstrado por aquele autor.

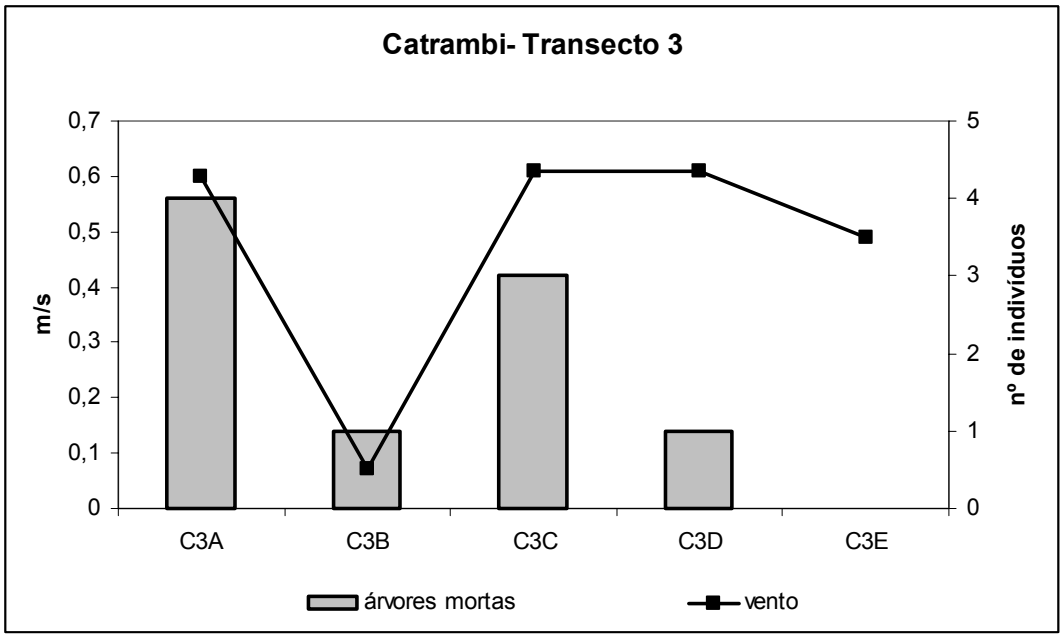


Figura 6.68- Gráfico de comparação entre a intensidade do vento e o número de indivíduos mortos no transecto 3 da área do Catrambi.

Todavia, mesmo que a correlação entre a intensidade do vento e a taxa de mortalidade não tenha se revelado de forma efetiva, há uma nítida perda estrutural naquelas parcelas que são atingidas pelas maiores intensidades de vento. Esta perda estrutural se expressa no aumento do percentual de galhos sobre o peso total da serapilheira nestas parcelas (figura 6.69).

Embora esta correlação não seja estatisticamente significante, há uma clara semelhança de comportamento entre estas duas variáveis para a maior parte das parcelas estudadas (especialmente nas "parcelas de borda" do Catrambi), o que nos remete ao fato de que, mesmo que a variável vento não esteja regulando de forma direta a taxa de mortalidade, o seu efeito sobre a estrutura e, por conseqüência, sobre a funcionalidade do sistema, é inegável.

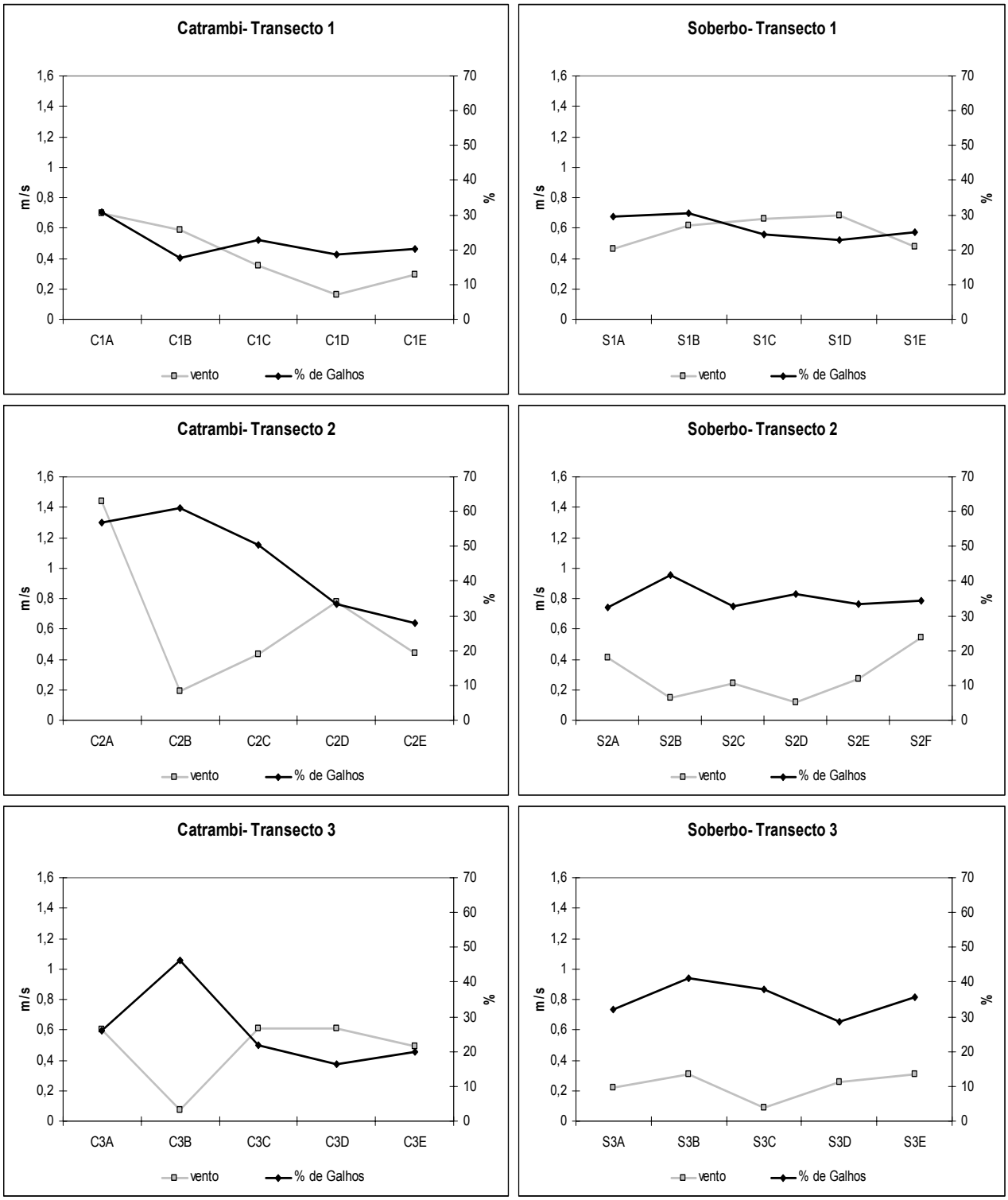


Figura 6.69- Gráficos de comparação entre a intensidade do vento e o percentual de galhos sobre o peso total da serapilheira, nos seis transectos estudados.

CAPÍTULO 7

SÍNTESE DOS RESULTADOS E PRINCIPAIS CONCLUSÕES

> As tentativas de síntese não aparecem independentemente, pois cada síntese prepara o caminho para a seguinte, resumindo as forças e opiniões do tempo. Pode-se notar certo progresso em direção a uma síntese absoluta, no sentido utópico, no fato de cada síntese procurar alcançar uma perspectiva mais ampla que as precedentes, incorporando às últimas, os resultados daquelas que as precederam.
> (Karl Manheim *apud* Monteiro, 1973).

7.1- CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES

Este trabalho teve por objetivo identificar e avaliar o gradiente ambiental[1] gerado pela propagação do efeito de borda na interface floresta – cidade, em duas áreas selecionadas com diferentes graus de adensamento urbano (área do catrambi - alta densidade, e área do Soberbo-baixa densidade), nas bordas da Floresta da Tijuca - Rio de Janeiro (RJ).

Tomou-se como hipótese inicial que o aumento da pressão urbana na zona de interface floresta-cidade acarreta uma modificação na dinâmica do efeito de borda, acelerando sua propagação, especialmente no que se refere às mudanças estruturais e microclimatológicas, com rebatimento direto na funcionalidade do sistema.

Esta avaliação, todavia, não poderia ser efetivada sem que antes pudéssemos entender o comportamento de outras variáveis que atuam em uma escala hierárquica (espacial) superior, como é o caso da dinâmica atmosférica regional e da dinâmica do adensamento urbano nas áreas próximas às bordas florestais estudadas. A compreensão destas variáveis nos permitiu caracterizar o nível de pressão direta (tipo e densidade de ocupação) e indireta (alimentação hidrológica do sistema regional) a que vêm sendo submetidas às áreas pesquisadas.

Os levantamentos de campo ficaram restritos à medição de dez variáveis principais, sendo outras sete calculadas a partir de procedimentos de laboratório. As variáveis levantadas em campo envolveram elementos do meio físico e indicadores de estrutura da vegetação (quadro 7.1).

---

[1] Segundo Scatena (2002), "*um gradiente é uma mudança quantitativa e susceptível de medir, de uma característica física ou ambiental, em função de uma variável dada*" (p.25).

Apesar da ausência de um levantamento fitosociológico nesta pesquisa, pode-se supor, como atesta um grande número de trabalhos desenvolvidos em áreas semelhantes, de floresta tropical (Murcia, 1995; Fox *et al*, 1997; Williams-Linera, 1990; Williams-Linera *et al*, 1998), que a modificação dos parâmetros físicos do ambiente de borda resulta não apenas em uma degradação estrutural da vegetação, como se identificou, mas também em modificações na composição das comunidades.

Quadro 7.1- Relação das variáveis principais, coletadas em campo (com a subdivisão dos seus respectivos itens) e das variáveis derivadas, calculadas em laboratório a partir dos levantamentos de campo.

VARIÁVEL PRINCIPAL	ITEM	VARIÁVEL DERIVADA
Altura		
DAP		
Densidade		Biomassa
Clareiras		
	galhos	
	folhas inteiras	Peso Específico Foliar
	folhas fragmentadas	
	material reprodutivo	
Serapilheira		umidade
		umidade
		densidade aparente
		porosidade total
Solo		agregados
	densidade de plântulas	
	indivíduos mortos	
	formigueiros	
	densidade de trilhas	
	lixo	
Indicadores de Degradação	sinais de corte	
	transversal	
Vento	longitudinal	
Luz		
	atmosférica	
	acima da serapilheira	
	abaixo da serapilheira	
	5cm de profundidade no solo	
Temperatura	10cm de profundidade	

A escolha de duas áreas com semelhante orientação de vertente, buscou inserir ambas no mesmo controle atmosférico regional, visando reduzir a variabilidade dos mecanismos extralocais que definem a circulação do vento e a ocorrência de precipitações.

Ao analisar duas áreas características da interface floresta-cidade em zona tropical de encosta, este trabalho pretende contribuir para o entendimento da dinâmica e reorganização da paisagem, não apenas na área de influência do Maciço da Tijuca, mas em todas as demais áreas de florestas urbanas do planeta que apresentam características e conflitos semelhantes.

7.2- SÍNTESE DOS PRINCIPAIS RESULTADOS

7.2.1- em relação à variabilidade pluviométrica no entorno do maciço da tijuca

Os resultados encontrados neste trabalho nos levam a concluir que a dinâmica pluviométrica da área de estudo tende a ser cada vez mais regulada pela ação dos mecanismos regionais, permitindo que a geração de chuvas frontais (ou a sua ausência) determinem o ritmo da variabilidade pluviométrica local (figura 7.1).

Uma rápida olhada no gráfico que expressa os desvios médios mensais para os três períodos de análise da estação Capela Mayrink, já nos permite a compreensão do significado da variabilidade pluviométrica dos últimos anos.

Mesmo que aceitemos a hipótese mais lógica da ciclicidade, é preciso entender, de um lado, que este movimento está muito longe da linearidade e, de outro lado, que mesmo que as linhas de tendência das próximas décadas voltem a apontar um retorno das chuvas de baixa intensidade, o desajuste hidrológico atual do sistema (seja no que se refere ao abastecimento dos mananciais, seja na manutenção do

geoecossistema florestal) apresenta algumas faces de recuperação muito lenta ou até mesmo irreversível, dada a transposição dos limites de resiliência deste sistema, que o quadro atual projeta.

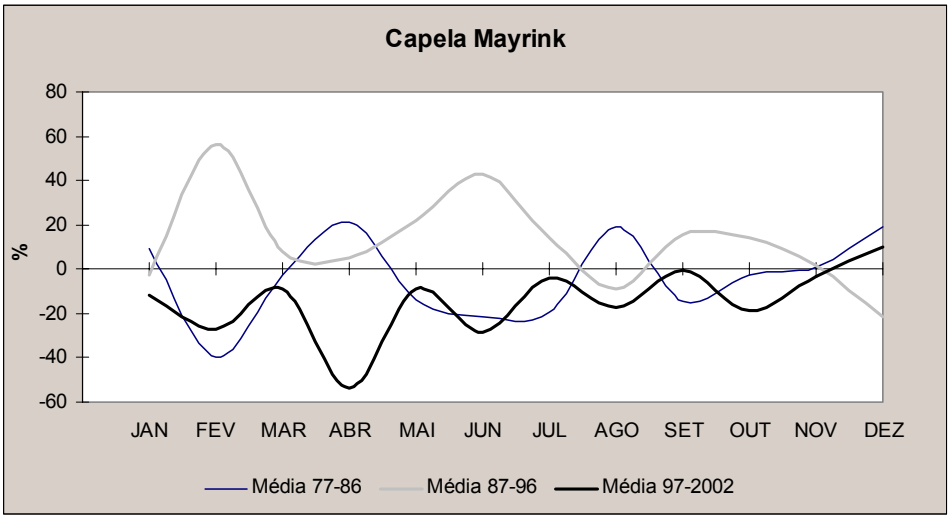


Figura 7.1- Desvio médio mensal dos eventos de chuva (% em relação à média da série) para os três períodos de análise da estação Capela Mayrink

Após a análise e discussão de um grande número de variáveis, em 6 estações diferentes, localizadas no entorno do maciço, é possível extrairmos algumas considerações mais gerais que caracterizam o quadro de transição a uma paisagem com menor disponibilidade hídrica e, por conseqüência, com diferentes níveis de modificação dos mecanismos de regulação hidrológica do sistema (quadro 7.2).

O aumento da instabilidade do sistema vem exatamente do fato de que os eventos de maior freqüência e menor intensidade (conseqüentemente de maior regularidade na distribuição das chuvas) – (classes 1 e 2 de intensidade) – apontam para uma tendência de diminuição de ocorrência, em detrimento dos eventos de menor freqüência e maior intensidade (distribuídos entre as classes de intensidade 3 e 4), que vêm apresentando uma tendência de crescimento.

Quadro 7.2- Síntese dos principais resultados encontrados na análise da distribuição das chuvas no entorno do maciço da Tijuca

VARIÁVEIS	BASE DE DADOS				
	Série total (28 anos)	**Primeiro Período (77-86)**	**Último Período (97-2002)**	**Anos Chuvosos**	**Anos Secos**
Totais pluviométricos	Tendência de redução	Alternância entre desvios positivos e negativos	Predomínio quase exclusivo dos desvios negativos	Pa ≥ **X** + DP	Pa ≤ **X** − DP
Distribuição Mensal	Bastante uniforme, com sazonalidade não pronunciada.	Sazonalidade pouco pronunciada, com todos os meses apresentando precipitação média acima de 100mm. Menores amplitudes mensais	Sazonalidade mais evidente, com maior amplitude pluviométrica (dois meses com precipitação média abaixo de 100mm).	Sazonalidade melhor definida, com concentração das chuvas no verão, especialmente em fevereiro. No último período, grandes desvios em setembro-outubro.	Ausência de sazonalidade, com baixa precipitação em todos os meses.
Chuvas de alta intensidade	Presentes em todos os meses do ano, porém com maior freqüência no verão.	Pequena tendência de crescimento	Alta tendência de crescimento	Aumento de freqüência em todos os meses	Redução de freqüência em todos os meses, com desaparecimento em cinco deles.
Chuvas de baixa intensidade	Possuem a maior participação nos totais pluviométricos de todos os meses do ano, porém com tendência de queda nos meses de verão.	Pequena tendência de redução	Grande tendência de redução	Forte redução, com ausência da classe 1 durante 9 meses. Alta freqüência em fevereiro, ligada aos mecanismos pós-frontais.	Redução de freqüência em todos os meses, porém com clara dominância em onze deles.
Verão	Pouco pronunciado, com leve tendência de queda das chuvas de baixa intensidade. Eventos de classe 1 e 2 tendem a ser substituídos por eventos de classe 4	Pouco pronunciado	Mais pronunciado, com predomínio de desvios positivos em relação à primeira década, especialmente nas chuvas mais intensas.	Desvios positivos excepcionais concentrados em fevereiro, embora no último período estes totais já apareçam mais bem distribuídos em todo o verão.	Baixa precipitação, com grandes desvios negativos em fevereiro.
Inverno	Pouco pronunciado, com expressiva tendência de aumento das chuvas maiores. Redução dos eventos de classe 2 , com crescimento dos eventos de classe 3 e 4	Pouco pronunciado	Grande crescimento das chuvas de alta intensidade, em relação ao primeiro período	Bem marcado	Pouco marcado e com baixas precipitações

Além disso, tal tendência aparece associada a outras importantes características de instabilização do sistema ambiental, tais como:

- Redução dos totais pluviométricos anuais.
- Tendência de aumento da sazonalidade.
- Aumento dos períodos interpluviais.
- Aumento na freqüência dos eventos extremos associados a linhas de instabilidade.
- Modificação na dinâmica de recarga dos mananciais pela redução na disponibilidade da água de infiltração e, por fim, modificação estrutural e funcional dos geoecossistemas, devido à necessidade de geração de processos adaptativos da vegetação a estes períodos mais secos.

Certamente que todas estas características tendem a ter as sua resultante hidrológica potencializada pela ocupação intensa e desordenada que a área vem sofrendo nas últimas décadas, aumentando de forma expressiva a sensibilidade ambiental[2] do sistema como um todo.

Do ponto de vista do geoecossistema florestal, já é esperado que o aumento das temperaturas médias globais (aquecimento este intensificado nas áreas urbanas) resulte em aumento da evapotranspiração. Se, por um lado, este processo poderia resultar em um aumento da umidade liberada para a atmosfera, por outro, para que este incremento possa se processar sem desestabilizar o sistema, seria necessário, paralelamente, um aumento na alimentação dos reservatórios a partir de um aumento na freqüência dos eventos de baixa intensidade, fato este que, decididamente, não está acontecendo, como comprovamos nos resultados encontrados.

---

[2] Segundo Tavares (2004), a sensibilidade ambiental refere-se "*(...) à susceptibilidade dos sistemas às alterações adversas ou benéficas produzidas pelas mudanças climáticas, principalmente pela variabilidade dos eventos, que inclui a freqüência e a magnitude dos casos extremos*" (p.70).

Assim, para além dos problemas de degradação que o geoecossistema florestal estudado já apresenta em decorrência da intensa dinâmica de efeito de borda, as variabilidades pluviométricas da área indicam uma tendência de modificação futura dos processos fisiológicos das plantas, por decorrência dos ajustes de fotossíntese e evapotranspiração aos novos limiares hidrológicos do sistema.

Às mudanças fisiológicas, deverão se associar no futuro, caso já não o tenham feito, mudanças na composição das espécies, decorrentes de uma seleção interespecífica às condições de menor umidade, o quê, em outras palavras, poderia significar, em médio prazo, um aumento na presença de espécies caducifólias, em detrimento da redução e/ou desaparecimento de muitas espécies tipicamente ombrófilas.

Esta conclusão é compartilhada por CIDE (2000a), ao constatar, a partir de uma análise da variabilidade pluviométrica em 19 estações do Estado do Rio de Janeiro, que têm ocorrido em "*(...) algumas estações localizadas em áreas de floresta ombrófila, seguidos e numerosos anos com mais de sessenta dias secos (...)*". Conclui o autor (*op.cit.*): "*Será isto um sinal de expansão dos limites da floresta estacional semidecidual ?*".

Em que pese o fato de que tais transformações poderiam, eventualmente, contar com uma melhoria da eficiência do uso da água pelas plantas[3] , a hipótese mais provável é que aumente cada vez mais a perda de água pelo sistema (figura 7.2), determinando níveis crescentes de degradação ao sistema da paisagem, não apenas da porção florestada (que tenderá a apresentar modificações profundas), como também da porção edificada (que terá que conviver com muito maior assiduidade com os desastres naturais de falta de água, enchentes e escorregamentos).

---

[3] Já que o aumento do CO_2 disponível na atmosfera pode elevar o processo de assimilação de C pelas plantas, promovendo uma maior eficiência no uso da água, uma vez que essa pode ser compreendida como uma relação entre fotossíntese e transpiração.

Restam, no entanto, algumas questões que ainda merecem maiores detalhamentos em investigações futuras. Do ponto de vista dos eventos de precipitação, é necessário que algumas hipóteses preliminares aqui levantadas sejam suportadas por uma extrapolação a um número maior de estações e, também, para um período mais longo de dados. Além disso, a continuação destes estudos deverá levar em conta um maior detalhamento das classes de precipitação, além de ensejar uma análise evolutiva da distribuição mensal das classes de chuva ao longo de cada um dos períodos analisados.

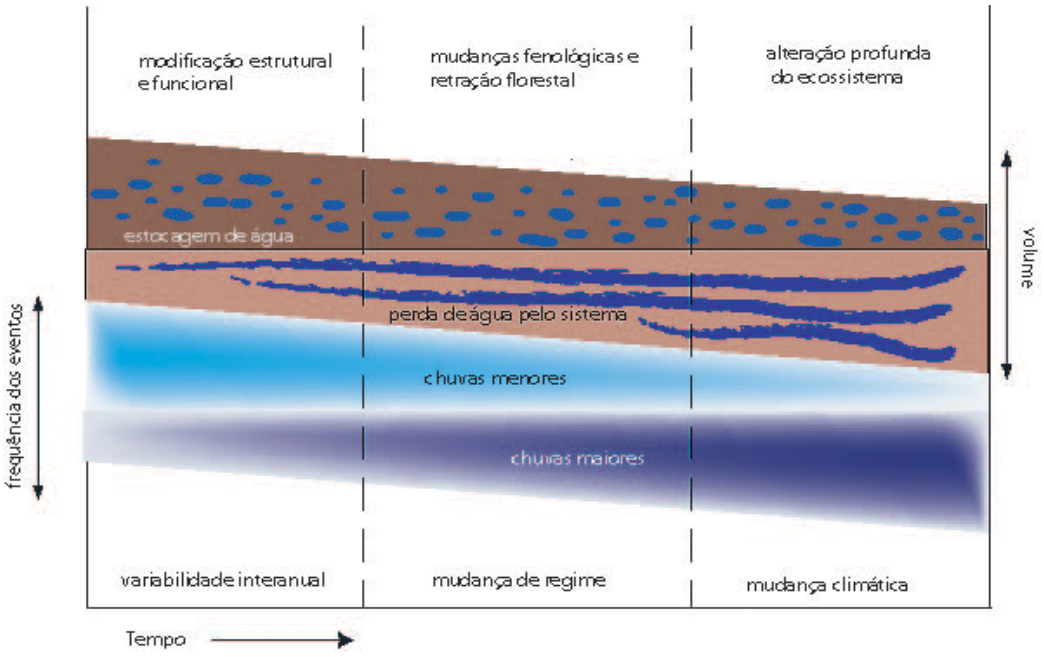


Figura 7.2- Diagrama de síntese das principais tendências evidenciadas no tratamento dos dados diários de chuva no entorno do maciço da Tijuca.

Uma tentativa de cruzamento dos dados de intensidade e freqüência dos eventos pluviométricos com um mapa da dinâmica dos sistemas atmosféricos para os mesmos períodos, poderia solucionar muitas lacunas referentes à gênese dos eventos, fornecendo importantes subsídios à sua previsão.

Por fim, do ponto de vista do geoecossistema florestal, ainda há muito para se saber no que se refere à dinâmica hidrológica interna ao sistema nas condições específicas estudadas. Os processos adaptativos, as mudanças interespecíficas, o papel dos reservatórios internos no controle do retardo hidrológico ao nível do dossel, as mudanças no sistema radicular como decorrência da variabilidade no aporte de umidade, as mudanças no balanço de umidade entre a borda e o interior dos fragmentos florestais, as alterações na funcionalidade hidrológica em decorrência das mudanças estruturais, são questões que merecem ainda ser abertas e/ou aprofundadas no geoecossistema florestal do Maciço da Tijuca.

7.2.2- em relação à ocupação urbana na interface com a floresta

Mais do que um grande fragmento florestal isolado no interior de uma matriz urbana de alta densidade, o Maciço da Tijuca representa uma parte fundamental da cidade do Rio de Janeiro, não apenas pela coevolução histórica que se processou entre a cidade e a floresta, mas, principalmente, pela intrincada rede de conexões que se desenvolve nos dias atuais entre a floresta e o seu entorno imediato.

A análise dos dados sócio-econômicos levantados demonstrou claramente uma diferenciação de ocupação entre a área do Soberbo e o Catrambi. Uma síntese da caracterização de cada uma das áreas-laboratório é apresentada no quadro 7.3.

Certamente que a estrutura da ocupação urbana e a grande presença de poços e fossas sépticas na área do Soberbo, definem nesta área um modelo de interação mais complexo entre a floresta e o "fato urbano" ali instalado.

Já no Catrambi, o maior adensamento urbano apresenta uma alta correlação com a densidade de trilhas e caminhos abertos pela circulação de pessoas na área de borda. Outrossim, os resultados aqui

apresentados concorrem para confirmar a hipótese de que os efeitos decorrentes da existência destes caminhos internos à área de borda interrompem a tendência de recuperação estrutural das áreas degradadas, reinaugurando novas "bordas internas", com níveis de impactos diferenciados segundo a intensidade do tráfego e a posição na vertente. Estes efeitos puderam ser constatados tanto na produção de

Quadro 7.3- Síntese da caracterização do entorno urbano de cada uma das áreas-laboratório.

	SOBERBO	**CATRAMBI**
OCUPAÇÃO URBANA	Antiga, de fins do Sec. XVIII, como área de lazer e residência da aristocracia carioca, após o período cafeeiro.	Mais recente, de fins do Séc. XIX, impulsionada pela demanda imobiliária produzida pela reforma Pereira Passos e pelas ondas migratórias.
CRESCIMENTO	Lento	Acelerado
FAVELIZAÇÃO	Recente, associada ao eixo urbano de ligação dos bairros de Tijuca e Grajaú à Barra da Tijuca.	Antiga, associada à expulsão dos núcleos de pobreza da zona central da cidade.
DOMICÍLIOS	236 domicílios, sendo 80,5% de casas e 19,5% de apartamentos.	1837 domicílios, sendo 48,9% de casas e 51,1% de apartamentos.
CARACTERÍSTICA DA OCUPAÇÃO ATUAL	Baixa densidade de construções de alto padrão.	alta densidade de construções de alto e médio padrão, intercaladas com construções de baixa renda e favelas, permitindo a coexistência de um agrupamento populacional bastante heterogêneo.
ÁREA IMPERMEABILIZADA	Baixa. Considerando um *buffer* de 1000m ao redor da área pesquisada, calculou-se uma cobertura de 19% de impermeabilização.	Alta. Considerando um *buffer* de 1000m ao redor da área pesquisada, calculou-se uma cobertura de 38,5% de impermeabilização.
ABASTECIMENTO DE ÁGUA E REDE DE ESGOTO	88,6% dos domicílios se abastecem de fontes locais (poços), sendo que apenas 10,6% do total possui ligação á rede geral de esgotamento sanitário	90,7% e 86,5% dos domicílios estão ligados às redes públicas de água e de esgotamento sanitário, respectivamente.

células de maior temperatura, quanto pela maior densidade aparente do solo ao longo do eixo dos caminhos, ou mesmo pelo baixo índice de umidade e de acúmulo de serapilheira encontrados nestes caminhos.

Por último, cabe reafirmar ainda a conclusão já apresentada por Freitas (2001) de que a associação entre densidade urbana e expansão das áreas de capim, corresponde a um importante foco de degradação estrutural e funcional do sistema florestal, uma vez que potencializa a recorrência de incêndios, especialmente durante os períodos mais secos, o que tem se acentuado nos últimos anos.

7.2.3- Em relação às variações estruturais da vegetação na zona de borda

De imediato duas conclusões merecem ser destacadas quanto à estrutura da vegetação nas áreas estudadas:

- A baixa variabilidade na altura dos indivíduos demonstra que no caso da mata tropical de encosta, diferentemente do modelo clássico, o efeito de borda não induz a um aumento da altura média em direção ao interior, tendo em vista que o "interior", neste caso, situa-se em áreas com graus variados de inclinação e menor teor de umidade.
- Os cálculos de biomassa, quando tomados de forma isolada, tenderiam a apontar as áreas estudadas como típicos representantes de florestas secundárias tardias[4], com 168,45 e 97,18 Ton de C/ha nas áreas do Catrambi e do Soberbo, respectivamente. Contudo, a análise dos demais indicadores de degradação demonstrou que estas áreas apresentam uma característica estrutural incompatível com o padrão esperado para uma mata secundária tardia, apresentando

[4] Segundo Tanizaki (2000) as florestas secundárias tardias do estado do Rio de Janeiro tendem a apresentar uma biomassa média de 100 Ton/ha de C (o que equivale, aproximadamente, a 200 Ton/ha de matéria seca)

comportamento inverso aos dados de biomassa, uma vez que as melhores condições estruturais são encontradas na área de menor biomassa (Soberbo).

Neste particular, os resultados de estoque de serapilheira parecem demonstrar maior poder de discriminação frente ao impacto diferenciado nas áreas estudadas. Seja pelo aumento na produção de necromassa, seja pela redução na taxa de decomposição, certamente o elevado valor de estocagem de serapilheira apontam para uma perturbação do sistema, como desdobramento da propagação do efeito de borda.

Assim, na maior parte das parcelas sob influência direta da borda (9 das 31 parcelas estudadas), há um predomínio da camada "L" sobre a camada "F". Considerando que nestas parcelas a massa da camada F não é inferior à média do conjunto das parcelas, é possível que nelas o processo de senescência das folhas esteja sendo acelerado pelo aumento excessivo na quantidade de luz (Hogan e Machado, 2002) ou, mais provavelmente, pela drástica redução na quantidade de água disponível[5], mesmo nas áreas de fundo de vale. Os resultados obtidos nesta pesquisa sugerem, portanto, que as áreas de fundo de vale tendem a apresentar menor estoque de serapilheira (conforme sugerido por Clevelário Jr., 1996) se não estiverem localizadas no domínio do efeito de borda. Do contrário, estas áreas poderão apresentar um estoque maior de serapilheira do que as áreas de encosta livres do efeito de borda, tal como podemos observar nos gráficos de síntese dos parâmetros estruturais (figura 7.3).

Esta diferenciação vai fazer com que a serapilheira, apesar de manter um percentual de umidade superior ao do solo nas áreas

[5] Cabe lembrar que nas duas áreas estudadas, as amostras de serapilheira coletadas na borda e secas ao ar estabilizaram o seu peso final mais rapidamente do que as amostras coletadas no interior dos transectos, demonstrando a sua menor capacidade de retenção de umidade, face ao aumento da temperatura e da circulação do vento.

estudadas, acabe apresentando uma variabilidade de armazenamento muito maior do que àquele.

Já o aumento significativo do Peso específico Foliar junto às parcelas de borda vem a confirmar as conclusões expressas por Medina *et al* (1990) e Rizzini (2000), de que esta variável responde de forma bastante satisfatória ao aumento na intensidade dos níveis de luz incidente e, muito provavelmente, também à redução de água e nutrientes no solo, sendo, portanto, um importante indicador do grau de perturbação do sistema.

A queda excessiva de galhos, que representa uma perda estrutural do sistema, também aparece nitidamente relacionada com a perturbação produzida pela propagação do efeito de borda, uma vez que a massa de galhos é bem mais expressiva nas parcelas de borda do que nas parcelas de interior.

7.2.4- Em relação às variações microclimáticas

Da mesma forma que os resultados apresentados pela serapilheira, os parâmetros microclimáticos demonstraram-se eficientes indicadores do nível de propagação do efeito de borda, uma vez que:

- Os dados de radiação colocaram em evidência o aumento de luminosidade nas áreas de borda, com destaque para os primeiros 10 metros de cada transecto, podendo se estender a mais de 20 metros, no caso dos transectos mais degradados. Assim, tal como já se salientou no capítulo anterior, os dados de luz responderam de forma inversa às variações de Área Basal e à intensidade de cobertura de copas, o que reflete de forma bastante evidente o papel da estrutura da vegetação na regulação do fotoperiodismo existente no interior da borda florestada.

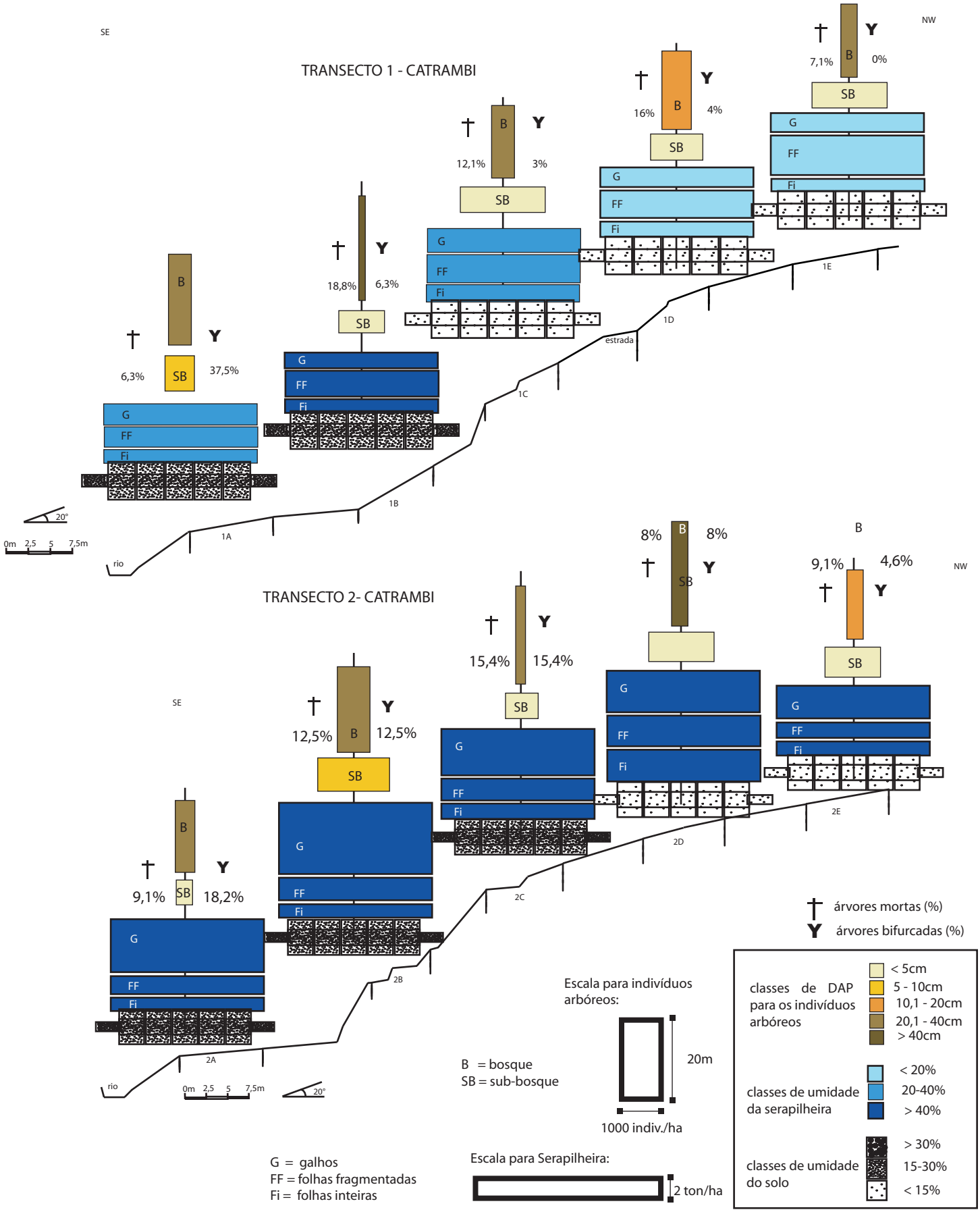
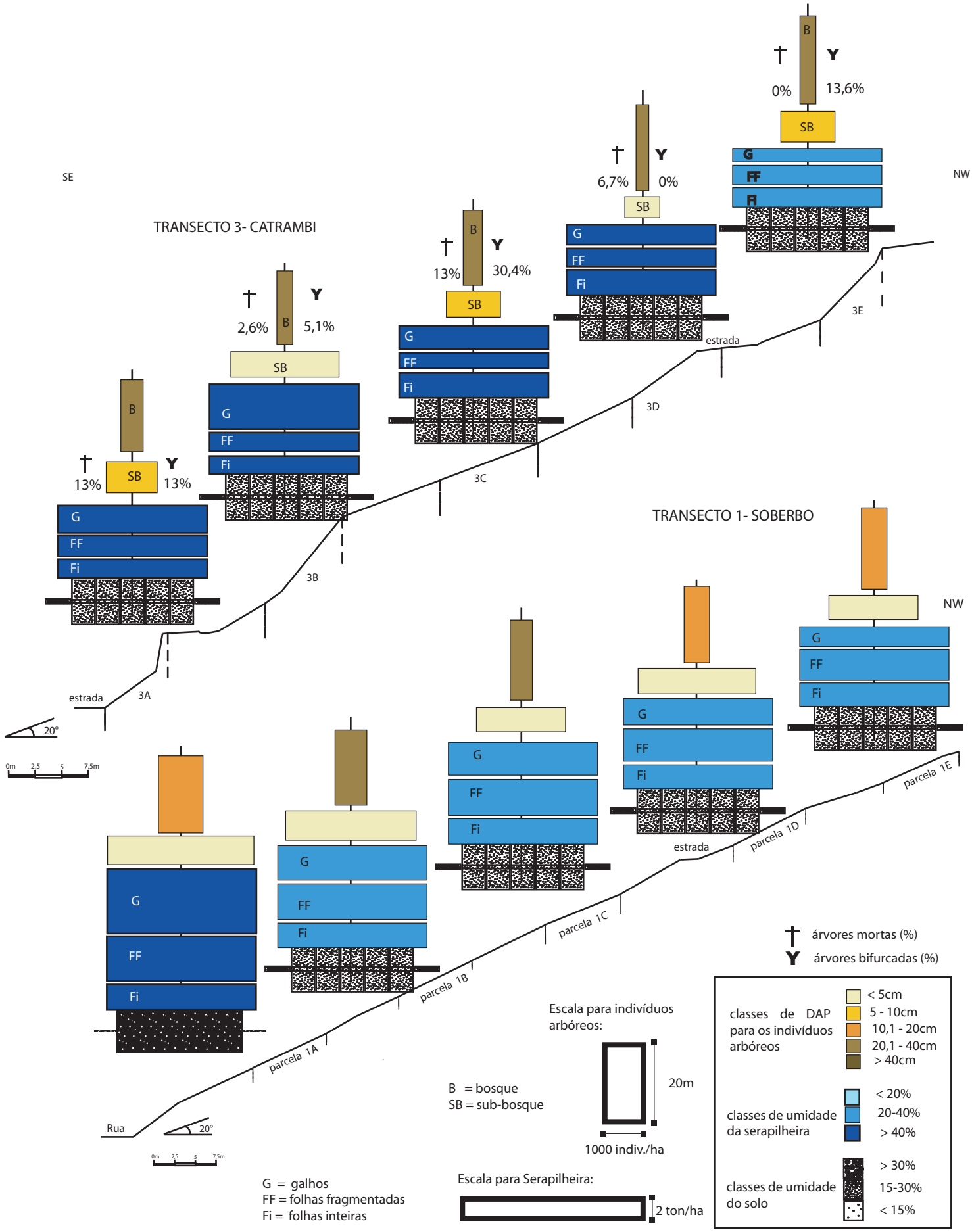
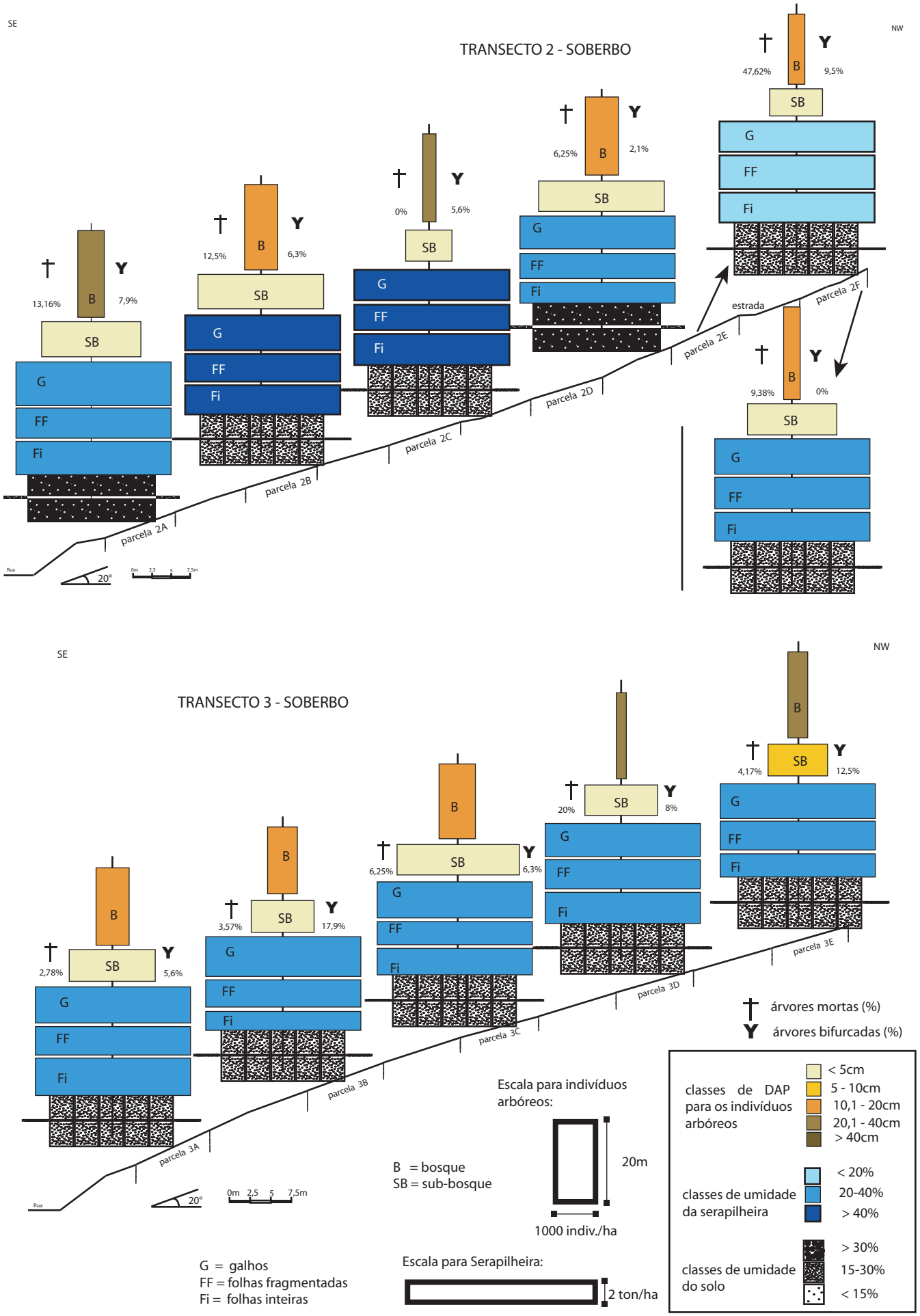


Figura 7.3- Gráficos de síntese referentes aos parâmetros estruturais e indicadores de degradação para os seis transectos estudados



...continuação da figura 7.3



...continuação da figura 7.3

- Da mesma forma que a luminosidade, os dados de temperatura nos permitiram não apenas estabelecer uma nítida diferença entre o comportamento da zona de borda e da área interior, como também entre a área do Soberbo e do Catrambi. Especialmente no período da tarde, as áreas de borda se configuram nitidamente como células de temperatura mais elevada, propagando-se esta condição, em alguns casos, até próximo de 20 m para o interior do transecto.
- Os dados de temperatura também nos permitiram identificar um padrão mais ou menos definido de inversão térmica no transecto borda-centro entre os períodos da manhã e da tarde, embora a fragmentação interna às áreas de borda contribua para distorcer um padrão borda-centro mais uniforme. Este padrão define não apenas a variabilidade térmica de cada transecto, como também as mudanças na velocidade e direção do vento.
- O resultado do comportamento térmico para as áreas estudadas revelou ainda a capacidade de "tamponamento térmico" exercida pela serapilheira. Em alguns casos, a diferença de temperatura entre o topo e a base da serapilheira ultrapassou os 3° C, apresentando nítida correlação com a espessura e estrutura da mesma. Assim, o papel de proteção térmica exercido pela serapilheira se soma ao de retenção de umidade, o que acentua o papel da serapilheira como importante mecanismo de regulação da dinâmica geoecológica que se processa no horizonte superficial do solo nas áreas estudadas.

Na maior parte das parcelas estudadas, não foi possível estabelecer uma relação direta entre a intensidade do vento e a ocorrência de indivíduos mortos; todavia, foi possível identificar um nítido aumento da participação da fração "galhos" na serapilheira, naquelas parcelas que são atingidas pelas maiores intensidades de vento, o que evidencia um certo "controle estrutural" desta variável microclimática sobre a dinâmica geoecológica em curso.

7.3- CONSIDERAÇÕES ACERCA DA PROPAGAÇÃO DO EFEITO DE BORDA NA ÁREA ESTUDADA

É sabido que a base da heterogeneidade da Mata Atlântica encontra-se, especialmente, nas variações topográficas das vertentes, as quais geram, além de significativa alteração nos fluxos hidrológicos, modificações nos parâmetros microclimáticos e de solos entre os diferentes ambientes. Todavia, os resultados deste trabalho demonstraram de forma bastante evidente que as perturbações oriundas das diferentes formas de uso e ocupação ao longo do processo histórico, contribuem, também, para produzir e/ou consolidar tal heterogeneidade, acentuando o efeito de borda dos fragmentos florestais.

Os resultados nos permitem concluir que as modificações na dinâmica de diversos componentes estruturais e/ou funcionais do ecossistema em análise sofre uma importante contribuição do avanço da urbanização sobre as áreas limítrofes da floresta (traduzida na densidade de trilhas e caminhos) sendo, mais precisamente, proporcional (porém não linear) à intensidade desse avanço.

É preciso, contudo, reconhecer que as interações que se processam entre os fatores abióticos e os distintos organismos na zona de borda apresentam uma complexidade própria, cuja compreensão só pode ser alcançada a partir de uma visão integrada e dinâmica da paisagem, nos seus diferentes níveis, escalas e tempos. Nesta perspectiva, os efeitos de borda não podem ser vistos como resultantes estáticas no tempo e no espaço, mas sim como processos "cambiantes", que se modificam à medida que também se modifica o tipo e/ou a intensidade da interação entre os fatores (Kattan, 2002).

Em função desta "relatividade" de forças, a pressão urbana sobre as bordas da floresta, com os seus diferentes aspectos e sujeitos, pode resultar em padrões de degradação difíceis de serem interpretados fora do contexto sistêmico da paisagem em que se inserem (Murcia, 1995).

Para além de um estudo de caso, esta tentativa de compreensão sistêmica da paisagem é, por certo, a melhor contribuição que este trabalho pode oferecer, embora represente ainda um processo incompleto e insuficiente para orientar uma reordenação mais profunda da arquitetura da paisagem na interface floresta-cidade.

Os resultados obtidos nos levam a concluir que a diferença na densidade de urbanização entre as duas áreas pesquisadas influi significativamente sobre a propagação do efeito de borda, porém não de forma direta, já que o faz por meio do aumento da densidade de trilhas e caminhos internos à zona de borda. Decorre daí o caráter não-monotônico de propagação do efeito de borda, uma vez que as "bordas jovens", abertas ao longo dos caminhos internos, impedem o aparecimento de um gradiente de recuperação estrutural e funcional destas áreas.

Caso este tráfego fosse evitado, o "envelhecimento" natural das bordas internas tenderia a reverter este processo, uma vez que a densidade de plântulas nas áreas em questão nos dá uma clara indicação da capacidade de resiliência destes sistemas.

Considerando o comportamento das variáveis microclimáticas exclusivamente a partir da borda principal, e a relação destas variáveis com a variação do padrão estrutural da vegetação e do sistema serapilheira-topo do solo, os resultados indicam que a propagação do efeito de borda tende a não exceder os 50 metros, sendo bem inferior a isso nas bordas localizadas em fundo de vale. Contudo, se considerarmos os efeitos decorrentes da fragmentação interna, a largura de 100 metros dos transectos estudados certamente deve estar incluída na "zona de borda", cujas observações de campo nos indicam que dificilmente se encerrará antes de 150 a 200 metros a partir da linha de borda, mesmo para a área mais conservada do Soberbo.

Ao chegarmos ao final desta pesquisa, algumas recomendações podem ser estabelecidas em face dos resultados encontrados:

- Há uma necessidade premente de que estudos desta natureza sejam estendidos para outros tipos de vizinhança ao longo do Maciço da Tijuca, permitindo uma compreensão mais global das diferentes realidades em jogo.
- É preciso que seja realizado um mapeamento detalhado das trilhas e caminhos existentes na borda do maciço da Tijuca, a fim de dimensionar com melhor precisão os impactos atuais sobre a estrutura e a funcionalidade da paisagem urbano-florestal.
- O planejamento da paisagem, para levar em conta a diferenciação na propagação do efeito de borda, não pode ser pensado em escala inferior a 1:2000, dada a complexidade das interações existentes.
- A instrumentação das áreas de campo e a manutenção das coletas de dados em uma série mais longa de tempo poderão permitir a confirmação de muitas tendências apontadas neste trabalho, além de estimular a compreensão acerca de questões que aqui não foram tratadas, como o comportamento hidrológico do sistema em campo, e a ciclagem de nutrientes.
- Na perspectiva de uma Reserva da Biosfera, é fundamental que a área de ocupação urbana na interface com o Maciço da Tijuca possa ser pensada como uma "*Buffer zone*", a fim de garantir não apenas a manutenção do sistema urbano diretamente dependente dos serviços ambientais da floresta, como também a ligação dos três setores do Parque, que necessitam da função de "corredor" para continuarem sustentáveis.

8- BIBLIOGRAFIA

ABREU, M.A. **Evolução urbana do Rio de Janeiro** Rio de Janeiro: IPLANRIO, 1997a.

_____ A cidade e os temporais: uma relação antiga in: ROSA, L.P.; LACERDA, W. (Orgs.). **Tormentas cariocas.** Rio de Janeiro: UFRJ, 1997. p. 15-20.

_____ A cidade, a montanha e a floresta in: ABREU, M.A. (Ed.). **Natureza e sociedade no Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro: PMRJ, 1992. p. 54-103.

ADAMS, C. **Caiçaras na Mata Atlântica: pesquisa científica versus planejamento e gestão ambiental** São Paulo: Annablume/ FAPESP, 2000. (Meio Ambiente.) v. 121.

AFUBRA- ASSOCIAÇÃO DOS FUMICULTORES DO BRASIL. **A floresta e o ar.** Santa Cruz: AFUBRA, 2001. v. 4.

AGAREZ, F.V. **Contribuição para a gestão de fragmentos florestais com vista à conservação da biodiversidade em Floresta Atlântica de Tabuleiros.** Rio de Janeiro, 2002. 237 f. Tese (Doutorado em Geografia) - IGEO- PPGG, UFRJ.

ALFSEN-NORODOM, C. Urban Biosphere and Society: Partnership of Cities. Introduction. in: ALFSEN-NORODOM, C.; LANE, B.D.; CORRY, M. (Eds.). **Urban Biosphere and Society: Partnership of Cities..** New York: The New York Academy of Sciences, 2004. p. 1-9.

ALLEN, T.F.H.; STAR, T.B. **Hierarchy - perspectives for ecological complexity.** Chicago: University Chicago Press, 1982.

ALMEIDA, D.S. **Florística e estrutura de um fragmento de Floresta Atlântica, no município de Juiz de Fora, Minas Gerais.** Viçosa, 1996. 91 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - UFV.

AMADOR, E.S. Baía de Guanabara: um balanço histórico in: ABREU, M.A. (Org.). **Sociedade e natureza no Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro: PMRJ, 1992. Cap. 7. p. 201-258.

AMARAL, C. Encostas I: o conhecimento recuperado. in: ROSA, L.P.; LACERDA, W. (Orgs.). **Tormentas cariocas.** Rio de Janeiro: UFRJ, 1997. p. 39-44.

_____ **Escorregamentos no Rio de Janeiro: inventário, condicionantes geológicos e redução do risco** Rio de Janeiro, 1996. 269 f. Tese de doutorado - PUC.

AMARAL, C.; FEIJÓ, R.L. Aspectos ambientais dos escorregamentos em áreas urbanas in: VITTE, A.C.; GUERRA, A.J.T. (Orgs.). **Reflexões sobre a geografia física no Brasil.** 1ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. p. 193-223.

ANDERSEN, A.N. A classification of Australian ant communities based on functional groups which parallel plant life forms in relation to stress and disturbance. **Journal of Biogeography**, n. 22, p. 15-29, 1995.

ÂNGELO, J.R. Precipitação em áreas urbanas - o caso de Juiz de Fora-MG **Geo UERJ**, Rio de Janeiro, n. Nº especial, p. 1-8, novembro 2003.

ANTROP, M. Background concepts for integrated landscape analysis. **Agriculture, Ecosystems and Environment.** n. 77, p. 17-28, 2000.

APPLETON, J. The role of the arts in landscape research. in: PENNING-ROWSELL, E.; LOWENTHAL, D. (Eds.). **Landscape meanings and values.** Londres: LCCP, 1986. p. 32-53.

ARAÚJO, T.M.; HIGUCHI, N.; CARVALHO JR., J.A. Comparison of formulae for biomass content determination in a tropical rain forest site in the state of Pará, Brazil. **Forest Ecology and Management**, n. 117, p. 43-52, 1998.

ARNELL, N.W. Relative effects of multi-decadal climatic variability and changes in the mean and variability of climate due to global warming: future stream flows in Britain **Journal of Hydrology**, Nederland, n. 270, p. 195-213, 2003.

ASQUITH, N.M. La dinámica del bosque y la diversidad arbórea. in: GUARIGUATTA, M.R.; KATTAN, G.H. (Orgs.). **Ecología y conservación de bosques Neotropicales..** Cartago: LUR, 2002. p. 377-406.

BACA, J.F.M. **Organização e dinâmica da paisagem: Uma metodologia de organização, análise da dinâmica e simulação, classificação e determinação de pesos.** Rio de Janeiro, 2002. 173 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências, UFRJ.

BARUCH, Z.; PATTISON, R.R.; GOLDSTEIN, G. Responses to light and water availability of four invasive melastomataceae in the Hawaiian Islands. **Int.J.Plant Sci.**, v. 161, p. 10-19, 2000.

BASILE, R.O.N.; NEGREIROS, A.B.; MIGUEL, F.L.C.G.; COELHO NETTO, A.L. Estrutura da floresta Atlântica de encosta e arquitetura de raízes arbóreas: Maciço da Tijuca- RJ. **Geo UERJ**, Rio de Janeiro, n. Nº especial, p. 1909-1917, 2003.

BASILE, R.O.N.C. **Estrutura da floresta atlântica de encosta e arquitetura de raízes arbóreas: Maciço da Tijuca - RJ** Rio de Janeiro, 2004. Dissertação (Mestrado em Geografia) - IGEO-PPGG, UFRJ.

BEDÊ, L.C. WEBER, M.; RESENDE, S.; PIPER, W.; SCHULTE, W. **Manual para mapeamento de biótopos no Brasil** Belo Horizonte: Fundação Alexander Brandt, 1997.

BERNAL, F.F.; AGUIAR, V.B. **Introducción a la agrometeorologia** Ciudad de La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1982.

BEROUTCHACHVILI, N.; MATHIEU, J.L. L'étologie des géosystèmes. **L'Espace Géographique**, Paris, v. VI, n. 2, p. 73-84, 1977.

BEROUTCHCHVILI, N.; BERTRAND, G. Le géossystème ou système territorial naturel. **Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest**, Toulouse, v. 49, n. 2, p. 167, 180 1978.

BERRY, B.J.L; HORTON, F.E. **Urban environmental management.** Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1974.

BERTRAND, G. L'élement et le système. **Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest**, Toulouse, v. 57, n. 3, p. 281-290, 1986.

_____ Paisagem e geografia física global. **Caderno de Ciências da Terra**, São Paulo: USP, n. 13, 1972.

_____ La science du paysage, une science diagonale. **Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest**, Toulouse, n. XLIII, p. 127-133, 1972a.

BEZERRA, M.C.L; FERNANDES, M.A. (COORD.). **Cidades sustentáveis: subsídios à elaboração da agenda 21 brasileira** Brasília: IBAMA, 2000.

BIERREGAARD JR., R.O.; LOVEJOY, T.E.; KAPOS, V.; SANTOS, A.A.; HUTCHINGS, R.W. The biological dynamics of tropical rain forest fragments. **Bioscience**, v. 42, n. 11, p. 859-866, 1992.

BOBEK, H.; SCHMITHÜSEN, J. El paisage en el sistema logico de la geografia. in: MENDOZA, J.G.; JIMÉNEZ, J.M.; CANTERO, N. (Eds.). **El pensamiento geográfico: estúdio interpretativo y antología de textos (de Humboldt a las tendências radicales)..** Madrid: Alianza Editorial, 1982. p. 330-335.

BOLÓS Y CAPDEVILA, M. El geosistema, modelo teórico del paisaje. in: BOLÓS Y CAPDEVILA, M. (Org.). **Manual de ciencia del paisaje. Teoría, métodos y aplicaciones..** Barcelona: Masson, 1992. 3. p. 31-46.

BOLUND, P.; HUNHAMMAR, S. Ecosystem services in urban areas **Ecological Economics**, n. 29, p. 293-301, 1999.

BONAN, G.B. **Ecological climatology. Concepts and applications.** Cambridge: Cambridge Press, 2002.

BORÉM, R.A.T.; RAMOS, D.P. Variação estacional e topográfica de nutrientes na serapilheira de um fragmento de Mata Atlântica. **CERNE**, v. 8, n. 2, p. 44-61, 2002.

BOSCH, J.M.; HEWLETT, J.D. A review of catchments experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evaporation **Journal of Hydrology**, Nederland, n. 55, p. 3-23, 1982.

BOVET, M.T.; RIBAS, J. Clasificación por dominancia de elementos. in: BOLÓS Y CAPDEVILA, M. (Org.). **Manual de Ciencia del Paisaje. Teoría, métodos y aplicaciones..** Barcelona: Masson, 1982. p. 69-80.

BRANDÃO, A.M.P.M. As alterações climáticas na área metropolitana do Rio de Janeiro: uma provável influência do crescimento urbano in: ABREU, M. DE A. (Org.). **Natureza e sociedade no Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro: PMRJ, 1992. p. 143-200.

_____ Análise espacial da pluviosidade no município do Rio de Janeiro *In:* ENCONTRO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS, 1994, S.L.. **Anais...**, 1994. p. 250-267.

_____ As chuvas e a ação humana: uma infeliz coincidência in: ROSA, L.P.; LACERDA, W. (Orgs.). **Tormentas cariocas.** Rio de Janeiro: UFRJ, 1997. p. 21-38.

_____ Clima urbano e enchentes na cidade do Rio de Janeiro in: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. (Orgs.). **Impactos ambientais urbanos no Brasil.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p. 47-109.

BRESSAN, D. **Gestão racional da natureza** São Paulo: Hucitec, 1996.

BROKAW, N.V.L. Treefals, regrowth and community structure in tropical forests. in: PICKETT, S.T.A.; WHITE, P.S. (Orgs.). **The ecology of natural disturbance and patch dynamics.** Londres: Academic Press, 1985.

BROWN, K.S. Diversity, disturbance, and sustainable use of Neotropical forests: insects as indicators for conservation monitoring. **Journal of Insect Conservation**, n. 1, p. 25-42, 1997.

BROWN, K.S.; BROWN, G.G. Habitat alteration and species loss in brazilian forests in: WHITMORE, T.C.; SAYER, J.A. (Orgs.). **Tropical deforestation and species extinction.** Londres: Chapman & Hall, 1992. p. 119-142.

BROWN, S.; LUGO, A. Effects of forest clearing and sucession on the carbon and nitrogen content of soils in Puerto Rico and U.S. Virgin Island. **Plant and Soil**, v. 124, p. 54-64, 1990.

BRÜHL, C.A.; GUNSALAM, G.; LINSENMAIR, K.E. Stratification of ants (Hymenoptera, Formicidae) in a primary rain forest in Sabah, Borneo) **Journal of Tropical Ecology**, n. 14, p. 285-297, 1998.

BRUIJNZEEL, L.A. (De) forestation and dry season flow in the tropics: a closer look. **Journal of Tropical Forest Science**, n. 1, p. 229-243, 1988.

CALLICOT, J.B. Intrinsic value, quantum theory and environmental ethics. **Environmental Ethics**, n. 7, 1985.

CALVINO, I. **As cidades invisíveis.** São Paulo: Companhia das Letras, 1991.

CAMARGO, J.L.C.; KAPOS, V. Complex edge effects on soil moisture and microclimate in Central Amazonian forest. **Journal of Tropical Ecology**, v. 11, p. 205-221, 1995.

CANHAM, C.D.; MARKS, P.L. The response of woody plants to disturbance. in: PICKETT, S.T.A.; WHITE, P.S. (Orgs.). **The ecology of natural disturbance and patch dynamics..** Londres: Academic Press, 1985.

CAPOBIANCO, J.P.R. **Dossiê Mata Atlântica - 2001** São Paulo: ISA, 2001.

CARNEIRO, A.J.C. **O Rio e sua região metropolitana.** Rio de Janeiro: PMRJ, 2002. 16 p. (Coleção Estudos da Cidade.)

CARVALHO, K.S.; VASCONCELOS, H.L. Forest fragmentation in central Amazonia and its effects on litter-dwelling ants. **Biological Conservation**, n. 91, p. 151-157, 1999.

CARVALHO, M.I.A.M. **O espaço verde na área metropolitana de Salvador.** Rio Claro, 1998. 2V. f. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências, UnESP.

CASTRO JR., E. Ecologia da paisagem e os sistemas de informações geográficas: uma perspectiva para o manejo e conservação da biodiversidade. **Revista de Pós-Graduação em Geografia**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 2, p. 152-162, 1998.

CASTRO JR., E.; MIRANDA, J.C.; COELHO NETTO, A.L. The role of biotic componentes on topsoil drainage efficiency in a mountainous rainforest environment: Elements for degraded areas recuperation projects evaluation. in: IGU- GERTEC MEETING **Gemorphic responses to vegetation changes: problems and remedial work.** Rio de Janeiro: UFRJ, 1999.

CASTRO, I.E. Das dificuldades de pensar as escalas geográficas dos fenômenos. *In:* COLÓQUIO "O DISCURSO GEOGRÁFICO NA AURORA DO SÉCULO XXI", I., 1996, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 1996. p. 1-10.

CAVALIER, J.; VARGAS, G. Procesos hidrológicos. in: GUARIGUATA, M.R.; KATTAN, G.H. (Orgs.). **Ecología y conservación de bosques neotropicales..** Cartago: LUR, 2002. p. 145-166.

CESAR, P.B. **Evolução da população de favelas na cidade do Rio de Janeiro. Uma reflexão sobre os dados mais recentes.** Rio de Janeiro: PMRJ, 2002. (Coleção Estudos da Cidade.)

CHAMBERS, J.Q.; HIGUCHI, N.; SCHIMEL, J.P.; FERREIRA, L.V.; MELACK, J.M. Decomposition and carbon cycling of dead trees in tropical forests of the central Amazon. **Oecologia** , v. 122, p. 380-388, 2000.

CHANDLER, T.J. London's urban climate **The Geographical Journal**, n. 128, p. 279-302, 1962.

CHASCO, C.F. Factores mesológicos de la vegetación. in: MEAZA, G. (Ed.). **Metodología y práctica de la Biogeografía.** Barcelona: Ediciones del Serbal, 2000.

p. 18-76.

CHEN, J.; SAUNDERS, S.C.; CROW, T.R.; NAIMAN, R.J.; BROSOFSKE, K.D.; MROZ, G.D.; BROOKSHIRE, B.L.; FRANKLIN, J.F. Microclimate in forest ecosystem and landscape ecology. **Bioscience**, v. 49, n. 4, p. 288-297, 1999.

CHIROL, A.D. **Relações solo-fauna durante sucessão florestal em cicatrizes de Movimento de Massa.** Rio de Janeiro, 2003. Dissertação (Mestrado em Geografia) - IGEO-PPGG, UFRJ.

CHORLEY, R.J.; SCHUMM, S. A.; SUGDEN, D. E. **Geomorphology** Cambridge: University Press, 1989.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais.** São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

_____ Complexidade e auto-organização aplicadas em estudos sobre paisagens morfológicas fluviais. *In:* SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, VII., 1997, Curitiba. **Anais....** Curitiba: UFPR, 1997. p. 9-19.

CHRISTOFOLETTI, A.L.H. Sistemas dinâmicos: as abordagens da teoria do caos e da geometria fractal em Geografia in: VITTE, A.C.; GUERRA, A.J.T. (Orgs.). **Reflexões sobre a geografia física no Brasil.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. p. 89-110.

CHRISTOFOLETTI, A.L.H.; CHRISTOFOLETTI, A. A abordagem fractal em Geociências. **Geociências**, v. 14, n. 1, p. 27-64, 1995.

CIDE- CENTRO DE INFORMAÇÕES E DADOS DO RIO DE JANEIRO. Avaliação do estoque de carbono nas formações florestais e na vegetação secundária do estado do Rio de Janeiro in: CIDE- CENTRO DE INFORMAÇÕES E DADOS DO RIO DE JANEIRO (Ed.). **IQM Verde 2- Indice de Qualidade dos Municípios.** Rio de Janeiro: Governo do estado do Rio de Janeiro, 2000c. p. CD-ROM.

CIDE- CENTRO DE INFORMAÇÕES E DADOS DO RIO DE JANEIRO. Variações climáticas recentes no Estado do Rio de Janeiro in: CIDE- CENTRO DE INFORMAÇÕES E DADOS DO RIO DE JANEIRO **IQM Verde 2- Índice de Qualidade dos Municípios..** Rio de Janeiro: Governo do estado do Rio de Janeiro, 2000a. p. CD-ROM.

CIDE- CENTRO DE INFORMAÇÕES E DADOS DO RIO DE JANEIRO. Evolução da cobertura de florestas e de vegetação secundária no estado do Rio de Janeiro in: CIDE- CENTRO DE INFORMAÇÕES E DADOS DO RIO DE JANEIRO **IQM Verde 2- Índice de Qualidade dos Municípios.** Rio de Janeiro: Governo do estado do Rio de Janeiro, 2000b. p. CD-ROM.

CLARK, D.B. Los fatores edáficos y la distribuición de las plantas. in: GUARIGUATA, M.R.; KATTAN, G.H. (Orgs.). **Ecología y conservación de bosques neotropicales.** Cartago: LUR, 2002. 9. p. 193-221.

CLEVELÁRIO JR. **Distribuição de carbono e de elementos minerais em um ecossistema florestal tropical úmido baixo-montano.** Viçosa, 1996. 135 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - UFV.

CLINEBELL, R.R. Prediction of neotropical tree and liana species richness from soil and climatic data **Biodiversity and Conservation**, n. 4, p. 56-90, 1995.

COELHO NETTO, A.L. Catastrophic landscape evolution in a humid region (SE Brazil): inheritances from tectonic, climatic and land use induced changes. **Suppl. Geogr. Fís. Dinam. Quat.**, Bolonha, v. III, n. 3, p. 21-48, 1999.

_____ **Surface hydrology and soil erosion in a tropical mountainous rainforest drainage basin, Rio de Janeiro** Belgiun, 1985. Tese (PhD) - Katholieke Universiteit Leuven.

_____ O geoecossistema da floresta da Tijuca in: ABREU, M.A. (Org.). **Natureza e sociedade no Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro: PMRJ, 1992. p. 104-142.

_____ A abordagem geo-hidroecológica: um procedimento analítico-integrativo fundamentado na geomorfologia, hidrologia e geoecologia *In:* FORUM DE GEO-BIO-HIDROLOGIA, 1., 1998, Curitiba. **Anais....** Curitiba: UFPR, 1998. p. 26-29.

_____ **O processo erosivo nas encostas do maciço da Tijuca, RJ: condicionantes e diretrizes** Rio de Janeiro, 1979. 142 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências, UFRJ.

_____ Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia in: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. (Orgs.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995. p. 93-148.

_____ Overland flow production in a tropical rainforest catchment: the role of litter cover. **Catena**, n. 14, p. 213-231, 1987.

COELHO NETTO, A.L.; CASTRO JR., E.C. A geoecologia como interface da geografia com a ecologia. *In:* ENCONTRO NACIONAL DA ANPEGE, 2º., 1997, Rio de Janeiro. **Anais....** Rio de Janeiro: UFRJ, 1997.

COELHO, M.C.N. Impactos ambientais em áreas urbanas - teorias, conceitos e métodos de pesquisa in: GUERRA, A.J.T.E CUNHA, S.B. (Orgs.). **Impactos ambientais urbanos no Brasil.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p. 19-45.

COLES, R.W.; BUSSEY, S.C. Urban forest landscapes in the UK- progressing the social agenda. **Landscape and Urban Planning**, n. 52, p. 181-188, 2000.

COLLINGE, S.K. Spatial arrangement of habitat patches and corridors: clues from ecological field experiments. **Landscape and Urban Planning**, n. 42, p. 157-168, 1998.

_____ Ecological consequences of habitat fragmentation: implications for landscape architecture and planning. **Landscape and Urban Planning**, n. 36, p. 59-77, 1996.

CONSERVATION INTERNATIONAL DO BRASIL. **Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos.** Brasília: MMA, 2000.

CORDERO, R.A. Effect of two natural light regimes and nutrient addition on the forest herb *Begonia decandra* (Begoniaceae). **Revista de Biologia Tropical**, v. 48, n. 2-3, p. 1-12, 2000.

COSTA, N.M. **Geomorfologia estrutural dos Maciços litorâneos do Rio de Janeiro, RJ.** Rio de Janeiro, 1986. 108 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - PPGG, UFRJ.

COUGHLAN, M.; NYENZI, B.S. Climate trends and variability. in: JÁGER, J.; FERGUSON, H.L. (Eds.). **Climate Change: science, impacts and policy.** Cambridge: University Press, 1991. p. 71-81.

CRUTZEN, P.J.; GOLITSYN, G.S. Linkages between global warming, ozone depletion, acid deposition and other aspects of global environmental change. in: MINTZER, I.M. (Ed.). **Confronting climate change. risks, implications and responses.** Cambridge: Cambridge Press, 1993. p. 15-32.

CRUZ, J.C.H.O.; NASSER, P.C.; COELHO NETTO, A.L. Dinâmica hidro-erosiva superficial e revegetação em uma cicatriz de movimento de massa, Maciço da Tijuca, RJ. **Ciência & Natura**, Santa Maria, n. Nº especial, p. 343-364, 2004.

CRUZ, O. A geografia física, o geossistema, a paisagem e o estudo dos processos geomórficos. **Boletim de Geografia Teorética**, Rio Claro, v. 15, n. 29-30, p. 53-62, 1985.

CUNHA, S.B.; GUERRA, A.J.T. Degradação ambiental. In: _____ (org.) **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p. 337-379. 1996.

D'ORSI, R.N.; FEIJÓ, R.L.; PAES, N.M. Rainfall and mass movements in Rio de Janeiro. *In:* INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 31. 2000, Rio de Janeiro. **Anais....** Rio de Janeiro: UFRJ, 2000. p. 1-4.

DAMASCOS, M.A.; PRADO, C.H. Fenologia foliar y sus caracteres asociados en la especie invierno-verde *Aristotelia chilensis* (Mol.) Stuntz (Elaeocarpaceae). **Revista Chilena de Historia Natural**, v. 4, n. 74, p. 1-18, 2001.

DANSEREAU, P. **Challenge for survival: land air and water for man in megalopolis.** New York: Columbia University Press, 1970.

DAVEAU, S. Repartition et rythme precipitattion au Portugal. **Memórias do Centro**

de Estudos Geográficos., Lisboa, n. 3, 1977.

DAVIDOVICH, F. Metrópole e território: metropolização do espaço no Rio de Janeiro. **Cadernos Metrópole**, Rio de Janeiro, n. 6, p. 85-98, 2001.

DAVIS, E.G.; NAGHETTINI, M.C. **Estudo de chuvas intensas no Estado do Rio de Janeiro.** 2ª Ed. Revisada e ampliada ed. Brasília: CPRM, 2000.

DE LUÍS, M.; GARCÍA-CANO, M.F.; CORTINA, J.; RAVENTÓS, J.; GONZÁLEZ-HIDALGO, J.C.; SÁNCHEZ, J.R. Climatic trends, disturbances and short-term vegetation dynamics in a Mediterranean scrubland. **Forest Ecology and management**, (147): 25-37. 2001.

DEAN, W. **A ferro e fogo: a história da devastação da Mata Atlântica brasileira.** São Paulo: Companhia das Letras, 1996.

DEBINSKI, D.M.; RAY, C.; SAVERAID, E.H. Species diversity and the scale of the landscape mosaic: do scales of movement and patch size affect diversity? **Biological Conservation**, n. 98, p. 179-190, 2001.

DEBOER, D.H. Hierarchies and spatial scale in process geomorphology: a review. **Geomorphology**, n. 4, p. 303-318, 1992.

DECKER, E.H. ET AL. Energy and material flow through the urban ecosystem. **Annu. Rev. Energy Environ.**, n. 25, p. 685-740, 2000.

DEHN, M.; BUMA, J. Modeling future landslide activity based on general circulation models. **Geomorphology**, n. 30, p. 175-187, 1999.

DELITTI, N.B.C.; MEIRELLES, S.T.; MANTOVANI, W.; COSTA, V.C.I.; PAGANO, F.; BOZZO, G.O. Esclerofilia e nitrogênio em plantas dos cerrados de Emas, Pirassununga, SP. *In:* SIMPÓSIO DE ECOSSISTEMAS BRASILEIROS: CONSERVAÇÃO, 5., 2000, **Anais...** , 2000. p. 317-324.

DETWYLER, T.R.; MARCUS, M.G. (Eds.). **Urbanization and environment: the physical geography of the city.** Belmont: Duxbury Press, 1972.

DIAS, G.F. **Elementos de ecologia urbana e sua estrutura ecossistêmica.** Brasília: IBAMA, 1997. (Meio Ambiente em Debate.) v. 18.

DIAZ, A.F.; STUDZINSKI, C.D.; MECHOSO, C. Relationships between anomalies in Uruguay and southern Brazil and sea surface temperature in the Pacific and Atlantic Oceans. **Journal of Climate**, n. 11, p. 251-271, 1998.

DIDHAM, R.K. The influence of edge effects and forest fragmentation on leaf litter invertebrates in Central Amazonia. in: LAURANCE, W.F.; BIERREGAARD, R.O. (Eds.). **Tropical forest remnants: ecology, management and conservation of fragmented communities..** Londres: University Chicago Press, 1997.

DIEGUES, A.C. **O mito moderno da natureza intocada.** São Paulo: Hucitec, 1996.

DOGSÉ, P. Toward Urban Biosphere Reserves. in: ALFSEN-NORODOM, C.; LANE, B.D.; CORRY, M. (Eds.). **Urban biosphere and society. Partnership of cities..** New York: The New York Academy of Sciences, 2004. p. 10-48.

DOING, H. The landscape as an ecosystem. **Agriculture, Ecosystems and Environment.**, n. 63, p. 221-225, 1997.

DREW, D. **Processos interativos homem - meio ambiente.** São Paulo: Difel, 1986.

DRUMMOND, J.A. **Devastação e preservação ambiental no Rio de Janeiro.** Niterói: EdUFF, 1997.

DUNNE, T. Field studies of hillslope flow processes. in: KYRKBY, M.J. (Org.). **Hillslope hydrology.** Londres: John Wiley & Sons, 1978.

DUNNE, T.; LEOPOLD, L.B. **Water in environmental planning.** New York: W. H. Freeman, 1978.

DURIGAN, G. Métodos para análise de vegetação arbórea. in: CULLEN JR., L.; RUDRAN, R.; VALLADARES-PADUA, C. (Orgs.). **Métodos de estudos em biologia da conservação & manejo da vida silvestre..** Curitiba: UFPR, 2004. 17. p. 455-479.

DZINSKI, C.D.S. **Um estudo da precipitação na região sul do Brasil e sua relação com os Oceanos Pacífico e Atlântico tropical e sul.** São José dos Campos, 1995. 99 f. Tese (Doutorado) - INPE.

EDWARDS, P.J. Studies of mineral cycling in a montane rain forest in New Guinea. II- The production and disappearance of litter. **Journal of Ecology**, v. 65, n. 3, p. 971-992, 1977.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo.** 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA- CNPS, 1997. 212 p.

ENGEL, V.L.; FONSECA, R.C.B.; OLIVEIRA, R.E. Ecologia de lianas e o manejo de fragmentos florestais. **Série Técnica IPEF**, v. 12, n. 32, p. 43-64, 1998.

ESSEEN, P.A. Tree mortality patterns after experimental fragmentation on an old-growth conifer forest. **Biological Conservation**, n. 68, p. 19-28, 1994.

ESSEEN, P.A.; RENHORN, K.E. Edge effects on an epiphytic lichen in fragmented forests. **Conservation Biology**, v. 12, n. 6, p. 1307-1317, 1998.

ETTER, A. **Caracterización ecológica general y de la intervención humana en la amazônia colombiana.** Bogotá: [s.n.], 1994. 27-67 p.

EUFRÁSIO, M.A. **Estrutura urbana e ecologia humana: a escola sociológica de Chicago (1915-1940).** São Paulo: Editora 34, 1999.

FEIJÓ, R.L.; PAES, N.M.; D'ORSI, R.N. Chuvas e movimentos de massa no município do Rio de Janeiro. *In:* COBRAE, 3., 2001, Rio de Janeiro. **Anais....** Rio de Janeiro: UFRJ, 2001. p. 223-230.

FERNANDES, M.C. **Geoecologia do Maciço da Tijuca-RJ: uma abordagem geo-hidroecológica.** Rio de Janeiro, 1998. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, UFRJ.

_____ **Utilização de SIG na análise do relacionamento morfopedológico na sub-bacia do córrego do Açude, Maciço da Tijuca- RJ.** Rio de Janeiro, 1995. 72 f. Monografia de conclusão de curso (Geografia) - CCMN- IGEO- Departamento de Geografia, UFRJ.

FERNANDES, M.C.; LAGÜÉNS, J.V.M.; COELHO NETTO, A.L. O processo de ocupação por favelas e sua relação com os eventos de deslizamentos no Maciço da Tijuca/RJ. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, Rio de Janeiro, v. 22, p. 45-59, 1999.

FERNANDES, N.F.; AMARAL, C.P. Movimentos de massa: uma abordagem geológico - geomorfológica. in: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. (Orgs.). **Geomorfologia e meio ambiente..** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p. 123-194.

FIGUEIREDO FILHO, A.; MORAES, G.F.; SCHAAF, L.B.; FIGUEIREDO, D.J. Avaliação estacional da deposição de serapilheira em uma floresta ombrófila mista localizada no sul do Estado do Paraná. **Ciência Florestal**, v. 13, n. 1, p. 11-18, 2003.

FIGUEIRÓ, A.S. **Aplicação do zoneamento ambiental no estudo da paisagem: uma proposta metodológica.** Florianópolis, 1997. 242 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - CFH- Programa de Pós-Graduação em Geografia, UFSC.

_____ **Fragmentação e conservação da paisagem: uma revisão de conceitos.** Exame de qualificação apresentado ao PPGG-UFRJ. Rio de Janeiro: UFRJ. 2002.

FIGUEIRÓ, A.S.; COELHO NETTO, A.L. **Climatic variability and pluviometric trends in a humid tropical environment at Resende municipality in the middle Paraíba do Sul river valley: SE Brazil.** Texto inédito. 2004.

_____ Classificação de "zonas de tamponamento" (*buffer zones*) na interface floresta-cidade: área-laboratório da bacia do Canal do Mangue, Maciço da Tijuca (RJ). **Geo UERJ**, n. Nº especial, p. 1-10, 2003.

FOCHLER-HAUKE, G. **Corologia geográfica. El paisaje como objecto de la geografia regional.** Tucumán: Universidad Nacional de Tucumán., 1983.

FORMAN, R.T.T. **Land mosaics: the ecology of landscapes and regions.** Cambridge: Cambridge Press, 1995.

FORMAN, R.T.T.; GODRON, M. **Landscape ecology.** New York: John Wiley & Sons, 1986.

FOX, B.J.; TAYLOR, J.E.; FOX, M.D.; WILLIAMS, C. Vegetations changes across edges of rainforest remnants. **Biological Conservation**, n. 82, p. 1-13, 1997.

FRANKLIN, J.F.; FORMAN, R.T.T. Creating landscape patterns by forest cutting: ecological consequences and principles. **Landscape Ecology**, n. 1, p. 5-18, 1987.

FRAVER, S. Vegetation responses along edge-to-interior gradients in the mixed hardwood forests of the Roanoke river basin, North Carolina. **Conservation Biology**, v. 8, n. 3, p. 822-832, 1994.

FREIRE ALLEMÃO, A.V. **Recarga e drenagem em solos florestados: o papel dos sistemas radiculares.** Rio de Janeiro, 1997. Dissertação (Mestrado em Geografia) - IGEO- PPGG, UFRJ.

FREITAS, L.E. **Transformações geoecológicas, hidrológicas e erosivas em ecossistemas florestais de encosta: o papel da recorrência de incêndio.** Rio de Janeiro, 2001. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, UFRJ.

FRIDMAN, F. **Donos do Rio em nome do rei: uma história fundiária da cidade do Rio de Janeiro** 2ª ed. Rio de Janeiro: Zahar, 1999.

FUNDAÇÃO S.O.S. MATA ATLÂNTICA. **Atlas dos remanescentes da Mata Atlântica** São Paulo: SOS Mata Atlântica/ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)/ Instituto Socioambiental (ISA), 1998.

FUNDREM- FUNDAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO. **Água para a região metropolitana do Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro: FundREM, 1982.

GAIGER, R. **Manual de microclimatologia. O clima da camada de ar junto ao solo.** 4ª ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1961.

GALICIA, L.; LÓPEZ-BLANCO, J.; ZARCO-ARISTA, A.E.; FILIPS, V.; GARCÍA-OLIVA, F. The relationship between solar radiation interception and soil water content in a tropical deciduous forest in Mexico. **Catena**, n. 36, p. 153-164, 1999.

GALVANI, E.; AZEVEDO, T.R. A Frente Polar Atlântica e as características de tempo associadas: estudo de caso. **Geo UERJ**, n. Nº Especial, p. 1-11, 2003.

GARAY, I. Avaliação do status da biodiversidade ao nível do ecossistema. in: GARAY, I.; DIAS, B. (Orgs.). **Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais. Avanços conceituais e revisão de novas metodologias de avaliação e monitoramento..** Rio de Janeiro: Vozes, 2001. p. 399-411.

GARDNER, W.R. Dynamic aspects of water availability to plants. **Soil Science**, n.

89, p. 63-73, 1960.

GASCON, C.; LAURANCE, W.F.; LOVEJOY, T.E. Fragmentação florestal e biodiversidade na Amazônia Central. in: GARAY, I.; DIAS, B. (Orgs.). **Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais. Avanços conceituais e revisão de novas metodologias de avaliação e monitoramento.** Petrópolis: Vozes, 2001. p. 112-127.

GEOHECO- LABORATÓRIO DE GEO-HIDROECOLOGIA. **Reabilitação de áreas degradadas para a ampliação das coberturas florestais de Mata Atlântica na região da Serra da Bocaina.** Rio de Janeiro: UFRJ, 1998. Relatório Técnico Parcial do projeto (Convênio FNMA/MMA nº 024/97).

GEOHECO- LABORATÓRIO DE GEO-HIDROECOLOGIA/ SMAC- SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE. **Estudos de qualidade ambiental do geoecossistema do Maciço da Tijuca** Rio de Janeiro: UFRJ, 2000. 4 vol. p.

GIRARDET, H. **Ciudades.** Cidade do México: Gaia, 1989.

GODEFROID, S.; KOEDAM, N. Distribution pattern of the flora in a peri-urban forest: an effect of the city-forest ecotone. **Landscape and Urban Planning**, n. 1003, p. 1-17, 2003.

GOLDREICH, Y. The structure of the ground-level heat island in a Central Business District. **Journal of Climate and Applied Meteorology**, n. 24, p. 1237-1244, 1985.

GOLDSTEIN, G.; MEINZER, F.C.; ANDRADE, J.L. El flujo del agua en los árboles del dossel: mecanismos y patrones. in: GUARIGUATA, M.R.; KATTAN, G.H. (Orgs.). **Ecología y conservación de bosques neotropicales.** Cartago: LUR, 2002. p. 251-270.

GOLLEY, F.B.; MCGINNIS, J.T.; CLEMENTS, R.G. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida.** São Paulo: EPU/EDUSP, 1978. 256 p.

GÓMEZ, F; TAMARIT, N.; JABALOYES, J. Green zones, bioclimatics studies and human confort in the future development of urban planning. **Landscape and Urban Planning**, n. 55, p. 151-162, 2001.

GONDOLO, G.C.F. **Desafios de um sistema complexo à gestão ambiental. Bacia do Guarapiranga, região metropolitana de São Paulo** São Paulo: FAPESP/ Annablume, 1999. (Selo Universidade.) v. 119.

GRIMBERG, E. (COORD.). **Ambiente urbano e qualidade de vida.** São Paulo: Polis, 1991. (Polis.) v. 3.

GRIMM, A.M.; BARROS, V.R.; DOYLE, M.E. Climate variability in southern south America associated with El Nino and La Nina events. **Journal of Climate**, v. 13, n. 1, p. 35-58, 2000.

GRISSINO-MAYER, H.D. A 2129 year annual reconstruction of precipitation for northwestern New Mexico, USA. in: DEAN, J.S.; MEKO, D.M.; SWETNAM, T.W. (Eds.). **Tree rings, environment and humanity.** Tucson: University of Arizona, 1996. p. 191-204.

GUARIGUATA, M.R.; KATTAN, G.H. (ORGS.). **Ecología y conservación de bosques neotropicales.** Cartago: LUR, 2002.

GUARIGUATA, M.R.; OSTERTAG, R. Sucesión secundaria. in: GUARIGUATA, M.R.; KATTAN, G.H. (Orgs.). **Ecologia y conservación de bosques neotropicales..** Cartago: LUR, 2002. 23. p. 591-623.

GUATTARI, F. Pratiques écosophiques et restauration de la cite subjective. in: GUATTARI, F. (Org.). **Un autre partage - homme, ville, nature.** Toulouse: Erès, 1992.

GUSTAFSON, E.J.; PARKER, G.R. Relationship between landcover proportion and indices of landscape spatial pattern. **Landscape Ecology**, n. 7, p. 101-110, 1992.

HAIGH, J.M. The holon: hierarchy theory and landscape research. **Catena**, n. 10, p. 181-192, 1987.

HARRIS, L.D. Edge effects and conservation of biotic diversity. **Conservation Biology**, n. 2, p. 330-332, 1988.

HASTENRATH, S. Prediction of Northeast Brazil rainfall anomalies. **Journal of Climate**, n. 3, p. 893-904, 1990.

HECKSCHER, A. **Open spaces: the life of American cities.** New York: Harper & Row, 1977.

HELENE, M.E.M. **Florestas: desmatamento e destruição.** São Paulo: Contexto, 1996.

HERBOHN, J.L.; CONGDON, R.A. Ecosystem dynamics at disturbed and undisturbed sites in north Queensland wet tropical rain forest. II. Litterfall. **Journal of Tropical Ecology**, n. 9, p. 365-380, 1993.

HERCULANO, S.; PORTO, M.F.S.; FREITAS, C.M. (ORG.). **Qualidade de vida e riscos ambientais.** Niterói: EdUFF, 2000.

HERFINDAHL, O.C.; KNEESE, A.V. **Quality of environment: an economic approach to some problems in using land, water and air.** Maryland: Johns Hopkins, 1965.

HERRERA, R. How human activities disturb the nutrient cycles of a tropical rainforest in Amazonic. **AMBIO**, n. 2-3, p. 109-114, 1981.

HOGAN, K.P.; MACHADO, J.L. La luz solar: consecuencias biológicas y medición. in: GUARIGUATA, M.R.; KATTAN, G.H. (Orgs.). **Ecología y conservación de bosques neotropicales.** Cartago: LUR, 2002. 6. p. 119-143.

HOOKE, J.M. **Geomorphology in environmental planning.** Hampshire: John Wiley & Sons, 1988.

HOWARD, E. **Cidades-jardins de amanhã.** São Paulo: Hucitec, 1996.

HUANG, S-L. Urban ecosystems, energetic hierarchies, and ecological economics of Taipei Metropolis. **Journal of Environmental Management**, n. 52, p. 39-51, 1998.

HUANG, S-L.; LAI, H-Y.; LEE, C-L. Energy hierarchy and urban landscape system. **Landscape and Urban Planning**, n. 53, p. 145-161, 2001.

HUGHES, R.F.; KAUFFMAN, J.B.; JARAMILLO, V.J. Biomass, carbon, and nutrient dynamics of secondary forests in a humid tropical region in Mexico. **Ecology**, n. 80, p. 1892-1907, 1999.

HULME, M.; SHEARD, N. **Cenários de alterações climáticas para o Brasil.** Norwich-UK: Climatic Reserach Unit. , 1999.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de vegetação do Brasil.** Rio de Janeiro: IBGE, 1989.

_____ **Censo demográfico brasileiro de 2000.** Rio de Janeiro: IBGE, 2001.

IEF- INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Mapa da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro: IEF, 1994. Escala 1:400. 000.

IPP- INSTITUTO PEREIRA PASSOS. **Anuário estatístico da cidade do Rio de Janeiro 1998.** Rio de Janeiro: PMRJ, 2000.

JACOBI, P. **Cidade e meio ambiente: percepções e práticas em São Paulo.** São Paulo: Annablume, 2000.

JATOBÁ, S.U.S.; BURSZTYN, M.; RIBAS, O.T. Gestão ambiental urbana: roteiro metodológico aplicável a comunidades urbanas locais. in: THEODORO, S.H. (Org.). **Conflitos e uso sustentável dos recursos naturais.** Rio de Janeiro: Garamond, 2002. p. 199-211.

JENNY, I.S.P.G.; BINGHAM, F.T. Comparative study of decomposition rates of organic matter in temperate and tropicals regions. **Soil Science**, v. 6, n. 68, p. 419-432, 1949.

JORDAN, C.F.; HERRERA, R. Tropical rains forests: are nutrients really critical? **American Naturalist**, v. 2, n. 117, p. 167-180, 1981.

JOSE, S.; GILLESPIE, A.R.; GEORGE, S.J.; KUMAR, B.M. Vegetation responses along edge-to-interior gradients in a high altitude tropical forest in peninsular India. **Forest Ecology and Management**, n. 87, p. 51-62, 1996.

KAPOS, V. Effects of isolation on the water status of forest patches in the Brazilian Amazon. **Journal of Tropical Ecology**, n. 5, p. 173-185, 1989.

KAPOS, V.; WANDELLI, E.; CAMARGO, J.L.; GANADE, G. Edge-related changes in environment and plant responses due to forest fragmentation in central Amazonia. in: LAURANCE, W.F.; BIERREGARD JR., R.O. (Eds.). **Tropical forest remnants: ecology, management and conservation of fragmented communities.** Chicago: University Chicago Press, 1997. p. 33-44.

KATTAN, G.H. Fragmentación: patrones y mecanismos de extinción de especies. in: GUARIGUATA, M.R.; KATTAN, G.H. (Orgs.). **Ecología y conservación de Bosques Neotropicales..** Cartago: LUR, 2002. p. 561-590.

KAZMIER, L.J. **Estatística aplicada a economia e administração.** São Paulo: McGraw-Hill, 1982. 376 p.

KENNEDY, J.J.; DOMBECK, M.P.; KOCH, N.E. Values, beliefs and management of public forests in the Western world at the close of the twentieth century. **Unasylva**, v. 49, n. 192, p. 16-26, 1998.

KENT, W.J.G. M.; WEAVER, R.E.; ARMITAGE, R.P. Landscape and plant community boundaries in biogeography. **Progress in Physical Geography**, n. 213, p. 315-353, 1997.

KINDEL, A. **A fragmentação real: heterogeneidade de remanescentes florestais e valor indicador das formas de húmus.** Rio de Janeiro, 2001. Tese (Doutorado em Geografia) - IGEO-PPGG, UFRJ.

KINDEL, A.; GARAY, I. Humus form in ecosystems of the Atlantic Forest, Brazil. **Geoderma**, n. 108, p. 101-118, 2002.

KING, D.A. Influence of light level on the growth and morphology of saplings in a Panamanian forest. **American Journal of Botany**, n. 81, p. 948-957, 1994.

KLAR, A.E. **A água no sistema solo-planta-atmosfera.** São Paulo: Nobel, 1984.

KOBIYAMA, M. Geo-bio-hidrologia. *In:* FORUM DE GEO-BIO-HIDROLOGIA, 1., 1998, Curitiba. **Anais....** Curitiba: UFPR, 1998. p. 1-25.

KREBS, C.J. **Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance.** New York: Harper & Row, 1972. 694 p.

LAGO, P.F. **A consciência ecológica: a luta pelo futuro.** Florianópolis: UFSC, 1991.

LAHMER, W.; PFÜTZNER, B.; BECKER, A. A assessment of land use and climate change impacts on the mesoescale. **Phys. Chem. Earth**, v.7-8, n.26, p. 565-575, 2001.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal.** São Carlos: Rima, 2000.

LAURANCE, W.F. Edge effects in tropical forest fragments: application of a model for the design of nature reserves. **Biological Conservation**, n. 57, p. 205-219, 1991.

LAURANCE, W.F.; FERREIRA, L.V.; RANKIN-DE-MERONA, J.M.; LAURANCE, S.G.; HUTCHINGS, R.W.; LOVEJOY, T.E. Rain forest fragmentation and the dynamics of Amazoniam tree communities **Ecology**, v. 6, n. 79, p. 2032-40, 1998.

LAURIE, I.C. (Ed.). **Nature in cities: the natural environment in the design and development of urban green space.** Chichester: Wiley, 1979.

LEAL, I.R.; FERREIRA, S.O.; FREITAS, A.V.L. Diversidade de formigas de solo em um gradiente sucessional de Mata Atlântica, ES, Brasil. **Biotemas**, n. 6, p. 42-53, 1993.

LEFF, E. Sociologia y ambiente: formación socio-económica, racionalidad ambiental y transformación del conocimiento. in: LEFF, E. (Coord.). **Ciencias sociales y formación ambiental.** Cidade do México: Siglo XXI, 1994. p. 17-84.

_____ **Ecología y capital: racionalidad ambiental, democracia participativa y desarollo sustentable.** Cidade do México: Siglo XXI, 1998.

LEIS, H.R. As "éticas" do ambientalismo. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, n. 12, p. 57-64, 1996.

LEITÃO FILHO, H.F. (Org.). **Ecologia da Mata Atlântica em Cubatão.** São Paulo-Campinas: UNESP/ UNICAMP, 1993.

LEITE, M.A.F.P. **destruição ou desconstrução?** São Paulo: Hucitec, 1994.

LIMA, A.R.; CAPOBIANCO, J.P.R. (ORGS.). **Mata Atlântica: avanços legais e institucionais para a sua conservação.** São Paulo: ISA, 1997. (Documentos do ISA.) v. 4.

LIMA, M.D.V.; RONCAGLIO, C. Degradação socioambiental urbana, políticas públicas e cidadania. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, n. 3, p. 53-63, 2001.

LIMA. W.P. **Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas.** Apostila preparada na ESALQ/USP. 1988.

LINDNER, M. Regional impacts of climatic change on forests in the state of Brandenburg, Germany. **Agricultural and Forest Meteorology**, n. 84, p. 123-135, 1997.

LINO, C.F. **A Mata Atlântica que conhecemos.** Disponível em: <www.rbma.org.br> Acesso em: 15 mar. 2005.

LIPIETZ, A. Uma visão regulacionista sobre o futuro da ecologia urbana. **Cadernos IPPUR/UFRJ**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 1-42, 1994.

LLORENS, P.; GALLART, F. A simplified method for forest water storage capacity measurement. **Journal of Hydrology**, n. 240, p. 131-144, 2000.

LOVEJOY, T.E.; BIERREGAARD JR., R.O.; RYLANDS, A.B.; MALCOLM, J.R.; QUINTELA, C.E.; HARPER, L.H.; BROWN JR., K.S.; POWELL, G.V.N.; SCHUBART, H.O.R.; HAY, M.B. Edge and other effects of insolation on Amazon forest fragments. in: SOULÉ, M.E. (Org.). **Conservation Biology.** Sunderland: Sinauer Associates, 1986. p. 257-285.

LUIZÃO, F.J. **Produção e decomposição da liteira em floresta de terra firme da Amazônia Central: aspectos químicos e biológicos da lixiviação e remoção dos nutrientes da liteira.** Manaus, 1982. 107 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - INPA, FUA.

LUIZÃO, F.J.; SCHUBART, H.O.R. Produção e decomposição de liteira em floresta de terra firme da Amazônia Central. **Acta Limn. Brasil.**, n. 1, p. 575-600, 1986.

LUIZÃO, F.J.; VASCONCELOS, H.L. **Floresta tropical úmida (Manaus). Site 1.** INPA.2001.

MACEDO, G.V.; OLIVEIRA, R.R. Produção de serapilheira na Mata Atlântica em dois sítios geomorfológicos no Maciço da Pedra Branca, RJ. **Geo UERJ**, n. Nº Especial, p. 8, 2003.

MACEDO, R.K. **Gestão ambiental: os instrumentos básicos para a gestão ambiental de territórios e unidades produtivas.** Rio de Janeiro: ABES, 1994.

MAGRO, T.C. **Avaliação da qualidade de habitat faunístico pela análise de bordas.** Viçosa, 1988. 95 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - UFV.

MALCOLM, J.R. A model of conductive heat flow in forest edges and fragmented landscapes. **Climatic Change**, n. 39, p. 487-502, 1998.

MALCOLM, J.R. Edge effects in Central Amazonian forest fragments. **Ecology**, v. 75, n. 8, p. 2438-2445, 1994.

MARANGON, L.C. **Florística e fitossociologia de área de floresta estacional semidecidual visando dinâmica de espécies florestais arbóreas no município de Viçosa, MG.** São Carlos, 1999. 135 f. Tese (Doutorado em Ciências) - UFSCAR.

MARCONDES, M.J.A. **Cidade e natureza: proteção dos mananciais e exclusão social.** São Paulo: Studio Nobel, 1999.

MARCOS, C.S.; MATOS, D.M.S. Estrutura de populações de palmiteiro (*Euterpe edulis* Mart.) em áreas com diferentes graus de impactação na Floresta da Tijuca, RJ. **Floresta e Ambiente**, v. 10, n. 1, p. 27-37, 2003.

MARTÍNEZ-GARZA, C.; HOWE, H.F. Developmental strategy or immediate responses in leaf traits of tropical tree species? **Int.J.Plant Sci.**, v. 166, n. 1, p. 41-48, 2005.

MARTINS, F.R. **Estrutura de uma floresta mesófila.** Campinas: UNICAMP, 1993. 246 p.

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**, n. 22, p. 405-412, 1999.

MATTOS, C.C.L.V.; MATTOS, M.D.L.V.; LAROCHE, R.C. Aspectos do clima e da flora do Parque Nacional da Tijuca. **Brasil Florestal**, v. 7, n. 25, p. 3-12, 1976.

MAVROMATIS, T.; JONES, P.D. Comparison of climate change scenario construction methodologies for impact assessment studies. **Agricultural and Forest Meteorology**, n. 91, p. 51-67, 1998.

MAYA, R.C. **A mui leal e heróica cidade de São Sebastião do Rio de Janeiro.** Paris: Arts Graphiques, 1965.

MAYSTRE, Y. Le concept d'environnement et sa dynamique cartographique. *In:* SYMPOSIUM INTERNATIONAL SUR LA CARTOGRAPHIE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE SA DINAMIQUE., 1980, Caen. **Anais...**Caen : UGI, 1980. p. 109-119.

MC GARIGAL, K.; MARKS, B.J. **FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure.** Portland: Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, 1995. 122 p.

MC HARG, I.L. **Design with nature.** New York: Doubleday, 1971.

MEDINA, E.; GARCIA, V.; CUEVAS, E. Sclarophylly and Oligotrophic environments: relationships between leaf structure, mineral nutrient content, and drought resistance in tropical rain forests of the upper Rio Negro region. **Biotropica**, n. 22, p. 51-64, 1990.

MEIS, M.R.M.; COELHO NETTO, A.L.; OLIVEIRA, P.T.T.M. Ritmo e variabilidade das precipitações no vale do rio Paraíba do Sul: o caso de Resende. **Revista de Hidrologia e Recursos Hídricos**, v. 1, n. 3, p. 43-51, 1981.

MELO, M.M.R.F. **Demografia de árvores em floresta pluvial tropical atlântica, ilha do Cardoso, SP, Brasil.** São Paulo, 2000. 120 f. Tese (Doutorado em Ecologia) - Programa de Pós-Graduação em ecologia, USP.

MENDONÇA, F.A. **O clima e o planejamento urbano de cidades de porte médio e pequeno: proposição metodológica para o estudo e sua aplicação à cidade de Londrina/PR.** São Paulo, 1994. 322 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, USP.

_____ Abordagem interdisciplinar da problemática ambiental urbano-metropolitana: esboço metodológico da experiência do doutorado em MA&D da UFPR sobre a RMC- Região Metropolitana de Curitiba. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, n. 3, p. 79-95, 2001.

MENEZES, C.L. **Desenvolvimento urbano e meio ambiente: a experiência de Curitiba.** Campinas: Papirus, 1996.

MESQUITA, R.G.; DELAMONICA, P.; LAURANCE, W.F. Effect of surrounding vegetation on edge related tree mortality in Amazonian forest fragments. **Biological Conservation**, v. 91, n. 2-3, p. 129-134, 1999.

METZGER, J.P. Estrutura da paisagem: o uso adequado de métricas. in: CULLEN JR., L.; RUDRAN, R.; VALLADARES-PADUA, C. (Orgs.). **Métodos de estudos em Biologia da Conservação & Manejo da Vida Silvestre..** Curitiba: UFPR, 2004. 16. p. 423-451.

METZGER, J.P. Delineamento de experimentos numa perspectiva de ecologia da paisagem. in: CULLEN JR., L.; RUDRAN, R.; VALLADARES-PADUA, C. (Orgs.). **Métodos de estudo em biologia da conservação & manejo da vida silvestre.** Curitiba: UFPR, 2004a. 20. p. 539-553.

MIRANDA, J.C. **Intercepção das chuvas pela vegetação florestal e serrapilheira nas encostas do Maciço da Tijuca: Parque Nacional da Tijuca, RJ.** Rio de Janeiro, 1992. 100 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, UFRJ.

MONTEIRO, C.A.F. Geografia e ambiente. **Orientação**, São Paulo, n. 5, 1984.

_____ A climatologia do Brasil ante a renovação atual da Geografia: um depoimento. **Métodos em Questão**, São Paulo, n. 6, 1973.

_____ **Clima e excepcionalismo: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico.** Curitiba: UFPR, 1991.

_____ **Teoria e clima urbano.** São Paulo: USP, 1976. (Série Teses e Monografias.) v. 25.

_____ **A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo.** São Paulo: USP, 1973.

_____ **Geossistemas: a história de uma procura.** São Paulo: Contexto, 2000.

MONTEZUMA, R.C.M. **Produção e reabilitação funcional do piso florestal de cicatriz de deslizamento- Parque Nacional da Tijuca, Rio de Janeiro** Rio de Janeiro, 2005. 290 f. Tese (Doutorado em geografia) - PPGG-IGEO, UFRJ.

MORAES, R.M.; DELITTI, W.B.C. Produção e retorno de nutrientes via serapilheira foliar de *Euterpe edulis* Mart. em Mata Atlântica de encosta, Ilha do Cardoso, SP. **Naturalia**, n. 21, p. 57-62, 1996.

MOREIRA LIMA, A.C. **Política pública de proteção aos mananciais.** São Paulo, 1990. Dissertação (Mestrado em Urbanismo) - FAU, USP.

MOREIRA, I.C. Fractais. in: NUSSENZVEIG, H.M. (Org.). **Complexidade & Caos.** Rio de Janeiro: UFRJ, 2003. p. 51-82.

MOULIN, D.X. **Caracterização do uso do solo em duas áreas de ocupação urbana diferenciada no Maciço da Tijuca- Rio de Janeiro- RJ** Rio de Janeiro, 2005. Monografia (Conclusão do Curso de Geografia) - IGEO, UFRJ.

MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Tree**, v. 10, n. 2, p. 58-62, 1995.

MYERS, N. Threatened biotas: "hotspots". **Tropical Forests. Environmentalist**, n. 8, p. 187-208, 1988.

NAESS, A. A defense of deep ecology movement. **Environmental Ethics**, n. 6, 1984.

NEBEL, B.J.; WRIGHT, R.T. **Ciencias ambientales. Ecologia y desarrollo sostenible.** Cidade do México: Prentice-Hall, 1999. 698 p.

NEEF, E. Applied landscape research. **Applied Geography and Development**, Tübiengen, n. 29, p. 44-72, 1987.

NEPSTAD, D.C. The role of deep roots in the hydrological and carbon cycles of Amazonian forests and pastures. **Nature**, n. 372, p. 666-669, 1994.

NERY, J.T.; ANDRADE, A.R.; CARFAN, A.C. Relação da precipitação na bacia do Ivaí com a variabilidade interanual. **Geo UERJ**, Rio de Janeiro, n. Nº Especial, p. 1-8, 2003.

NEUMANN, J.A. A importância da cobertura florestal para o ecossistema e para a sociedade. **Boletim Gaúcho de Geografia**, n. 17, p. 3-15, 1989.

NICOTRA, A.B.; CHAZDON, R.L.; IRIARTE, S.V.B. Spatial heterogeneity of light and woody seedling regeneration in tropical wet forests. **Ecology**, n. 80, p. 1908-1926, 1999.

NIMER, E. Análise dinâmica da precipitação pluviométrica na região serrana do SE do Brasil, especialmente na Serra do Mar. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, n. 33, p. 55-162, 1971.

NOBRE, C.A. Alterações climáticas globais e suas implicações para o Brasil. **Revista Brasileira de Energia**, n. especial, p. 1-36, 1992.

NOBRE, P.; SHUKLA, J. Variations of sea surface temperature, wind stress, and rainfall over the tropical Atlantic and South America. **Journal of Climate**, v. 10, n. 9, p. 2464-2479, 1996.

O'CONNOR, P.J.; COVICH, A.P.; SCATENA, F.N.; LOOPE, L.L. Non-indigenous bamboo along headwater streams of the Luquillo Mountains, Puerto Rico: leaf fall,

aquatic leaf decay and patterns of invasion. **Journal of Tropical Ecology**, n. 16, p. 499-516, 2000.

O'NEILL, R.V. Hierarchy theory and global change. in: ROSSWALL, T.; WOODMANSEE, R. G.; RISSER, P. G. (Eds.). **Scales and global change.** Londres: John Wiley & Sons, 1988. p. 29-45.

ODUM, E.P. **Ecologia.** Rio de Janeiro: Interamericana, 1985.

OKE, T.R. **Boundary layer climates.** Londres: Mathuen, 1987.

OLFF, H.; RITCHIE, M.E. Fragmented nature: consequences for biodiversity. **Landscape and Urban Planning**, n. 58, p. 83-92, 2002.

OLIVEIRA, R.J. **Dinâmica de plântulas e estrutura da Mata Atlântica Secundária de encosta, Peruíbe, SP.** São Paulo, 1999. 125 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Instituto de Biociências, USP.

OLIVEIRA, R.R. **Produção e decomposição de serapilheira no Parque Nacional da Tijuca- Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro, 1987. 107 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - PPGG, UFRJ.

_____ **O rastro do homem na floresta: sustentabilidade e funcionalidade da Mata Atlântica sob manejo caiçara.** Rio de Janeiro, 1999a. 150 f. Tese (Doutorado em Geografia) - PPGG, UFRJ.

OLIVEIRA, R.R.; LACERDA, L.D. Produção e composição química da serapilheira na Floresta da Tijuca-RJ **Revista Brasileira de Botânica**, n. 16, p. 93-99, 1993.

OLIVEIRA, R.R.; ZAÚ, A.S.; LIMA, D.F.; RODRIGUES, H.C.; AMORIM, H.B. Formulação de custos ambientais no Maciço da Tijuca (Rio de Janeiro, Brasil). **Oecologia Brasiliensis**, v. 1, p. 557-568, 1995.

OLIVEIRA, R.R.; ZAÚ, A.S.; LIMA, D.F.; SILVA, M.B.R.; VIANNA, M.C.; SODRÉ, D.O.; SAMPAIO, P.D. Significado ecológico da orientação de encostas no Maciço da Tijuca, Rio de Janeiro. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 1, p. 523-541, 1995a.

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

PAGANO, S.N. Produção de folhedo em mata mesófila semidecídua no Município de Rio Claro, São Paulo. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 49, p. 633-639, 1989.

PATON, P.W.C. The effect of edge on avian nest success: How strong is the evidence? **Conservation Biology**, n. 8, p. 17-26, 1994.

PEIXOTO, J.P; OORT, A. H. **Physics of climate.** New York: American Institute of Physics., 1991.

PELLENS, R. **Fragmentação florestal em Mata Atlântica de Tabuleiros: os efeitos da heterogeneidade da paisagem sobre a diversidade de artrópodos edáficos.** Rio de Janeiro, 2002. 201 f. Tese (Doutorado em Geografia) - CCMN- IGEO, UFRJ.

PEREIRA, G. A natureza (dos) nos fatos urbanos: produção do espaço e degradação ambiental. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, n. 3, p. 33-51, 2001.

PEREIRA, M.R.M. De árvores e cidades. in: SOLLER, M.A.; MATOS, I.S. (Orgs.). **A cidade em debate.** São Paulo: Olho D'água, 1999. p. 11-48.

PERLOFF, H.S. (Ed.). **The quality of the urban environment: essays on "new resources" in an urban age.** Washington: Resources for the Future Inc., 1967.

PHILANDER, S.G.; FEDOROV, A. Is El Niño sporadic or cyclic? **Annu. Rev. Earth Planet Sci.**, n. 31, p. 579-594, 2003.

PICKETT, S.T.A. Urban ecological systems: linking terrestrial ecological, physical and socioeconomic components of metropolitan areas. **Annual Review Ecological Systems**, n. 32, p. 127-157, 2001.

PINTO, N.L.S. **Hidrologia básica.** São Paulo: Edgard Blücher, 1976.

PLÁ, M.T.B.; VILÁS, J.R. Clasificación por dominancia de elementos. in: BOLÓS Y CAPDEVILA, M. (Org.). **Manual del ciencia del paisaje: teoría, métodos y aplicaciones..** Barcelona: Masson, 1992. p. 69-80.

PMRJ- PREFEITURA MUNICIPAL DO RIO DE JANEIRO. **Meio ambiente e sustentabilidade** Rio de Janeiro: PMRJ, 2001. (Rio Estudos.) v. 9.

_____ **Evolução da área reflorestada no Município do Rio de Janeiro entre 1987 e 2001** Disponível em: <www.armazemdedados.rio.rj.gov.br> Acesso em: 15 dez. 2004.

_____ **Florestas Urbanas** Rio de Janeiro: PMRJ, 2004. (Rio Estudos.) v. 137.

_____ **Relatório ambiental urbano integrado.** Rio de Janeiro: PMRJ, 2002.

PNUD - PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE. **Guia metodológica de capacitación en gestión ambiental urbana.** Santiago de Los Caballeros (Equador): CEUR/PUCMM, 1997.

PNUMA - PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE. **Perspectivas do meio ambiente mundial - 2002: Geo 3, passado, presente e futuro.** Brasília: IBAMA, 2004.

POCINHO, M.; FIGUEIREDO, J.P. **Estatística e bioestatística.** Lisboa: EDUTEC, 2004. 139 p.

POGGIANI, F.; OLIVEIRA, R.E.; CUNHA, G.C. Práticas de ecologia florestal. **Documentos Florestais**, Piracicaba, n. 16, p. 1-44, 1996.

PONTES, B.M.S. **Brasil: o Estado planejador e as políticas nacionais de urbanização 1937-1979.** São Paulo, 1983. 2 V. f. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, USP.

POVEDA, G; MESA, O.J. Feedbacks between hydrological processes in tropical South America and large-scale ocean-atmospheric phenomena. **Journal of Climate**, v. 10, n. 10, p. 2690-2702, 1997.

PRIMACK, R.B.; RODRIGUES, E. **Biologia da conservação.** Londrina: E. Rodrigues, 2001.

PROCTOR, J.; ANDERSON, J.M.; FOGDEN, S.C.L. ET AL. Ecological studies in four contrasting lowland rain forests in Gunung Mulu National Park, Sarawak. II- Forest environment, structure and floristics. **Journal of Ecology**, v. 71, n. 1, p. 237-260, 1983.

PUTZ, F.E. The natural history of lianas on Barro Colorado Island, Panama. **Ecology**, n. 65, p. 1713-1724, 1984.

RADAMBRASIL. **Projeto RADAMBRASIL. Levantamento de recursos naturais.** Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia, 1983. 775 p. (Folhas SF.23/24, Rio de Janeiro/Vitória.) v. 32.

REBELO, C.F. **Ciclagem de nutrientes minerais em floresta pluvial tropical de encosta e em floresta sobre restinga na ilha do Cardoso, Cananéia, São paulo: decomposição da serrapilheira.** São Paulo, 1994. 133 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Programa de Pós-Graduação em Ecologia, USP.

REGANOLD, J.P.; CHRISTENSEN, G.R. Boundary review boards: a legislative approach to manage growth conflicts in the urban fringe in Washington State. **Landscape and Urban Planning**, n. 13, p. 183-197, 1986.

REICHARDT, K. **Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera.** 3ª ed. São Paulo: USP-CNEN/Fundação Cargill, 1975.

REZENDE, V. **Planejamento urbano e ideologia.** Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1982.

RIBEIRO, L.C.Q. **Segregação, desigualdade e habitação: a metrópole do Rio de Janeiro.** Artigo submetido à ANPUR.1999

RIBEIRO, M.A. **Ecologizar. Pensando o ambiente humano.** Belo Horizonte: Rona, 1998.

RIMBERT, S. Approches des paysages. **L'Espace Géographique**, Paris, n. 3, p. 233-

241, 1973.

RISSER, P.G. Toward a holistic management perspective. **Bioscience**, v. 35, n. 7, p. 414-418, 1985.

RISSER, P.G.; KARR, J.R.; FORMAN, R.T.T. Landscape Ecology: directions and approaches. **Illinois Natural History Survey Special Publication.**, n. 2, 1984.

RIZZINI, C.M. **Diversidade funcional do estrato arbóreo como indicador do *status* da biodiversidade em Floresta Atlântica de Tabuleiros (Linhares-ES)** Rio de Janeiro, 2000. 149 f. Tese (Doutorado em Geografia) - IGEO-PPGG, UFRJ.

RIZZINI, C.T. **Tratado de fitogeografia do Brasil.** São Paulo: Hucitec/ EDUSP, 1979.

ROCHA LEÃO, O.M. **Potencialidades e limitações da revegetação no controle da hidrologia e erosão dos solos.** Rio de Janeiro, 1997. Dissertação (Mestrado em Geografia) - PPGG, UFRJ.

ROCHA, C.H.; SOUZA, M.L.P.; MILANO, M.S. Ecologia da paisagem e manejo sustentável dos recursos naturais. **Geografia**, Rio Claro, v. 22, n. 2, p. 57-79, 1997.

RODRIGUES, E. **Edge effects on the regeneration os forest fragments in south Brazil.** Cambridge, 1998. Thesis (Degree of Doctor of Philosophy in the subject of Biology – Harvard).

ROOVERS, P.; HERMY, M.; GULINCK, H. Visitors profile, perceptions and expectations in forests from a gradient of increasing urbanization in central Belgium. **Landscape and Urban Planning**, n. 59, p. 129-145, 2002.

ROSAS, R.O. **Formação de solos em ambiente florestado, maciço da Tijuca, RJ.** Rio de Janeiro, 1991. 103 f. Dissertação (Mestrado em geografia) - PPGG, UFRJ.

ROUGERIE, G.; BEROUTCHACHVILI, N. **Gèosystèmes et paysages: bilan et méthodes.** Paris: Armand Colin, 1991.

SACHS, I. Estratégias de transição para o século XXI. in: BURSZTYN, M. (Org.). **Para Pensar o Desenvolvimento Sustentável.** 2ª ed. São Paulo: Brasiliense, 1994. p. 29-56.

SALDARRIAGA, J.G.; WEST, D.C.; THARP, M.L.; UHL.C. Long-term chronosequence of forest succession in the upper Rio Negro of Colombia and Venezuela. **Journal of Ecology**, n. 76, p. 938-958, 1988.

SAMPAIO, P.D. **Florística e estrutura de Floresta Secundária- Reserva Biológica Estadual da Praia do Sul. Ilha Grande, RJ.** São Paulo, 1997. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - DEC-IB, USP.

SANFORD, R.L. Root systems of three adjacent, old growth Amazon forests and associated transition zones. **Journal of Tropical Forest Science**, n. 3, p. 268-279, 1989.

SANT'ANNA NETO, J.L. **As chuvas no Estado de São Paulo: contribuição ao estudo da variabilidade climática e tendência da pluviosidade na perspectiva da análise geográfica.** São Paulo, 1995. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, USP.

SANTANA, C.A.A. **Estrutura e florística de fragmentos de florestas secundárias de encosta no município do Rio de Janeiro.** Seropédica, 2002. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) - Instituto de Florestas, UFRRJ.

SANTOS, M. A redescoberta da natureza. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 6, n. 14, p. 95-106, 1992.

_____ **Espaço & método.** São Paulo: Nobel, 1985.

_____**Natureza do espaço: Técnica e tempo. Razão e emoção**. São Paulo: Hucitec. 308p. 1996.

SANTOS, N. Contribuição ao estudo da flora existente no Parque Nacional da Tijuca. **Rodriguesia**, v. 31, n. 51, p. 71-126, 1979.

SATO, J. **Mata Atlântica: direito ambiental e a legislação.** São Paulo: Hemus, 1995.

SAUNDERS, S.C.; MISLIVETS, M.R.; CHEN, J.; CLELAND, D.T. Effects of roads on landscape structure within netted ecological units of the Northern Great Lakes Region, USA. **Biological Conservation**, n. 5, p. 18-32, 1991.

SCARIOT, A.; FREITAS, S.R.; NETO, E.M.; NASCIMENTO, M.T.; OLIVEIRA, L.C.; SANAIOTTI, T.; SEVILHA, A.C.; VILLELA, D.M. Vegetção e flora. in: RAMBALDI, D.M.; OLIVEIRA, D.A.S. (Orgs.). **Fragmentação de ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas.** Brasília: MMA, 2003. 4. p. 103-123.

SCATENA, F.N. El bosque neotropical desde una perspectiva jerárquica in: GUARIGUATA, M.R.; KATTAN, G.H. (Orgs.). **Ecología y conservación de bosques neotropicales..** Cartago: LUR, 2002. Cap.1. p. 23-41.

SCHEINER, T.C.H. Ocupação humana no Parque Nacional da Tijuca: aspectos gerais. **Brasil Florestal**, v. 7, n. 28, p. 3-27, 1976.

SCHLEE, M.B. **Landscape change along the Carioca River, Rio de Janeiro, Brazil.** Pennsylvania, 2002. 242 f. Dissertação (Mestrado em Landscape Architecture) - Pennsylvania State University.

SCOSS, L.M. **Efeito de borda e suas conseqüências para a conservação de remanescentes de florestas tropicais: uma revisão.** Texto inédito. 2003.

SCOTT, D.A.; PROCTOR, J.; THOMPSON, J. Ecological studies on a lowland evergreen rain forest on Marca Island, Roraima, Brazil. II- Litter and nutrient cycling.

Journal of Ecology, v. 80, n. 4, p. 705-717, 1992.

SERRES, M. **O contrato natural.** Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1991.

SETTI, A.A. **A necessidade do uso sustentável dos recursos hídricos.** Brasília: IBAMA, 1996.

SHONEWALD-COX, C.M. Boundaries in the protection of nature reserves. **Bioscience**, n. 38, p. 480-486, 1988.

SILVA FILHO, N.L. **Recomposição da cobertura vegetal de um trecho degradado da Serra do Mar, Cubatão, SP.** Campinas: Fundação Cargill, 1988. 53 p.

SILVA, F.L.M.; PIMENTEL, J.; FREITAS, A.C.N. **Inventário de escorregamentos no Estado do Rio de Janeiro.** Brasília: CPRM, 2000. 24 p.

SILVA, L.C.; CUNHA, H.C.S. **Geologia do Estado do Rio de Janeiro.** Brasília: CPRM, 2001. 93 p. (Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil.)

SILVA, M.A. Entre a Arcádia e os Jardins do Éden: a América, as vastidões selvagens e a domesticação da natureza. in: SALGUEIRO, H.A. (Coord.). **Paisagem e arte.** São Paulo: CBHA/CNPq/FAPESP, 2000. p. 191-194.

SILVA, N.R.S. **Florística e estrutura horizontal de uma floresta estacional semidecidual montana- Mata do Juquinha de Paula, Viçosa, MG** Viçosa, 2002. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - PPGCF, UFV.

SILVA, R.M. Do poço do Cara de Cão à adutora do Guandu. **Revista de Engenharia do estado da Guanabara**, p. 5-25, Jan-Mar 1965.

SIRKIS, A. **Ecologia urbana e poder local.** Rio de Janeiro: Onda Azul, 1999. 316 p.

SOARES JR., F.J. **Composição florística e estrutura de um fragmento de Floresta estacional Semidecidual na Fazenda Tico-Tico, Viçosa, MG.** Viçosa, 2000. 68 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) - UFV.

SOLECKI, W.D.; WELCH, J.M. Urban parks: green spaces or green walls? **Landscape and Urban Planning**, n. 32, p. 93-106, 1995.

SOUZA, L.B. **Chuvas e escorregamentos na região noroeste da área urbana de Juiz de Fora- MG: uma abordagem genética em climatologia.** Rio Claro, 2003. Dissertação (Mestrado em geografia) - PPGG, UnESP.

SPIRN, A.W. **O jardim de granito.** São Paulo: EdUSP, 1995. 345 p.

STANVLIET, R.; JACKSON, J.; DAVIS, G.; SWARDT, C.; MOKHOELE, J.; THOM, Q.; LANE, B.D. The UNESCO Biosphere Reserve Concept as a Tool for Urban Sustainability. The CUBES Cape Town Case Study. in: ALFSEN-NORODOM, C.; LANE, B.D.; CORRY, M. (Eds.). **Urban Biosphere and Society. Paternship of cities.** New York: The New York

Academy of Sciences, 2004. p. 80-104.

STEVENS, G.C. Lianas as estructural parasites: the *Bursera sirnaruba* example. **Ecology**, n. 68, p. 77-81, 1987.

STÖHR, A. Ética e ecologia: um levantamento sobre os fundamentos normativos da ética ambiental. in: NOBRE, M.; AMAZONAS, M.C. (Org.). **Desenvolvimento Sustentável: a institucionalização de um conceito..** Brasília: IBAMA, 2002. p. 315-342.

STRAHLER, A.N.; STRAHLER, A.H. **Geografía física.** 3ª ed. Barcelona: Omega, 1997.

STUDZINSKI, C.D.S. **Um estudo da precipitação na região sul do Brasil e sua relação com os Oceanos Pacífico e Atlântico Tropical e Sul.** São José dos Campos, 1995. Tese de doutorado - INPE.

SWAINE, M.D.; LIEBERMAN, D.; PUTZ, F.E. The dynamics of tree populations in tropical forest: a review. **Journal of Tropical Ecology**, n. 3, p. 359-369, 1987.

SWIFT, M.J. Decomposition and mineral-nutrient dynamics of plant litter in a regenerating buch-fallow in sub-humid tropical Nigeria. **Journal of Ecology**, v. 69, n. 3, p. 981-985, 1981.

SWIFT, M.J.; HEAL, O.W.; ANDERSON, J.M. **Decomposition in terrestrial ecosystems.** Berkley: Univesity of California Press, 1979.

TABANEZ, A.A.J.; VIANA, V.M.; DIAS, A.S. Conseqüências da fragmentação e do efeito de borda sobre a estrutura, diversidade e sustentabilidade de um fragmento de floresta de planalto de Piracicaba, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 57, n. 1, p. 47-60, 1997.

TABARELLI, M; MANTOVANI, W.; PERES, C.A. Effects of habitat fragmentation on plant guild structure in the montane Atlantic forest of southeastern Brazil. **Biological Conservation**, n. 91, p. 119-127, 1999.

TANIZAKI, K. **Impacto do uso do solo no estoque e fluxo de carbono na área de domínio da Mata Atlântica: Estudo de caso, Estado do Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro, 2000. Tese (Doutorado em Geoquímica Ambiental) - UERJ.

TANIZAKI, K; MOULTON, T.P. A fragmentação da Mata Atlântica no estado do Rio de Janeiro e a perda da biodiversidade in: **A fauna ameaçada de extinção do Estado do Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro: EdUERJ, 1998.

TANNER, E.V.J. The decomposition of leaf litter in Jamaican montane rain forests. **Journal of Ecology**, v. 69, n. 1, p. 263-275, 1981.

TAVARES, A.C. Mudanças climáticas. in: VITTE, A.C.; GUERRA, A.J.T. (Orgs.). **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. p. 49-88.

THOMPSON, L.G.; MOSLEY-THOMPSON, E.; BOLZAN, J.F.; KOCI, R.B. A 1500-year record of tropical precipitation in ice cores from the Quelccaya ice cap, Peru. **Science**, n. 229, p. 971-973, 1985.

TOLEDO, L.O.; PEREIRA, M.G.; MENEZES, C.E.G. Produção de serapilheira e transferência de nutrientes em florestas secundárias localizadas na região de Pinheiral, RJ. **Ciência Florestal**, v. 12, n. 2, p. 9-16, 2002.

TROLL, K. El paysage geografico y su investigacion. in: MENDOZA, J.G.; JIMÉNEZ, J.M.; CANTERO, N. (Eds.). **El pensamiento geográfico: estúdio interpretativo y antología de textos (de Humboldt a las tendências radicales).** Madrid: Alianza Editorial, 1982. p. 323-329.

TURNER, I.M. Sclerophylly: primarily protective? **Functional Ecology**, n. 8, p. 669-675, 1994.

TURNER, M. G.; ROMME, W. H.; GARDNER, R. H.; O'NEILL, R. R. & KRATZ, T. K. Predicting across scales: theory development and testing. **Landscape Ecology**, v. 8, n. 3, p. 213-227, 1993.

TURNER, M.; O'NEILL, R.V.; GARDNER, R. H.; MILNE, B.T. Effects of changing spatial scale on the analysis of landscape pattern. **Landscape Ecology**, v. 3, n. 3/4, p. 153-162, 1989.

TURNER, M.G. Landscape ecology: the effect of pattern on process. **Annu. Rev. Ecol. Syst.**, n. 20, p. 171-191, 1989.

TURTON, S.M.; DUFF, G.A. Light environments and floristic composition across an open forest-rainforest boundary in northeastern Queensland. **Australian Journal of Ecology**, n. 17, p. 415-423, 1992.

UHL, C.; BUSCHBACHER, R.; SERRÃO, E.A.S. Abandoned pastures in eastern Amazonia. I. Patterns of plant sucession. **Journal of Ecology**, v. 76, n. 3, p. 663-681, 1988.

UNESCO- ORGANIZAÇÃO DAS NÃÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E CULTURA. **Resolviendo el rompecabezas. El enfoque por ecosistemas y las reservas de biosfera.** Paris: UNESCO, 2001.

UNESCO. **Biosphere reserves. On-ground testing for sustainable development.** Paris: UNESCO, 2002.

VALENTE, R.O.A. **Análise da estrutura da paisagem na bacia do rio Corumbataí, SP.** São Paulo, 2001. 161 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - ESALQ, USP.

VAN DEN BERG, E.; SANTOS, F.A.M. Aspectos da variação ambiental em uma floresta de galeria em Itutinga, MG, Brasil. **Ciência Florestal**, v. 13, n. 2, p. 83-98,

2003.

VASCONCELOS, H.L. Respostas das formigas à fragmentação florestal. **Série Técnica IPEF**, v. 12, n. 32, p. 95-98, 1998.

VIANA, V.M.; TABANEZ, A,J,A,; BATISTA, J.L.F. Dynamics and restoration of forest fragments in the Brazilian Atlantic moist forest. in: LAURANCE, W.F.; BIERREGAARD, R.O. (Eds.). **Tropical forest remnants: ecology, management and conservation of fragmented communities.** Londres: University Chicago Press, 1997.

VITOUSEK, P.M.; TURNER, D.R.; KITAYAMA, K. Foliar nutrients during long-term soil development in Hawaiian montane rain forest. **Ecology**, v. 76, n. 3, p. 712-720, 1995.

VUONO, Y.S. Inventário fitossociológico in: SYLVESTRE, L.S.; ROSA, M.M.T. (Orgs.). **Manual metodológico para estudos botânicos na Mata Atlântica.** Seropédica: Editora da UFRRJ, 2002.

WALSH, R.P.D. Climate. in: RICHARDS, P.W. (Org.). **The Tropical Rain Forest.** Cambridge: University Press, 1996. p. 159-205.

WALTER, H. **Vegetação e zonas climáticas.** São Paulo: EPU, 1986. 326 p.

WANG, G; SCHIMEL, D. Climate change, climate models and climate impacts. **Annu. Rev. Environ. Resour.**, n. 28, p. 1-28, 2003.

WELDEN, C.W.; HEWETT, S.W.; HUBBELL, S.P.; FOSTER, R.B. Sapling survival, growth and recruitment: relationship to canopy height in a neotropical forest. **Ecology**, v. 72, p. 35-50, 1991.

WERNECK, M.S.; PEDRALLI, G.; GIESEKE, L.F. Produção de serapilheira em três trechos de uma floresta semidecídua com diferentes graus de perturbação na Estação Ecológica do Tripuí, Ouro Preto, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 24, n. 2, p. 195-198, 2001.

WILLIAMS-LINERA, G. Vegetation structure and environmental conditions of forest edges in Panama. **Journal of Ecology**, n. 78, p. 356-373, 1990.

WILLIAMS-LINERA, G.; DOMÍNGUES-GASTELÚ, V.; GARCÍA-ZURITA, M.E. Microenvironment and floristic of different edges in a fragmented tropical rainforest. **Conservation Biology**, v. 12, p. 1091-1102, 1998.

WINDSOR, D.W. **Climate and moisture variability in a tropical forest: long-term records from Barro Colorado Island, Panama.** USA: Smithsonian Institute Press, 1990. (Smithsonian Contributions to Earth Science.) v. 29.

WITHMORE, T.C. Tropical forest disturbance disappearance, and species loss. in: LAURANCE, W.F.; BIERREGARD JR., R.O. (Orgs.). **Tropical forest remnants: ecology, management, and conservation fragmented communities.** Chicago: University

Chicago Press, 1997. p. 5-32.

WMO- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **Climatic change.** New York, 1995. 79 p. Technical Note Nº 79, WMO - Nº 195.TP100.

YAHNER, R.H. Changes in wildlife communities near edges. **Conservation Biology**, n. 2, p. 4, 333-339 1988.

YOUNG, A.; MITCHELL, N. Microclimate and vegetation edge effects in a fragmented podocarp-broadleaf forest in New Zealand. **Biological Conservation**, n. 67, p. 63-72, 1994.

ZAÚ, A.S. **Variação da cobertura vegetal e efeitos na hidrologia superficial: Maciço da Tijuca, RJ.** Rio de Janeiro, 1994. Dissertação (mestrado em Geografia) - PPGG, UFRJ.

_____ Fragmentação da Mata Atlântica: aspectos teóricos. **Floresta e Ambiente**, v. 5, n. 1, p. 160-170, 1998.

ZOTS, G.; ANDRADE, J.L. 2002. La ecología y la fisiologia de las epífitas y las hemiepífitas. In: GUARIGUATA, M.R.; KATTAN, G.H. (Orgs.) 2002. **Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales**. Cartago: Ediciones LUR. p.271-296

ANEXO 1

CRONOLOGIA DOS EVENTOS LIGADOS À UTILIZAÇÃO DOS MANANCIAIS NA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO: ABASTECIMENTO PÚBLICO, DESASTRES NATURAIS E CONSERVAÇÃO FflorestAL

○	OCORRÊNCIA DE SECAS
●	OCORRÊNCIA DE ENCHENTES
	REALIZAÇÃO DE OBRAS
○	MEDIDAS POLÍTICAS

DATA	REGISTRO	
1565	Desembarcando na enseada "Cara de Cão" (entre a Urca e o Pão de Açúcar), tratou, Estácio de Sá, de providenciar a abertura de um poço para o abastecimento da futura cidade, cuja água foi considerada "em termos de se poder beber".	
1567	A água a ser consumida pela cidade passa a ser transportada em vasilhas por escravos e índios aguadeiros, que as revendiam no centro da cidade.	No dia 1º de março, Mem de Sá a cidade velha é abandonada e transferida para o Morro do Castelo, d'onde se passa a utilizar a água da foz do rio Carioca. ○
1613	Seguindo-se a uma grande precipitação no mês de janeiro, a cidade foi assolada por 96 dias de seca, colocando em evidência a necessidade de se repensar o sistema de abastecimento de água. ○	Desde 1602 cogitava-se um imposto para trazer a água do rio Carioca até o Campo de Nossa Senhora da Ajuda (atual Cinelândia) ○
1617-1620	No governo de Rui Vaz Pinto, foi criado um imposto sobre o vinho, a fim de tentar canalizar as águas do rio Carioca até o Campo de Santo Antônio (atual Largo da Carioca). Apesar disso, as obras nem foram iniciadas. ○	
1657-1720	Realização da obra de captação da água do Carioca no Morro do Desterro (atual Santa Tereza) e transporte até o Campo da Ajuda, onde se edificou um chafariz provisório.	Para sustentação financeira da obra, somou-se ao imposto do vinho, a metade das rendas das despesas da justiça. ○
1711	Inundação com registro de vítimas ●	Data desta época a construção de uma das cisternas mais antigas da cidade, no Convento de Santo Antônio.

1723	Enviado de Lisboa um chafariz de mármore, com 16 bocas de bronze, instalado no Campo de Santo Antônio (atual Largo da Carioca).	As brigas constantes nas filas da água obrigaram a criação de uma sentinela para o chafariz. Nascia daí a Rua da Guarda Velha (atual 13 de Maio)
1733	As águas que escorriam das torneiras do chafariz, deixadas abertas, empoçavam e passaram a exigir um canal de drenagem para o mar. Nascia daí a Rua da Vala (atual Uruguaiana). Neste ano também foram construídos tanques para lavagem de roupa, ao pé do chafariz do Carioca, em atenção à carta-régia de 1725, que assim determinava. Ainda nesse período, o governador Gomes Freire de Andrada mandou construir o reservatório da carioca, ao que chamou "Mãe D'água", no início do aqueduto, em Santa Tereza. Além disso, tratou-se de construir um novo chafariz no centro da Praça do Carmo (atual Praça 15).	
1744	Construção do novo aqueduto da Carioca, com dupla arcaria de pedra e cal, abandonando o antigo traçado sinuoso e trazendo a água diretamente do Morro do Desterro ao de Santo Antônio.	
1756	Inundação em toda a cidade; desabamento de casas com vítimas.	
1760-1770	Desvio de parte da água do aqueduto da Carioca para abastecer o chafariz da Glória.	
1770	Busca de novas fontes de captação, com a incorporação ao encanamento da Carioca das águas dos riachos Lagoinha, Silvestre e Caboclas.	
1785	O vice-rei D. Luiz e Vasconcelos ordena a construção do chafariz das Marrecas (o nome se originou das Marrequinhas de bronze, de cujos bicos jorrava a água do chafariz), localizado na atual rua Evaristo da Veiga e, depois, a Fonte dos Amores (no atual Passeio Público), ambos alimentados pelas águas do Carioca.	
1786	Captação das águas do riacho Catumbi e canalização até o chafariz do Lagarto (devido a um lagarto de bronze, de onde golfava a água do chafariz), localizado na atual rua Frei caneca.	
1800-1808	Têm início as obras de captação do rio Maracanã. Durante o vice-reinado do Conde de Rezende (1790-1801), a cidade ganhou mais dois chafarizes: o das Saracuras (no Largo da Ajuda, atual Cinelândia) e o do Largo do Moura (nas proximidades do atual Museu Histórico Nacional).	A captação de água ainda não é suficiente para garantir a regularidade do abastecimento nos períodos de estiagem. Decide-se pela busca de novas fontes, ainda na área do Maciço.
1809	A grande seca deste ano é tremendamente agravada pela chegada de mais de 20.000 pessoas junto com a família real, no ano anterior.	Captação das águas do Rio Comprido, ligando-o ao aqueduto do Catumbi, e construção de um encanamento com calhas de madeira para levar parte da água ao Campo de Santana, onde foi construído um chafariz provisório ("chafariz das lavadeiras").	Diante da seca, um edital do Intendente de Polícia visava disciplinar o acesso ao chafariz da Carioca, e estabelecia algumas regulamentações para o uso da água na cidade.

1811	Como decorrência de sete dias de chuvas ininterruptas no mês de fevereiro, a cidade sofreu uma das suas maiores inundações, com desabamento de casas e soterramento de várias pessoas no Morro do Castelo. A enxurrada ficou conhecida como "*Água do Monte*"		Em virtude dos prejuízos com a enchente, o Príncipe Regente ordenou a realização de um estudo apurado pelo engenheiro João Manoel da Silva, que atribuiu à topografia montanhosa das encostas e à falta de drenagem na planície, as causas do acontecido.
1817	É dessa época a construção do Chafariz dos "Boiotas" (ao sopé do morro de Santo Antônio, atual rua Silva Jardim), e também a bica pública que o Desembargador Paulo Vianna fez levantar junto ao portão de uma chácara onde funcionava uma fábrica de Chitas, para suprir de água o bairro do Catete.		Decreto de D.João VI proíbe o corte de floresta em uma largura de três braças de terreno de cada lado do aqueduto da Carioca. Apesar disso, a demarcação só ocorreu, mesmo assim em parte, em 1823.
1818	Conclusão do encanamento provisório do Maracanã, incorporando-se ao sistema Rio Comprido-Catumbi, indo se depositar em uma caixa d'água próxima ao chafariz do Lagarto. Substituição do encanamento e chafariz provisórios que levavam água ao Campo de Santana, por obras definitivas.		
1821	Ao deixar o posto de Intendente Geral da Polícia, o Desembargador Paulo Vianna fez chegar ao atual Largo do Machado as águas do aqueduto da Carioca que passaram a abastecer, por um chafariz de madeira, com 4 torneiras, a população local.		
1824	Uma nova seca revelou que o reforço obtido no abastecimento d'água ainda estava longe de resolver os problemas da cidade		
1829	Nova seca assola a cidade do Rio de Janeiro	Em virtude da busca de novas fontes, teve início às obras para captação das águas do riacho Paineiras que, a partir de 1831, passaram a ser adicionadas ao aqueduto da Carioca. Como conseqüência, o antigo chafariz de pedra com 16 torneiras de bronze, foi substituído por um chafariz provisório, de madeira, com 40 torneiras e que logo se arruinou.	A intendência de polícia dá início à procura de fontes adicionais de água, resultando daí o "Plano Topográfico das Encostas da Serra da Lagoa de Freitas". Seu objetivo era encontrar nascentes d'água localizadas em plano superior ao do encanamento da Carioca
1830	Intensa campanha de arrecadação financeira junto à população, para acelerar as obras de captação de novos mananciais.		
	Mais uma seca atinge a cidade durante o verão	Foram localizadas mais seis nascentes na altura das paineiras, que foram reunidas e conduzidas	Os Juízes de Paz ordenaram que os proprietários de chácaras próximas ao

1833	No mês de setembro, um temporal deixa as ruas da cidade alagadas.	através de calhas de madeira ao encanamento da carioca. Neste mesmo ano foi construído um chafariz provisório próximo à rua Marquês de Olinda (Botafogo), oito anos mais tarde substituído por um chafariz de pedra, com 3 torneiras.	Maracanã franqueassem as suas fontes e poços para o abastecimento público. Neste ano uma companhia com capitais brasileiros e ingleses se candidatou a fazer chegar à água encanada nas residências, mas não foi bem sucedida.
1834	Com os temporais que atingiram a cidade entre março e abril, muitas ruas ficaram alagadas, com água pelos joelhos.	O segundo chafariz do Campo de Santo Antônio foi substituído por outro de pedra, com 35 torneiras de bronze, que resistiu até 1925, quando foi demolido.	
1837	Nos anos de 1833 e 1837, o governo imperial criou duas "reservas florestais" na Serra da Tijuca, aparentemente sem efeito prático.		
1839	Construção do Chafariz do Largo de Santa Rita (atual rua Marechal Floriano)		
1841	Substituição do chafariz colonial do Largo do Mata-Porcos (atual Estácio de Sá) por outro, de pedra. No ano anterior, Sebastião da Costa Aguiar aperfeiçoou o comércio de águas da cidade, criando uma frota de carroças com duas rodas puxadas por um burrico. Cada carroça carregava uma pipa que levava aos consumidores a "boa água do vintém", proveniente da chácara de mesmo nome, situada no final da atual rua Aguiar.		
1843	Forte e prolongada seca	O abastecimento d'água chegou ao seu limite, e as autoridades determinaram que se buscasse água nos navios ancorados na Baía da Guanabara. Uma Comissão criada pelo governo imperial para sugerir medidas definitivas contra a seca propôs que se providenciasse com urgência a preservação das matas ainda existentes nas montanhas das Paineiras e da Tijuca	
1844	A cidade foi atingida por uma grave seca	O governo determina que sejam punidas as pessoas que realizam desmatamentos junto às áreas de nascente e ao longo dos respectivos encanamentos. Ordenava também a desapropriação de terrenos (que só passou a ser implementada em 1855-6) e a recuperação de áreas desmatadas, além de solicitar um plano de encanamento definitivo para o rio Maracanã.	
1845	Entre 1845 e 1848, o governo imperial iniciou um programa emergencial de replantio de árvores em terras particulares na Tijuca.		

1846	Inauguração do chafariz do Rocio Pequeno (atual Praça 11). Nesta mesma época construiu-se o Chafariz da Ponte dos Marinheiros que, pelas suas 8 torneiras, representava uma aguada segura para quem penetrasse pelo braço de mar que hoje constitui a parte final do Canal do Mangue.	Fica pronto o "Primeiro Levantamento Hidrostático do Maciço da Tijuca", indicando todos os encanamentos, aquedutos, chafarizes, fontes, córregos, minas e mananciais aí existentes.
1850	Entra em funcionamento o novo encanamento do Maracanã, ampliando consideravelmente o abastecimento d'água. A água chega a diversos bairros centrais que até então eram pouco abastecidos: Gamboa, Saco do Alferes, Praia Formosa, Saúde e Prainha.	
1851	Entra em funcionamento o encanamento do Andaraí Grande (Joana), trazendo água deste rio para os bairros de São Cristóvão e Ponta do Caju. No ano anterior foi construído o reservatório conhecido como Caixa Velha da Tijuca.	
1854	As águas dos riachos Papagaio e Caveira são encaminhadas para o encanamento do Maracanã. Concluíram-se as obras de captação e canalização do rio Cabeça (Jardim Botânico), fornecendo água para Botafogo, então em grande fase de crescimento.	
1855	Nesse ano foram desapropriados diversos terrenos situados próximos ás nascentes do Carioca, assim como diversas propriedades que se localizavam na "Cova da Onça" e no "Bico do papagaio", nas nascentes do Maracanã e do São João.	
1859	A questão do abastecimento de água foi transferida para o recém-criado Ministério da Agricultura, Comércio e Obras Públicas.	
1860	Após um grande temporal no mês de janeiro, que gerou desmoronamentos no Morro do Castelo, e apesar do reforço no abastecimento público, a seca voltou a acontecer durante os verões de toda a década de 60. Afetados pelos desmatamentos das décadas anteriores, os mananciais decresciam sensivelmente de volume. Ademais, o mau estado dos encanamentos acarretava grande perda de água.	O governo propôs que uma comissão elaborasse um novo "Plano Geral de Abastecimento D'água". Apesar de existirem os que defendiam a captação dos rios que desciam da Serra do Tinguá (para além do chamado "sertão carioca" – o largo trecho de planície costeira que separa o centro da cidade da Serra do Mar), a Comissão optou por manter o abastecimento pelos mananciais próximos à cidade. A sua preservação serviria ainda para evitar as inundações que haviam se tornado freqüentes

1861	Obras de captação do rio Taylor, no Alto da Boa Vista.	O governo baixou uma portaria dando instruções provisórias para o plantio e a conservação das Florestas nas áreas adquiridas. Nomeou o major Manoel Gomes Archer para coordenar os trabalhos na Floresta da Tijuca e Tomás Nogueira da Gama para a Floresta das Paineiras. Um relatório do Inspetor Ten.-Cel. Cristiano Azeredo Coutinho, sugeria que fosse buscada "água a uma fonte abundante que, por si só, seja capaz de satisfazer a todas as necessidades, empreendendo-se, para esse fim, uma grande obra, que ateste às gerações futuras a solicitude do presente Reinado"	
1862	Registro de uma chuva de 95mm no dia 30 de março, que alagou algumas ruas da cidade.		
1863	A Inspetoria de Obras Públicas indicava que era urgente a necessidade de encaminhamento das águas do Trapicheiros, do córrego Soberbo e "... da que se perde na Cascata Grande, além das existentes na propriedade do Senhor Visconde de Estrela e na Fazenda dos Araújos" para os canos do Maracanã.		
1864	Em 10 de outubro têm-se o registro de uma nova chuva de 95mm, com queda de granizo.		
1868	Nova seca se instala a partir do início do verão	Passa-se a aproveitar a água de alguns mananciais ainda não explorados no Alto da Tijuca (rio Cachoeira) e no Jardim Botânico (rio dos Macacos e seus afluentes). Construção do reservatório da Ladeira do Ascurra, no Morro do Inglês. No ano anterior havia sido construído o reservatório da Quinta da Boa Vista.	O governo adquiriu, entre os anos de 1967-8 mais algumas propriedades na Serra da Tijuca, aumentando a área potencial de reflorestamento.
1870	Uma nova seca no Rio de Janeiro deu ao trabalho do Major Archer um pouco mais de publicidade e apoio governamental	Na década de 70 foram canalizadas as águas dos afluentes do Rio da Gávea (próximo da Pedra Bonita), dos pequenos mananciais que desciam da Serra do Andaraí Pequeno, do Três Rios e do Covanca. Os trabalhos foram complementados pela substituição dos encanamentos antigos, de menores dimensões, por outros mais largos.	Na busca de uma nova solução para a crise de abastecimento, uma nova Comissão chefiada pelo engenheiro Antônio Rebouças dá a sugestão de que sejam aproveitados os mananciais da Serra do Tinguá.

1874	Durante o período de administração do Major Archer, foram plantadas mais de 70.000 mudas, com uma taxa de sobrevivência por volta dos 80%. Neste ano foi construído o reservatório do Morro do Pinto		O Major Archer se demitiu do posto de Administrador da Floresta da Tijuca devido à falta de apoio governamental. ○
1876	Em setembro deste ano, tiveram início às obras de captação e distribuição das águas do Rio do Ouro e do Santo Antônio, no Tinguá. As obras foram inauguradas em 1880, com a presença do Imperador.		Neste ano o Governo Imperial contratou o Eng.º Antônio Gabrielli para a construção da rede de abastecimento de água a domicílio. Já então se cogitava da medição da água fornecida. ○
1877	Entre 1877 e 1887, foram plantadas 21.500 novas mudas. Neste ano concluíram-se as obras para o aproveitamento da água do Açude dos Macacos (próximo ao atual Horto Florestal)	Após ficar vago de 1874 a 1877, o cargo de administrador da Floresta da Tijuca é assumido por Gastão de Escragnolle que, juntamente com o naturalista e paisagista francês Auguste F.M. Glaziou busca transforma a Floresta num local de lazer e recreação. Neste período foram abertas estradas e trilhas e construídos belvederes, chafarizes, pontes e lagos artificiais. ○	
1880	Início da captação dos rios Santo Antônio e d'Ouro, para além dos Maciços Costeiros, os quais se somaram ao início do funcionamento da adutora do Rio São Pedro, inaugurando uma nova fase no abastecimento de água do Rio de Janeiro.		
1882	Inundações em 24 de fevereiro e 10 de março ●	Construção de reservatório no Morro do Livramento	
1883	Uma chuva de 223 mm em 26 de abril provoca inundação em toda a cidade e desmoronamento no Morro do Castelo, com vítimas. ●	Construção do Chafariz do Largo da Mãe do Bispo (esquina das atuais ruas 13 de Maio e Evaristo da Veiga) e dos reservatórios de França, em Santa Teresa, e da Caixa Nova da Tijuca.	
1884	Muita chuva no mês de dezembro, totalizando 231mm. ●		
1886	Chuvas intensas em fevereiro e abril provocam inundações em toda a cidade ●		
1888	No dia 20 de abril, a cidade fica alagada com uma chuva de 97,5mm. ●		
1889	O governo imperial contratou o engenheiro Paulo de Frontin para realizar obras de captação das águas da Cachoeira da Serra Velha e do rio São Pedro, no Maciço da Pedra Branca.		
1890	O terceiro – e último – administrador da Floresta da Tijuca foi Luis Pedreira de Magalhães Castro, embora praticamente não se encontrem informações sobre obras realizadas durante a sua gestão (1890-1894). ○		
1893	Conclusão das obras da adutora do Tinguá		
1896	Grandes enxurradas no mês de janeiro provocam desmoronamento no Morro do Castelo e desabamento de várias casas na Ladeira do Carmo ●		

1897	Pouco mais de 4 horas de chuva no dia 11 de maio são suficientes para alagar várias ruas do centro, Catete e São Cristóvão. Houve desabamentos em Santa Teresa com registro de vítimas ●	As áreas de nascentes passam a ser violentamente atingidas pelo surgimento das primeiras favelas nos Morros da Providência e do Santo Antônio, ocupadas, com respaldo do governo republicano, por soldados retornados da Campanha de Canudos. ○
1906	Dois temporais, em janeiro e março, provocaram desmoronamentos no Morro de Santa Teresa, Santo Antônio e Gamboa, soterrando várias pessoas. O Canal do Mangue transbordou, alagando quase toda a cidade. ●	
1909	Um grande temporal acompanhado com rajadas de vento arrancou mais de 60 árvores na cidade, produzindo vítimas. ●	Conclusão das obras das adutoras do Xerém e da Mantiquira, ambas das vertentes da Serra de Petrópolis. A transposição pelo encanamento d'água, da insalubre Baixada Fluminense, teve que contar com o apoio do Instituto de Manguinhos no combate à malária. A conclusão das cinco linhas de adução (Santo Antônio, d'Ouro, Tinguá, Xerém e Mantiquira) com ferro fundido (totalizando 266 Km de canalizações), marcaram época na história do abastecimento de água da cidade.
1911	Uma grande enxurrada em 23 de março alagou diversas ruas de São Cristóvão. O prefeito Pereira Passos afirmou no jornal *Correio da Manhã*, de 29 de março, que os ralos dos canos de esgoto haviam sido a causa das ● inundações.	Na tentativa de compensar a perda progressiva de produção das adutoras (pela diminuição do fluxo das nascentes), diversos reservatórios foram construídos entre 1911 e 1930.
1916	O temporal que atingiu a cidade de 7 a 9 de março está entre os maiores temporais noticiados na cidade, provocando o desabamento de um prédio e várias mortes por afogamento. ●	
1920	No final da década, o urbanista francês Alfred Agache é contratado para elaborar o Plano Diretor da cidade, com vistas a solucionar o problema das inundações. Agache sugeriu a construção, nas encostas do Maciço da Tijuca, de um complexo sistema de canais e barragens-reservatório, que teriam o objetivo de retardar o deslocamento da água da chuva para a planície. O Plano propunha também a criação do Parque Nacional do Rio de Janeiro, com a finalidade de assegurar a manutenção da floresta, que serviria como "um reservatório perpétuo de ar, água e vegetação". ○	
1924	Um violento temporal de 172mm no dia 3 de março provocou o transbordamento do Canal do Mangue, com inundações no Centro, Praça da Bandeira, São Cristóvão, Engenho Novo, Vila Isabel, Botafogo e Gávea. Barracos desabaram no Morro de São Carlos, gerando vítimas. ●	No ano de 1925 foram concluídos os reservatórios Francisco Sá, na Rua Maria Amália, e do Tanque, em Jacarepaguá.

1928	Quatro dias de chuvas contínuas no mês de fevereiro (23 a 26) provocaram vários desabamentos com vítimas nos Morros do Salgueiro, Pinto, Trapicheiro, São Carlos, Querosene, Mangueira e Santo Antônio. Em diversos locais da cidade, a água atingiu 1m de altura.		No ano anterior foi concluída a obra do reservatório do Morro do Barata, em Campo Grande. Já em 1930, foram concluídos os reservatórios do Morro de São Carlos e do Mirante, em Copacabana.
1933	Construção da Estação Elevatória de Acari, aumentando o volume de água captado e diminuindo a freqüência dos acidentes nas adutoras do Xerém e do Mantiquira.		
1937	Rigorosa estiagem faz o "déficit" de adução alcançar a casa dos 200 milhões de litros por dia.	Diante da seca, do "déficit" de abastecimento e da pressão popular, o governo decide construir a primeira etapa da adutora do Ribeirão das Lages.	
1938	Uma chuva de 136mm no dia 9 de fevereiro causou o desabamento de prédios na rua Hermenegilda, produzindo vítimas fatais.		
1940	Temporal causou desabamento de casa com vítima no Santo Cristo. Alagamento em diversos locais da cidade		
1942	132mm de chuva nos dias 6 e 7 de janeiro, provocaram desabamento de barraco no Morro do Salgueiro, soterrando 5 pessoas.		
1943	Após quase meia década de abandono, com várias mudanças de jurisdição, a Floresta da Tijuca retorna ao controle do município, e o empresário Raymundo Ottoni de Castro Maya foi convidado para "restaurar" a Floresta.		
1944	172 mm de chuva no dia 17 de janeiro provocou o transbordamento do Canal do Mangue, alagando vários bairros da cidade.	Após muitas dificuldades e mudanças de poder, a primeira etapa da adutora do Ribeirão das Lages foi finalmente concluída, sob a direção da Prefeitura do Distrito Federal, em 1945.	
1947	Têm início às obras da segunda etapa da adutora do Ribeirão das Lages que, concluída em 1949, acrescentou 220 milhões de litros de água por dia à cidade do Rio de Janeiro. Apesar de não se constituir em solução de longo prazo, a conclusão dessa obra permitiu um pequeno desafogo para o "déficit" crescente da cidade.		
1950	151 mm de chuva no dia 6 de dezembro provocaram o soterramento de casas na Ladeira dos Tabajaras, com ocorrência de mortes.	Durante a administração do Engº José Franco Henriques foram realizadas diversas obras para a melhoria do sistema de abastecimento da cidade: construção do reservatório de Quintino (1949), de Honório Gurgel (1950) e da Mãe D'Água, na Ilha do Governador (1950), além das elevatórias de Bartolomeu Mitre e da Ponte dos Marinheiros	Realiza-se o anteprojeto da primeira usina de tratamento de água da cidade, bem como os estudos para captação da água do Guandu.

		(1950).	
1955	Conclusão da primeira etapa de captação e adução do Rio Guandu.		
1959	Temporal no mês de março arrasou o Conjunto Maravilha, provocando mortes. ●	No ano anterior foram concluídas as obras que permitiram conduzir as águas captadas no Guandu até o Reservatório dos Macacos, junto ao Horto Florestal. Com isso, reforçou-se o abastecimento das zonas da Lagoa, Leblon, Ipanema e Copacabana.	Apesar das obras, os freqüentes acidentes na 2ª adutora de Lajes e nas tubulações de ferro fundido e o decréscimo de vazão nos mananciais contribuíam para que a média de água aduzida á cidade não se mantivesse constante. Se atribuída uma cota de 400 litros/hab/dia, já em 1959 o déficit de adução alcançaria 128 milhões de litros/dia. ○
1960	A responsabilidade administrativa sobre a Floresta da Tijuca foi repassada da Prefeitura do extinto Distrito Federal para o governo do recém-criado Estado da Guanabara. Mas logo no ano seguinte, o governo federal criou, através do Decreto 50.923 (de 6/07/61) o Parque Nacional do Rio de Janeiro (transformado, em 1967, em Parque Nacional da Tijuca), que incluiu a floresta da Tijuca e mais nove outras "Florestas Protetoras da União", vizinhas ou próximas. ○		
1962	242 mm de chuva nos dias 15 e 16 de janeiro deixaram o saldo de 25 mortes e centenas de desabrigados, com vários bairros da cidade alagados. ●		
1966	Este ano registrou uma das piores catástrofes já vividas pela população do Rio de Janeiro. 617mm de chuva no mês de janeiro (237 mm no dia 11, 403 mm nos dias 11 e 12, e 111 mm no dia 27) deixaram um saldo de mais de 70 casas destruídas na cidade, com mais de 100 mortes registradas. ●	Inauguração da nova adutora do Guandu, fornecendo mais 2,4 bilhões de litros de água por dia para o sistema de abastecimento.	
1967	154 mm de chuva no dia 19 de fevereiro provocaram o desabamento de barracos no morro Dona Marta, com registro de vítimas fatais. ●		
1971	A chuva ocorrida entre 26 de fevereiro e 6 de março (223mm) provocou uma enchente generalizada na cidade, com deslizamento de encostas provocando mortes. ●		
1973	147 mm de chuva no dia 17 de janeiro provocaram a inundação de vários bairros, com grandes prejuízos. ●		
1975	124 mm de chuva no dia 4 de maio provocaram alagamentos e prejuízos em diferentes pontos da cidade ●	Fusão dos Estados da Guanabara e do Rio de Janeiro, com criação da CEDAE. ○	
1976	128 mm de chuva no dia 1º de maio acabaram em escorregamentos e inundações em vários bairros ●		
1981	157 mm de chuva no dia 8 de dezembro provocaram inundações e vários deslizamentos, especialmente em Jacarepaguá. ●		

1982	chuva forte e rápida (41mm) no dia 3 de dezembro provoca o transbordamento do Rio Faria Timbó e deslizamento no Morro do Pau da Bandeira, matando 6 pessoas.	Inauguração das obras de ampliação da ETA Guandu para uma capacidade de 3,5 bilhões de litros por dia, e construção da Adutora Principal da Baixada Fluminense.
1983	126 mm de chuva na madrugada do dia 20 de março provocaram grandes alagamentos em Jacarepaguá, além de deslizamentos de casas, que provocaram a morte de 5 pessoas. Também foram registradas 44 mortes por leptospirose (de 143 casos registrados)	
1984	Rápido temporal (de menos de 50 mm) no dia 19 de outubro inundou vários bairros, matando 2 pessoas.	
1985	Um temporal de 65 mm no dia 3 de março e outro de mais de 100 mm em 12 de abril provocaram 23 mortes e mais de 200 desabrigados, especialmente em Jacarepaguá. O alagamento provocado pelo transbordamento dos rios produziu 119 casos de leptospirose, com 31 óbitos.	
1986	123 mm de 7 a 10 de março provocaram desabamentos em vários pontos da cidade, com a morte de 12 pessoas. Foram registrados 91 casos de leptospirose, com 26 mortes.	
1988	23 dias consecutivos de chuva no mês de fevereiro (443mm), com episódios de chuva intensa entre os dias 19 e 22 (384mm) provocaram o desabamento de casas e edifícios, resultando em 182 mortes no Estado do RJ, com mais de 12 mil desabrigados. Foi decretado estado de calamidade pública. Registraram-se 303 casos de leptospirose, com 16 mortes.	
1989	Inundações e mortes em dois episódios de chuva concentrada nos dias 11 de junho (95mm) e 7 de julho (55mm)	
1990	154mm de chuva no dia 19 de abril, provocaram o desabamento de uma casa, com a morte de duas pessoas.	
1991	Forte chuva no dia 7 de maio (103mm) causou a morte de três pessoas	
1992	7 pessoas morreram em forte temporal (103mm) no dia 5 de janeiro	
1993	Mais de 100mm de chuva concentrados em poucas horas do dia 6 de março provocaram alagamentos em diferentes pontos da cidade	
1994	Dois temporais ocorridos nos dias 2 de março (58mm) e 9 de junho (98mm) provocaram alagamentos em diversos pontos da cidade	
1996	200 mm de chuva concentrados em um período de 8 horas, no dia 13 de fevereiro provocaram diversos deslizamentos nas vertentes sul e oeste dos maciços costeiros, produzindo 59 mortes e 1500 desabrigados.	

ANEXO 2

FORMULÁRIO PARA LEVANTAMENTO DE ESTRUTURA DE VEGETAÇÃO

Protocolo de Campo Nº 1

Nº: __________

PARCELA: ___________

EQUIPE: ____ **DATA**: _____/_____/____

Nº	IDENTIFICAÇÃO	LOCALIZ. Ou QUADRANTE		PAP (≥5,0cm) DAP≥1,5cm	ALTURA TOTAL (m)	FUSTE (m)	ABUND./ DOMIN.	SOCIAB.	OBS
		X (m)	Y (m)	(h = 1,30 m)					

ABUND. / DOMIN.
+ alguns raros exemplares
1- abundante mas com cobertura < 10%
2 -entre 10% e 25% do lote
3 -entre 25% e 50% do lote
4 -entre 50 e 75% do lote
5 -entre 75% e 100% do lote

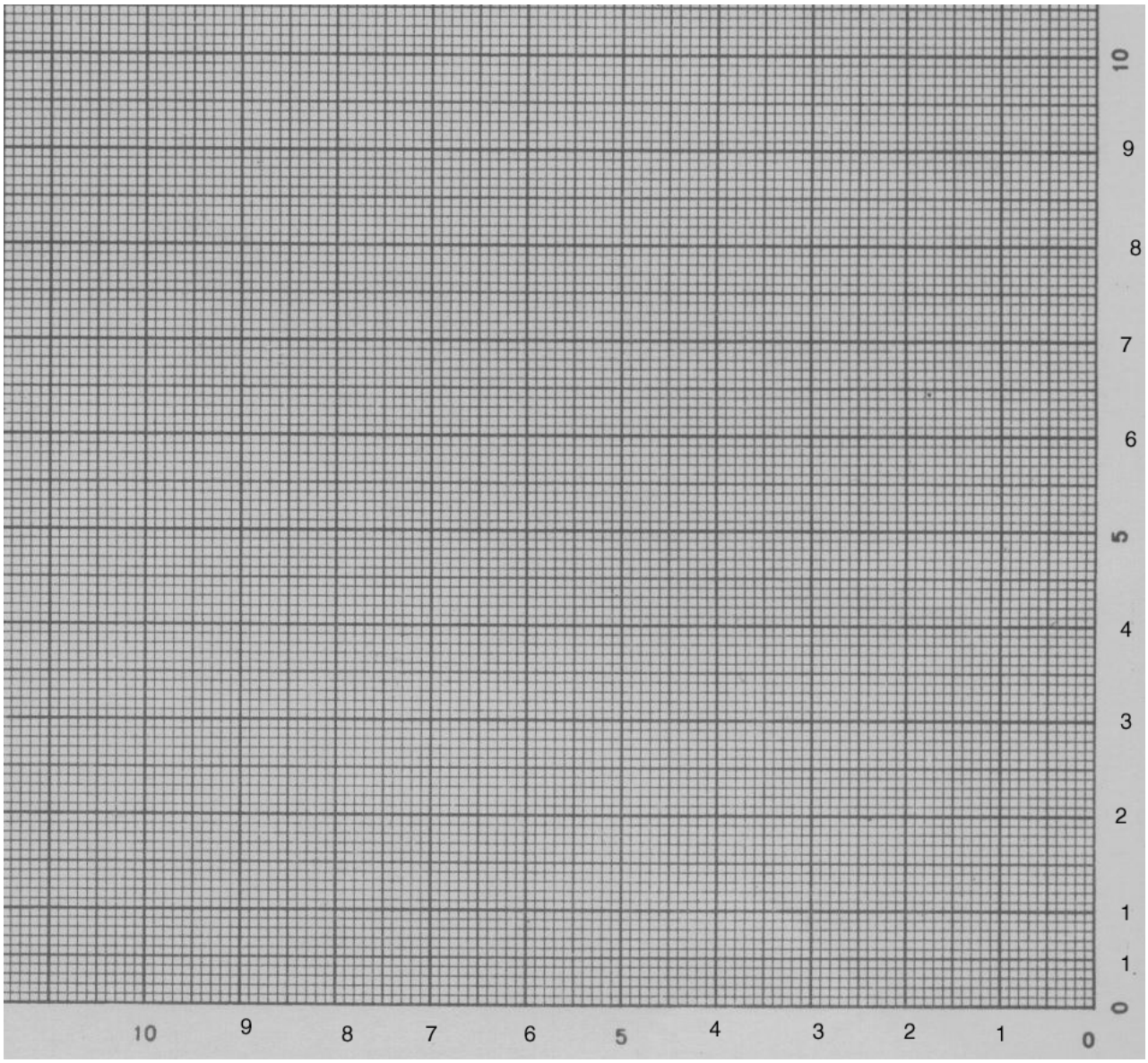
QUADRANTE: C D
B A

SOCIABILIDADE
+ planta rara
1- indivíduos isolados
2- agrupados em 2 ou 3
3- crescimento em grupos
4- manchas densas, pouco extensas
5- população contínua, manchas densas

FORMULÁRIO PARA MAPEAMENTO DE PARCELA

Protocolo de Campo Nº 2

PARCELA:_____ **DATA:** _____/ _____/ _____
EQUIPE:_____
_____
OBJETIVO: _____



S= soberbo C= catambri
1,2,3..... n= número do transecto
a,b,c,..... n= identificação da parcela a partir da borda

OBS : colocar as legendas do mapeamento no verso da folha
Responsável: Adriano S. Figueiró

FORMULÁRIO PARA AVALIAÇÃO DO GRAU DE DEGRADAÇÃO DA PARCELA

Protocolo de Campo Nº 3

PARCELA:_____ **DATA:** _____/ _____/ _____

EQUIPE:_____

ALTITUDE: _____ **DECLIVIDADE:** _____

ORIENTAÇÃO: _____ **COND. TOPOGR.** _____

PARÂMETRO	ESPECIFICAÇÃO
1. Evidência de corte seletivo	( ) recente ( ) passado
2. Ações Predatórias	( ) lixo na trilha ( ) depósito clandestino de lixo ( ) material religioso ( ) marca de fogueira ( ) entalhe nos troncos
3. Densidade de trilhas e grau de utilização	Trilha: ( )1 ( )2 ( )+2 Estrada: ( )1 ( )2 ( ) +2 | ( ) em funcionamento ( ) abandonada
4. Presença de matacões	< 1m^3 = _____ ( ) sem matacões > 1m^3= _____
5. Densidade de espécies secundárias no sub-bosque	( ) alta ( ) média ( ) baixa
6. Densidade de plântulas	( ) alta ( ) média ( ) baixa
7. Presença de JACATIRÃO (*Miconia cinnamomifolia*)*	Indivíduos em estágio adulto=_____ Indivíduos em estágio juvenil= _____ * *espécie indicadora da presença de roças*
8. Presença de QUARESMEIRA (*Tibouchina granulosa*)*	Indivíduos em estágio adulto= _____ Indivíduos em estágio juvenil= _____ * *espécie indicadora de área degradada*
9. Presença de IMBAUBA (*Cecropia glaziovii)**	Nº de indivíduos= _____ * *espécie indicadora de área degradada*
10. Presença de JEQUITIBÁ (*Cariniana estrelensis*)	Nº e estado de conservação=
11. Abundância / Dominância de espécies ruderais	( ) até 25% do lote ( ) entre 50% e 75% ( ) entre 25% e 50% do lote ( ) + de 75% do lote
12. Condição da serrapileira	( ) bem estruturada( ) falhada( ) inexistente em +50%
13. Árvores mortas	Recentes= _____ Antigas= _____
14. Evidência de vento	( ) árvores caídas ( ) bromélias caídas ( ) galhos
15. Densidade de clareiras (sunflecks)	Nº= _____ Área estimada ou % da parcela=
16. Presença de trepadeiras	( ) até 25% do lote ( ) entre 50% e 75% ( ) entre 25% e 50% do lote ( ) + de 75% do lote
17. Ocorrência de fustes	( ) abundante ( ) razoável ( ) baixa
18. Presença de formigueiros	Nº de olheiros identificados na parcela=

Protocolo de Campo Nº 4

LEVANTAMENTO DE DADOS DE TEMPERATURA E UMIDADE

Nome:							Data:					
Hora:							Hora:					
Term. Nº	T.ar	Umi	T.ser	T0	T5	T10	Tar	Umi	Tser	T0	T5	T10
P1												
P2												
P3												
P4												
P5												
P6												
P7												
P8												
P9												
P10												
P11												
P12												
P13												
P14												
P15												
P16												
P17												
P18												
P19												
P20												
P21												
P22												
P23												
P24												
P25												
P26												
P27												
P28												
P29												
P30												
P31												
P32												
P33												
P34												
P35												
P36												
P37												
P38												
P39												
P40												

Protocolo de Campo Nº 5

LEVANTAMENTO DE DADOS DE VENTO E LUMINOSIDADE

Nome:							Data:					
Hora:				Hora:			Hora:			Hora:		
Term. Nº	luz	vento ↓	vento →	luz	vento ↓	vento →	luz	vento ↓	vento →	luz	vento ↓	vento →
P1												
P2												
P3												
P4												
P5												
P6												
P7												
P8												
P9												
P10												
P11												
P12												
P13												
P14												
P15												
P16												
P17												
P18												
P19												
P20												
P21												
P22												
P23												
P24												
P25												
P26												
P27												
P28												
P29												
P30												
P31												
P32												
P33												
P34												
P35												
P36												
P37												
P38												
P39												
P40												

ANEXO 3

DADOS DE ESTRUTURA DA VEGETAÇÃO NAS ÁREAS AMOSTRAIS

		DAP (cm)						DENSID (ind/ha)		
	PARCELA	Bosque	Sub-Bosque	Parcela	DP	CV(%)	DAP MAX.	Bosque	Sub-Bosque	Parcela
SOBERBO	1A	16,57	4,23	7,27	6,65	91,46	35,97	1400	4600	6000
	1B	20,16	4,3	7,54	8,44	111,97	49,97	1000	4100	5100
	1C	29,4	3,79	8,91	14,27	160,10	78,30	700	2800	3500
	1D	19,81	4,41	7,09	7,43	104,73	45,20	800	3700	4500
	1E	16,15	4,35	6,98	5,75	82,43	24,19	800	2800	3600
	Transecto	20,42	4,216	7,56	0,79	10,41	78,30	940	3600	4540
	2A	21,41	4,98	8,44	8,32	98,63	42,34	800	3000	3800
	2B	18,94	4,38	7,41	6,75	91,00	27,69	1000	3800	4800
	2C	21,25	4,43	8,17	8,06	98,62	31,51	400	1400	1800
	2D	16,97	4,43	6,89	6,37	92,51	35,65	1000	3800	4800
	2E	14,93	4,29	6,82	5,28	77,35	19,74	500	1600	2100
	2F	19,86	4,62	7,00	6,57	93,91	28,65	500	2700	3200
	Transecto	18,89	4,52	7,45	0,70	9,32	42,34	700,00	2716,67	3416,67
	3A	19,26	4,86	8,86	9,19	103,71	52,52	1000	2600	3600
	3B	13,17	4,83	7,51	4,82	64,11	21,80	900	1900	2800
	3C	16,17	4,64	7,46	6,27	84,04	30,56	1100	3700	4800
	3D	37,19	4,17	8,13	12,89	158,53	52,52	300	2200	2500
	3E	26,00	5,08	10,31	11,05	107,16	38,83	600	1800	2400
	Transecto	22,36	4,72	8,46	1,18	13,98	52,52	780	2440	3220
CATRAMBI	1A	31,6	5,7	15,1	17,0	47,1	88,6	700	900	1600
	1B	50,9	3,6	16,6	9,5	60,5	174,8	200	1400	1600
	1C	26,2	3,6	11,3	8,4	54,4	135,3	700	2600	3300
	1D	18,3	4,1	8,6	9,2	35,5	93,1	900	1600	2500
	1E	25,6	4,1	9,9	7,8	40,7	126,5	500	2300	2800
	Transecto	26,6	4,0	12,1	3,4	28,3	174,8	600	1760	2360
	2A	21,1	4,1	13,2	13,4	45,8	98,5	600	500	1100
	2B	24,4	5,0	10,4	11,0	36,3	94,5	1000	2200	3200
	2C	33,0	3,0	17,0	10,0	63,3	170,5	300	1000	1300
	2D	43,2	4,2	25,8	11,7	131,8	219,9	500	2000	2500
	2E	16,5	4,4	6,5	7,0	25,8	92,8	500	1700	2200
	Transecto	26,5	4,3	16,0	7,3	46	219,9	580	1480	2060
	3A	20,5	5,0	8,2	9,0	37,2	91,1	700	1600	2300
	3B	27,9	4,8	13,0	8,8	69,7	147,8	500	3400	3900
	3C	25,0	5,1	14,6	10,3	73,2	142,6	600	1700	2300
	3D	34,6	4,7	17,9	12,6	60,5	141,2	400	1100	1500
	3E	36,9	5,3	18,2	12,5	78,9	145,5	500	1700	2200
	Transecto	27,4	5,0	14,3	4,1	28,7	147,8	540	1900	2440

Continuação...

	PARCELA	ÁREA BASAL (m2/ha)			ALTURA (m)					
		Bosque	Sub-Bosque	Parcela	Bosque	Sub-Bosque	Parcela	DP (m)	CV (%)	ALT.MAX
SOBERBO	1A	38,83	7,28	46,11	12,1	4,5	6,4	2,4	37,9	18,0
	1B	41,96	6,74	48,70	11,8	4,6	6,1	3,6	59,7	17,0
	1C	72,61	3,59	76,20	12,6	3,8	5,5	4,0	72,5	16,0
	1D	31,29	6,39	37,68	12,0	4,0	5,4	3,7	67,6	18,0
	1E	18,03	4,82	22,85	12,8	3,8	5,8	4,2	72,5	17,0
	Transecto	41	5,764	46,31	12,2	4,2	5,8	0,4	6,7	18,0
	2A	34,65	6,74	41,39	13,1	5,3	6,9	4,4	62,9	18,0
	2B	31,06	6,46	37,52	12,9	5,2	6,8	4,0	58,3	19,0
	2C	15,48	2,63	18,11	13,3	4,7	6,6	4,5	68,6	17,0
	2D	26,70	6,11	32,81	13,3	4,6	6,4	4,3	67,3	18,0
	2E	92,58	2,79	95,37	10,6	4,1	5,7	3,9	68,8	14,0
	2F	17,51	5,31	22,82	14,0	4,7	6,2	4,1	65,5	16,0
	Transecto	36,33	5,01	41,34	12,86	4,76	6,43	0,5	7,1	19,0
	3A	39,89	5,52	45,40	11,7	4,8	6,7	4,1	61,7	20,0
	3B	13,10	4,24	17,34	10,1	4,8	6,5	3,4	52,7	12,0
	3C	28,88	7,36	36,24	11,3	4,6	6,3	3,8	60,6	18,0
	3D	40,94	3,34	44,29	13,0	4,6	5,6	3,7	65,6	17,0
	3E	37,81	4,29	42,10	13,0	4,8	6,8	4,6	67,6	20,0
	Transecto	32,13	4,95	37,07	11,8	4,7	6,4	0,5	7,6	20,0
CATRAMBI	1A	60,6	2,6	63,2	13,9	5,4	9,1	5,1	55,8	18,0
	1B	42,2	1,5	43,7	16,0	3,4	4,9	5,1	103,4	22,0
	1C	47,5	3	50,5	11,1	3,9	5,4	4,1	75,4	20,0
	1D	28,2	2,6	30,8	12,0	4,0	6,9	4,6	66,6	15,0
	1E	31,7	3,6	35,3	11,2	3,9	5,2	3,3	63,1	15,0
	Transecto	42,0	2,7	44,7	12,4	4,0	6,1	1,75	28,6	22,0
	2A	28,2	0,8	29,0	11,0	3,8	7,7	5,4	70,4	18,0
	2B	52	5,1	57,1	13,1	5,1	7,6	5,2	68,3	17,0
	2C	36,5	0,8	37,3	15,0	3,9	6,4	6,1	95,5	25,0
	2D	155,1	3,5	158,6	16,0	4,5	6,7	5,3	79,6	20,0
	2E	12,8	3,4	16,2	10,6	4,6	5,9	3,7	62,5	12,0
	Transecto	56,9	2,7	59,6	12,9	4,6	6,9	0,78	11,3	25,0
	3A	20,3	3,6	23,9	11,3	4,9	6,8	4,0	59,1	19,0
	3B	49,3	5,1	54,4	11,6	4,0	5,3	3,6	67,9	17,0
	3C	52,1	3,9	56	11,8	4,1	6,1	4,4	71,9	18,0
	3D	51,7	2,3	54	13,5	3,3	6,0	5,2	87,0	18,0
	3E	77,2	4,3	81,5	13,8	4,8	6,9	4,4	64,4	18,0
	Transecto	50,1	3,8	54,0	12,3	4,2	6,2	0,66	10,6	19,0

continuação...

	PARCELA	BIOMASSA Ton/ha	ton C/ha	IP
SOBERBO	1A	221,08	110,54	5,33
	1B	262,03	131,02	6,23
	1C	471,48	235,74	20,23
	1D	197,19	98,59	4,90
	1E	106,95	53,47	3,74
	Transecto	251,74	125,87	8,1
	2A	223,74	111,87	5,14
	2B	188,08	94,04	4,81
	2C	93,55	46,78	5,89
	2D	168,56	84,28	4,37
	2E	50,03	25,01	33,18
	2F	115,08	57,54	3,30
	Transecto	139,84	69,92	9,4
	3A	256,46	128,23	7,23
	3B	72,14	36,07	3,09
	3C	173,98	86,99	3,93
	3D	273,01	136,50	12,24
	3E	236,56	118,28	8,82
	Transecto	202,43	101,21	7,06
CATRAMBI	1A	361,36	180,68	23,31
	1B	290,73	145,37	28,13
	1C	291,35	145,68	15,83
	1D	155,33	77,66	10,85
	1E	182,86	91,43	8,81
	Transecto	256,33	640,82	15,80
	2A	169,09	84,54	35,25
	2B	311,32	155,66	10,20
	2C	281,10	140,55	45,63
	2D	1235,93	617,97	44,31
	2E	73,32	36,66	3,76
	Transecto	414,15	1035,38	20,93
	3A	137,81	68,90	5,64
	3B	332,90	166,45	9,67
	3C	361,00	180,50	13,36
	3D	342,63	171,31	22,48
	3E	526,87	263,44	17,95
	Transecto	340,24	850,60	13,05