



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Rodrigo Silva da Conceição

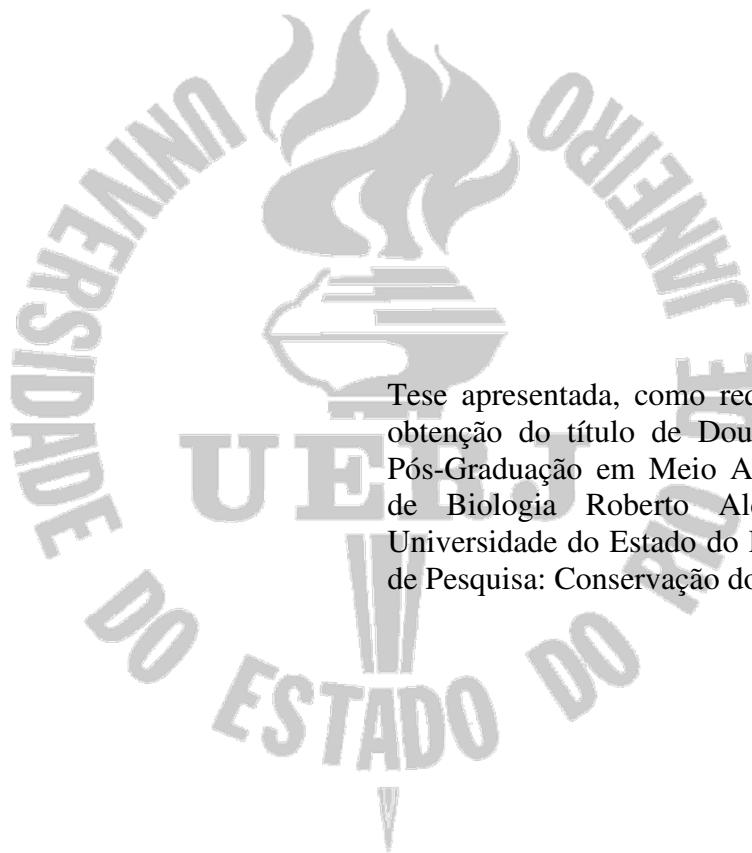
**Indicadores de avaliação ambiental em Áreas de Preservação Permanente
(APPs) na sub-bacia do rio Saracuruna – RJ**

Rio de Janeiro

2014

Rodrigo Silva da Conceição

**Indicadores de avaliação ambiental em Áreas de Preservação Permanente (APPs) na
sub-bacia do rio Saracuruna – RJ**



Tese apresentada, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor, ao Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente, do Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Linha de Pesquisa: Conservação do Meio Ambiente.

Orientador: Prof^ª. Dra. Liane Maria Azevedo Dornelles

Rio de Janeiro

2014

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ/REDE SIRIUS/CTC-A

C744
Tese

Conceição, Rodrigo Silva da.

Indicadores de avaliação ambiental em Áreas de Preservação Permanente (APPs) na sub-bacia do Rio Saracuruna – RJ / Rodrigo Silva da Conceição. – 2014.

491 f.

Orientadora: Liane Maria Azevedo Dornelles

Tese (Doutorado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

1. Indicadores ambientais – Teses. 2. Saracuruna, Rio (RJ) – Teses. 3. Áreas protegidas - Teses. I. Dornelles, Liane Maria Azevedo. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. III. Título.

CDU 504.06

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese, desde que citada a fonte.

28/04/2014

Assinatura

Data

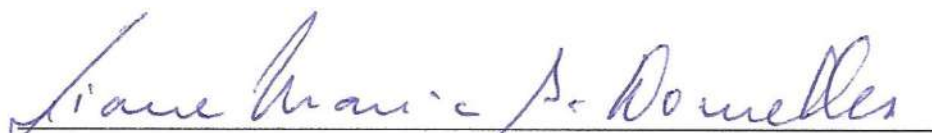
Rodrigo Silva da Conceição

**Indicadores de avaliação ambiental em Áreas de Preservação Permanente (APPs) na
sub-bacia do rio Saracuruna – RJ**

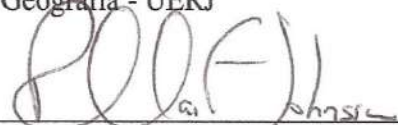
Tese apresentada, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor, ao Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Linha de Pesquisa: Conservação do Meio Ambiente.

Aprovado em 27 de março de 2014.

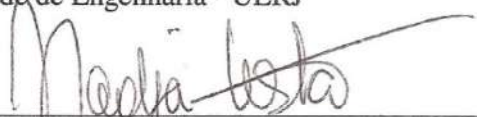
Banca Examinadora:



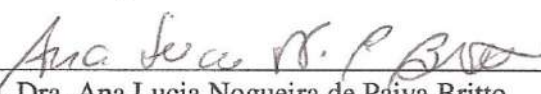
Profa. Dra. Liane Maria Azevedo Dornelles (Orientadora)
Instituto de Geografia - UERJ



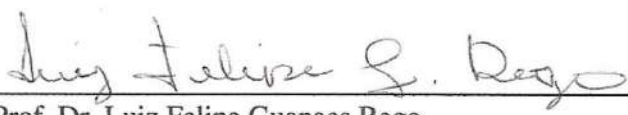
Profa. Dra. Rosa Maria Formiga Johnsson
Faculdade de Engenharia - UERJ



Profa. Dra. Nadja Maria Castilho da Costa
Instituto de Geografia - UERJ



Profa. Dra. Ana Lucia Nogueira de Paiva Britto
Universidade Federal do Rio de Janeiro



Prof. Dr. Luiz Felipe Guanaes Rego
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

Rio de Janeiro

2014

DEDICATÓRIA

Ao amor da minha vida, Juliana.
Aos meus pais, Rosangela e José (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, por minha vida e por me permitir chegar até aqui.

À minha amada esposa e companheira Juliana, por todo apoio, carinho e contribuição. É por você que entrei nessa e é por você que estou saindo dessa.

À minha querida mãe Rosângela, pelo total apoio e compreensão. Aos meus amados sobrinhos Larissa, Alice e Bruno Júnior, por me alegrarem e me incentivarem com seus sorrisos sinceros e inocentes.

À todos os amigos e familiares que me apoiaram e incentivaram nessa trajetória.

Aos amigos do Instituto de Geografia – IGEOG / UERJ: Alexander Josef, Marta Foepfel, e Vivian Castilho, por todo incentivo, apoio, discussões e contribuições.

Aos técnicos do Laboratório de Geoprocessamento - LAGEPRO / IGEOG: Bernardo Oliveira, Newton Magalhães e Robson Moura pelo suporte nas atividades laboratoriais à pesquisa.

Aos colegas doutorandos do PPG-MA e parceiros em disciplinas: André, Roseantony, Rosemary, e Emerson.

Aos professores, coordenadores e funcionários do PPG-MA, por todo conhecimento trocado e suporte às atividades.

À CAPES, pelo apoio financeiro (bolsa de doutorado).

À UERJ, via Departamento de Geografia Física / IGEOG, pelo suporte para trabalho de campo e disponibilização de carro. Ao Laboratório de Ensino - LABGEO / IGEOG pelo empréstimo de GPS.

À doutoranda em geografia Regina Benedetto (PPGEO / UERJ), pelo incentivo e apoio.

À doutoranda em geologia Elaine Porto (PPGL / UFRJ) pela valiosa contribuição em campo e incentivo.

À geógrafa e amiga Eloísa (COPPE-UFRJ) pela parceria, incentivo e grande apoio.

Ao geógrafo Victor (COPPE-UFRJ) por todo suporte técnico.

Ao estagiário e mestrando em geografia Raphael Brizzi (IBGE) pelo suporte no acesso aos dados cartográficos.

À todos os órgãos visitados e funcionários pela atenção: Fundação CEPERJ; Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial / CPRM; Gerência de Hidrologia, Hidráulica, Faixa de Marginal de Proteção e Outorga / INEA; Gerência de Geoprocessamento e Estudos

Ambientais / INEA; Secretaria de Meio Ambiente de Duque de Caxias; Defesa Civil de Duque de Caxias; Secretaria de Urbanismo de Duque de Caxias; Secretaria de Meio Ambiente de Petrópolis.

À todos os órgãos contatados, pela atenção: Secretaria de Estado da Defesa Civil / CBMERJ; Núcleo de Análise e Diagnóstico de Escorregamentos / DRM; Defesa Civil de Petrópolis; Secretaria de Meio Ambiente de Magé; Defesa Civil de Magé.

À banca examinadora deste trabalho, por todas as valiosas contribuições, sugestões e atenção dedicada: Profa. Ana Lucia Nogueira de Paiva Britto; Prof. Luiz Felipe Guanaes Rego; Profa. Nadja Maria Castilho da Costa; e Profa. Rosa Maria Formiga Johnsson. Agradeço ainda pela disponibilidade e atenção dedicada: Prof. Raúl Sánchez Vicens e Profa. Luciene Pimentel da Silva.

À minha orientadora Liane Dornelles, por toda parceria e dedicação ao longo de todo o processo de desenvolvimento deste trabalho.

Obrigado!

A VIDA

Na vida ter lida,
Ter graça na vida,
Ter luta aguerrida,
Ter vida vivida.
[...]

Edvaldo Gonçalves de Araújo

RESUMO

CONCEIÇÃO, R. S. *Indicadores de Avaliação ambiental em Áreas de Preservação Permanente (APPs) na sub-bacia do rio Saracuruna – RJ*. 2014. 491 f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente) – Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

Áreas de Preservação Permanente (APPs) configuram áreas protegidas, cobertas ou não por vegetação nativa, legalmente estabelecidas em lei. Estas possuem funções ambientais que se integram entre si e se associam às suas diferentes categorias. O trabalho objetivou a adaptação do sistema de indicadores PEIR (pressão, estado, impacto, resposta) para avaliação ambiental integrada de APPs, com aplicação na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ. Especificamente visou: a) Levantamento da legislação pertinente às APPs inseridas no contexto do uso e ocupação do solo e gestão ambiental integrada; b) Delimitação das faixas de APP, segundo os parâmetros definidos pelo Código Florestal para cada categoria existente na área; c) Seleção de indicadores ambientais relacionados às APPs delimitadas considerando suas diversas categorias e funções ambientais associadas; d) Avaliação do potencial e limitações da aplicação de indicadores de avaliação integrada em APPs, envolvendo a espacialização das informações com suporte de geotecnologias, com enfoque para a legitimação/intervenções nas faixas inseridas na sub-bacia em estudo. Metodologicamente envolveu a pesquisa bibliográfica, compreendendo o levantamento de todo o arcabouço jurídico ambiental pertinente às APPs e das referências de cartas de indicadores; a caracterização física e humana da sub-bacia, subsidiando a delimitação e pré-avaliação de APPs; a seleção de indicadores ambientais voltados à avaliação integrada de APPs, a aplicação, com o suporte de geotecnologias, de parte destes indicadores estruturados em ciclos PEIR frente à hierarquização, exemplificativa, das funções ambientais por grupo de categorias de APPs; e, por fim, a elaboração de mapas-síntese da situação das faixas de APP ligadas à drenagem e ao relevo de altitude, com enfoque na legitimação das mesmas. A revisão das políticas específicas e transversais às APPs e de seus planos incidentes atestou uma ampla base para a gestão local ou compartilhada destas faixas, no entanto, a delimitação de APPs em função da realidade local ainda não ocorre. A Carta-síntese de indicadores de avaliação integrada de APPs na sub-bacia contemplou um conjunto de quarenta indicadores, dentre os quais vinte e seis compuseram dois ciclos aplicados e seis ciclos parcialmente aplicados. Para as APPs ligadas à drenagem e ao relevo de altitude foram aplicados, respectivamente, os indicadores de: a) pressão: “Alteração de áreas naturais por áreas antrópicas” e “Evolução da área urbana em encostas”; b) estado: “Impermeabilização do solo” e “Qualidade ambiental das terras”; c) impacto: “Áreas críticas de inundação” e “Áreas de risco de escorregamentos ou desmoronamentos”; e d) resposta: “Plano de bacia hidrográfica” e “Áreas de risco recuperadas”. Tais ciclos atestaram a precisão dos indicadores de pressão e estado quando da avaliação sobre a preservação em APPs, porém não foram capazes de explicar isoladamente a causa de impactos, os quais não ocorrem de maneira exclusiva nestas faixas. Demonstraram ainda um nível maior de antropização em APPs localizadas na porção de baixada da sub-bacia, principalmente em margens de rios. Sendo assim, cabem ações voltadas à fiscalização de APPs legitimadas, à recuperação de faixas com baixa interferência humana, e às intervenções urbanísticas ou prioritárias em áreas degradadas ou impactadas.

Palavras-chave: Área de Preservação Permanente. Função ambiental. Matriz PEIR. Sub-bacia do rio Saracuruna.

ABSTRACT

CONCEIÇÃO, R. S. *Indicators for environmental valuation of Permanent Preservation Areas (PPAs) in the subbasin of river Saracuruna, RJ.* 2014. 491 f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente) – Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

Permanent Preservation Areas (PPAs) configure protected areas, covered or not by native vegetation, legally established by law. These areas have environmental functions that integrate with each other and are associated with their different categories. The study aimed the adaptation of the system of PSIR indicators (pressure, state, impact, and response) for integrated environmental evaluation of PPAs, with application in the sub basin of river Saracuruna, RJ. Specifically aimed: a) Survey of relevant legislation about PPAs, inserted in the context of the use and occupation of land and integrated environmental management; b) Delimitation of strip of PPAs, according to parameters defined by Brazilian Forest Code for each categorie in the area; c) Selection of environmental indicators related to the delimited PPAs considering its various categories and associated environmental functions; d) Evaluation of the potential and limitations of application of indicators of integrated evaluation in PPAs, involving the spatialisation of the information supported by Geotechnology, with a focus in the legitimization/interventions of the strips of PPAs on the subbasin under study. Methodologically involved the bibliographical research, including the survey of all the relevant environmental and legal framework about PPAs and the collect of the reference of letters of indicators, the physical and human characteristics of the subbasin, supporting the delimitation and pre-assessment of its PPAs; the selection of environmental indicators focused on integrated assessment of PPAs; the application, supported by geotechnology, of part of these indicators structured in PSIR cycles in view of the, exemplary, hierarchization of environmental functions by category group of PPAs; and, finally, the development of maps-synthesis of the situation of the bands of PPAs connected to the drainage and the relief of altitude, with a focus on legitimizing this bands. The review of specific and cross-cutting policies to PPAs and their incident plans testified a broad base for local or shared management of these bands, however, the delimitation of the PPAs depending on the local conditions does not exist yet. The letter-synthesis of indicators of integrated evaluation of PPAs in the subbasin included a set of 40 (forty) indicators, of which 26 (twenty-six) composed 2 (two) applied cycles and 6 (six) partially applied cycles. For the APPs related to drainage and relief of altitude were applied, respectively, indicators: a) pressure: “Change of natural areas to disturbed areas” and “Evolution of urban area on slopes” b) state: “Waterproofing of soil” and “Environmental quality of the land”; c) impact: “Critical areas of flooding” and “Areas of risk of landslides or mudslides”; and d) response: “Basin plan” and “Risk areas recovered”. Such cycles have attested to the accuracy of indicators of pressure and state in the evaluation of the preservation in PPAs, but were not able to explain alone the cause of impacts, which do not occur exclusively in these bands. Also showed a higher level of human disturbance in PPAs located in the lowland portion of the subbasin, especially on river banks. Therefore, actions that aim the supervision of legitimized PPAs are appropriate, as well as action that aimed the recovery of tracks with low human interference and the urban or priority interventions in degraded or impacted areas.

Keywords: Permanent Preservation Area. Environmental function. Matrix PSIR. The subbasin of Saracuruna River.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Organização das Entidades integrantes do SINGREH no Estado do RJ.....	83
Figura 2 -	Ciclo do modelo <i>PEIR</i>	94
Figura 3 -	Comparação entre representações de diferentes objetos do mundo real por meio de vetores e <i>pixels</i>	131
Figura 4 -	Estrutura de dados vetorial: vértices de ponto, linha e polígono.....	132
Figura 5 -	Relacionamento entre as componentes gráfica e não-gráfica de uma base dados.....	133
Figura 6 -	Superfície e grade regular correspondente.....	138
Figura 7 -	Superfície e malha triangular correspondente.....	139
Figura 8 -	Tela parcial do ArcGIS contendo limite da sub-bacia do rio Saracuruna, RJ, vetorizado a partir das folhas topográficas de 1:50.000 do IBGE.....	152
Figura 9 -	Tela do ArcGIS contendo a edição do limite da sub-bacia do rio Saracuruna, RJ, vetorizado em escala de 1:50.000 e adaptado para 1:25.000.....	154
Figura 10 -	Tela do ArcGIS contendo o uso do interpolador “ <i>Topo to Raster</i> ” para a geração do MDE da área da sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	156
Figura 11 -	Tela do ArcGIS contendo a definição da classificação e simbologia associada ao mapa hipsométrico da sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	157
Figura 12 -	Tela do ArcGIS contendo o uso da ferramenta “ <i>Slope</i> ” para a geração da declividade a partir do MDE da sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	158
Figura 13 -	Tela do ArcGIS contendo o uso da função “ <i>Paste</i> ” associado à edição da base de geomorfologia da sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	159
Figura 14 -	Tela do ArcGIS contendo o uso da ferramenta “ <i>Intersect</i> ” para a sobreposição de informações de vegetação e hipsometria da sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	160
Figura 15 -	Tela de “ <i>Add Field</i> ” do ArcGIS.....	161
Figura 16 -	Tela do ArcGIS contendo a tabela de atributos da malha de distritos e inserção dos valores referentes à taxa de crescimento de domicílios.....	162
Figura 17 -	Tela de “ <i>Field Calculator</i> ” do ArcGIS.....	163
Figura 18 -	Tela parcial do ArcGIS contendo exemplificação de medição da largura de rio na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	167
Figura 19 -	Tela do ArcGIS contendo o uso da ferramenta “ <i>Buffer</i> ” para a geração das	

	faixas marginais de rios na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	168
Figura 20 -	Amostra de reservatório d'água.....	170
Figura 21 -	Tela do ArcGIS contendo o uso da ferramenta “ <i>Reclassify</i> ” para o isolamento da declividade superior a 45° na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ..	172
Figura 22 -	Tela do ArcGIS contendo o uso da ferramenta “ <i>Raster to polygon</i> ” para a conversão entre formatos da base de declividade na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	173
Figura 23 -	Tela do ArcGIS contendo o uso da ferramenta “ <i>Fill</i> ” para a obtenção do MDE hidrologicamente consistente da sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	175
Figura 24 -	Ilustração de funcionamento da ferramenta “ <i>Fill</i> ” do ArcGIS.....	175
Figura 25 -	Tela do ArcGIS contendo o uso da ferramenta “ <i>Raster Calculator</i> ” para a obtenção do MDEHC invertido da sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	176
Figura 26 -	Tela do ArcGIS contendo o uso da ferramenta “ <i>Flow Direction</i> ” para a obtenção da direção de fluxo da sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	177
Figura 27 -	Tela do ArcGIS contendo o uso da ferramenta “ <i>Basin</i> ” para a delimitação das bacias de drenagem (invertidas) da sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	178
Figura 28 -	Representação esquemática da identificação de elevações.....	178
Figura 29 -	Tela do ArcGIS contendo o uso da ferramenta “ <i>Zonal Statistics</i> ” para a obtenção da altura de cada elevação da sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	179
Figura 30 -	Exemplificação de uso da função “ <i>Intersect</i> ” para extração das feições a partir da sobreposição das APPs em outra camada, em um quadrante qualquer.....	190
Figura 31 -	Exemplificação de uso da função “ <i>Intersect</i> ” para extração das feições a partir da sobreposição das APPs em outras duas camadas, em um quadrante qualquer.....	190
Figura 32 -	Janela de “ <i>Select by location</i> ”, ArcGIS.....	191
Figura 33 -	Exemplificação de uso da função “ <i>Select by location</i> ” para seleção das feições pontuais que intercedem com as APPs, em um quadrante qualquer.....	191
Figura 34 -	Tela do ArcGIS contendo o uso da ferramenta “ <i>Calculate Geometry</i> ” para a identificação de área das classes de feições de um mapeamento qualquer.....	192
Figura 35 -	Tela do ArcGIS contendo o uso da ferramenta de edição “ <i>Merge</i> ” para a agregação das feições de uso convencionadas como “área urbana”.....	194
Figura 36 -	Articulação das folhas referentes ao levantamento de 1:25.000 (IBGE) na	

	Região Metropolitana do Rio de Janeiro, RJ.....	196
Figura 37 -	Amostras evidenciando o surgimento de novas edificações (2003-2011).....	198
Figura 38 -	Amostras evidenciando o surgimento de nova instalação (2003-2011).....	199
Figura 39 -	Amostras evidenciando o surgimento de nova área de cultivo (2003-2011)....	199
Figura 40 -	Amostras evidenciando o surgimento de nova área degradada (2003-2011)....	200
Figura 41 -	Amostra de “urbano”.....	204
Figura 42 -	Amostra de “solo desnudado”.....	204
Figura 43 -	Amostra de “campo antrópico”.....	205
Figura 44 -	Amostra de “aglomerado subnormal”.....	205
Figura 45 -	Amostra de “indústrias e instalações”.....	206
Figura 46 -	Amostra de “ocupação dispersa”.....	206
Figura 47 -	Amostra de “infraestrutura”.....	207
Figura 48 -	Amostra de “exploração mineral”.....	207
Figura 49 -	Amostra de “cultivo”.....	208
Figura 50 -	Amostra de “floresta”.....	208
Figura 51 -	Amostra de “arbóreo-arbustiva”.....	209
Figura 52 -	Amostra de “campo”.....	209
Figura 53 -	Amostra de “afloramento rochoso”.....	210
Figura 54 -	Amostra de “corpos d’água”.....	210
Figura 55 -	Amostra de “campo inundável”.....	211
Figura 56 -	Tela do ArcGIS contendo o uso do grupo de ferramentas de edição “ <i>Feature Construction</i> ” para a inclusão de vértices.....	211
Figura 57 -	Extração mineral na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	212
Figura 58 -	Tela do GTM com a plotagem dos pontos do trabalho de campo na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	213
Figura 59 -	Uso identificado como “cultivo”, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	214
Figura 60 -	Uso identificado como “campo antrópico”, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ...	214
Figura 61 -	Tela do ArcGIS contendo o uso da ferramenta de “ <i>Dissolve</i> ” para reclassificação do uso do solo em classes de qualidade ambiental das terras...	217
Figura 62 -	Tela do ArcGIS contendo o uso de ferramentas de “ <i>Georeferencing</i> ” para georeferenciamento de imagem contemplando as áreas de inundação.....	221
Figura 63 -	Vetorização de ponto de risco iminente e alimentação da tabela de atributos junto ao módulo de edição (entrada de dados) do ArcGIS.....	223

Figura 64 -	Topo de elevação e linha de cumeeada na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	234
Figura 65 -	Terreno brejoso na porção de baixada da sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	236
Figura 66 -	Captura de imagem de satélite da área de confluência dos cursos d'água: rio Saracuruna e vala do Farias, ao sul da sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	245
Figura 67 -	Mosaico de fotos com diferentes paisagens ao longo da trajetória do rio Saracuruna, RJ.....	246
Figura 68 -	Floresta ombrófila densa junto ao Distrito de Petrópolis, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	249
Figura 69 -	Vegetação de mata ciliar às margens do rio Saracuruna, junto ao Distrito de Xerém, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	250
Figura 70 -	Vegetação típica em um topo de elevação junto ao Distrito de Petrópolis, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	250
Figura 71 -	Brejo, com vegetação herbácea, próximo ao rio Saracuruna, RJ.....	251
Figura 72 -	Vegetação arbóreo-arbustiva, às margens do rio Roncador, na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	252
Figura 73 -	Vista do Parque Natural da Caixa D'Água, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ...	255
Figura 74 -	Entrada do Parque Natural da Taquara, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	256
Figura 75 -	Sede da Rebio do Parque Equitativa, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	257
Figura 76 -	Ocupação urbana em Duque de Caxias, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	261
Figura 77 -	Ocupação urbana em Magé, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	262
Figura 78 -	Ocupação urbana em Petrópolis, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	263
Figura 79 -	Rodoviária e início da mancha urbana de Petrópolis, parcialmente inserida na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	264
Figura 80 -	Indústria em Duque de Caxias, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	266
Figura 81 -	Rancho em Duque de Caxias, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	269
Figura 82 -	Bananeiras às margens do médio curso do rio Saracuruna, RJ.....	269
Figura 83 -	Ocupação pertencente ao Aglomerado subnormal "Contorno I", Distrito de Petrópolis, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	270
Figura 84 -	Entrada do condomínio Via Parque, na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	277
Figura 85 -	Domicílio em situação irregular, na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	278
Figura 86 -	Lançamento de esgoto no rio Santo Antônio, Distrito de Xerém, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	285
Figura 87 -	Lançamento de esgoto no ribeirão do Imbariê, Distrito de Inhomirim, sub-	

	bacia do rio Saracuruna, RJ.....	287
Figura 88 -	Acúmulo de lixo às margens do rio Saracuruna, Xerém, RJ.....	289
Figura 89 -	Lixo jogado em terreno desocupado, Campos Elyseos, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	291
Figura 90 -	Rio Taquara, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	295
Figura 91 -	Canal Taquara, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	296
Figura 92 -	Prática irregular no Reservatório da Taquara, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	297
Figura 93 -	Reservatório de Saracuruna, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	298
Figura 94 -	Reservatório da Barragem do Meio, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	300
Figura 95 -	Presença de aguapé no rio da Figueira, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	303
Figura 96 -	Cicatrizes de erosão às margens do rio Saracuruna, RJ.....	305
Figura 97 -	Ocupação de edificações à margem de um dos afluentes do rio Farias (Campos Elyseos), sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	333
Figura 98 -	Ocupação de edificações junto à faixa marginal de um dos afluentes do baixo curso do rio Saracuruna (Campos Elyseos), sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	334
Figura 99 -	Ocupação de instalação junto à faixa marginal do Canal de Santo Antônio (Xerém), sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	335
Figura 100 -	Impermeabilização nula na faixa marginal do ribeirão do Imbariê (limite entre Imbariê e Inhomirim), sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	341
Figura 101 -	Nível baixo de impermeabilização na faixa marginal do rio Saracuruna (médio curso, em Xerém), sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	341
Figura 102 -	Nível médio de impermeabilização na faixa marginal do rio da Figueira (Imbariê), sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	342
Figura 103 -	Nível alto de impermeabilização na faixa marginal do canal Farias (Campos Elyseos), sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	343
Figura 104 -	Nível alto de impermeabilização na faixa marginal do rio Saracuruna (baixo curso, limite entre Imbariê e Campos Elyseos), sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	344
Figura 105 -	Ocupação junto à calha do rio Saracuruna (médio curso, em Xerém), RJ.....	352
Figura 106 -	Ocupação e evidência de cheia junto à calha do rio Saracuruna (médio curso, em Xerém), RJ.....	353

Figura 107 - Evidência do trabalho de arrasto da vegetação junto à planície de inundação do rio Saracuruna (médio curso, em Xerém), RJ.....	353
Figura 108 - Canal Farias após dragagem em janeiro de 2010, Campos Elyseos, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	355
Figura 109 - Canal Farias assoreado e recoberto por mato em abril de 2013, Campos Elyseos, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	356
Figura 110 - Página inicial do Sistema de Alerta de Cheias do INEA.....	357
Figura 111 - Aglomerado subnormal “Duques”, em Petrópolis, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	379
Figura 112 - Ocupação urbana acima de 100 metros em vertente localizada em Petrópolis, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	381
Figura 113 - Ocupação urbana informal acima de 100 metros (Aglomerado subnormal “Contorno I”), Petrópolis, na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	384
Figura 114 - Mosaico de fotos do setor de risco iminente a escorregamentos vinculado ao Aglomerado subnormal “Alto Independência”, Petrópolis, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	389
Figura 115 - Mosaico de fotos evidenciando execução de obras em setor de risco iminente a escorregamentos na sub-bacia do rio Inhomirim, RJ.....	392
Figura 116 - Cicatrizes de erosão frutos de movimentos de massa em Xerém, ao norte da sub-bacia do rio Saracuruna.....	394
Figura 117 - Foz do rio Saracuruna e manguezal do rio Estrela, RJ.....	400

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 –	Localização da sub-bacia do rio Saracuruna, parcialmente inserida nos municípios de Duque de Caxias, Magé e Petrópolis, RJ.....	32
Mapa 2 –	Localização da sub-bacia do rio Saracuruna, junto à bacia do rio Estrela, RJ..	229
Mapa 3 –	Hipsometria da sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	231
Mapa 4 –	Declividade da sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	233
Mapa 5 –	Geomorfologia da sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	235
Mapa 6 –	Litologia da sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	237
Mapa 7 –	Pedologia da sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	239
Mapa 8 –	Isoietas anuais (1968-1995) na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	242
Mapa 9 –	Drenagem da sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	244
Mapa 10 –	Uso e cobertura vegetal (2003) na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	248
Mapa 11 –	Unidades de Conservação na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	254
Mapa 12 –	Vias de circulação na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	260
Mapa 13 –	Atividades industriais e exploratórias desenvolvidas na sub-bacia do Saracuruna, RJ.....	265
Mapa 14 –	Situação dos setores censitários (2010) na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ....	268
Mapa 15 –	Aglomerados subnormais na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	271
Mapa 16 –	Percentual de crescimento (2000-2010) de domicílios por distritos que compõem a sub-bacia do Saracuruna, RJ.....	273
Mapa 17 –	Densidade de domicílios (2000) por setor censitário na sub-bacia do Saracuruna, RJ.....	275
Mapa 18 –	Densidade de domicílios (2010) por setor censitário na sub-bacia do Saracuruna, RJ.....	276
Mapa 19 –	Densidade domiciliar média (2010) por setor censitário na sub-bacia do Saracuruna, RJ.....	279
Mapa 20 –	Rendimento médio mensal (2010) por setor censitário na sub-bacia do Saracuruna, RJ.....	281
Mapa 21 –	Percentual de domicílios com abastecimento de água da rede geral (2010) por setor censitário na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	283
Mapa 22 –	Percentual de domicílios com abastecimento de água de poço ou nascente na propriedade (2010) por setor censitário na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ....	284

Mapa 23 –	Percentual de domicílios com esgotamento sanitário via rede geral de esgoto / pluvial ou fossa séptica (2010) por setor censitário na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	286
Mapa 24 –	Percentual de domicílios com esgotamento sanitário via vala ou rio (2010) por setor censitário na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	288
Mapa 25 –	Percentual de domicílios com lixo coletado (2010) por setor censitário na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	290
Mapa 26 –	Percentual de domicílios com lixo jogado em terreno baldio, logradouro ou rio (2010) por setor censitário na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	292
Mapa 27 –	Recursos Hídricos na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	294
Mapa 28 –	Delimitação das faixas marginais de rios, entorno de nascentes e de reservatórios d'água na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	326
Mapa 29 –	Ocorrências de alteração para usos antrópicos (2003-2011) na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	328
Mapa 30 –	Níveis de impermeabilização do solo na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	336
Mapa 31 –	Áreas críticas de inundação (2004) na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	347
Mapa 32 –	Percentual de domicílios com acesso à infraestrutura sanitária (2010) por setor censitário na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	360
Mapa 33 –	Uso do solo (2011) na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	362
Mapa 34 –	Síntese da situação das Áreas de Preservação Permanente ligadas à drenagem na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	371
Mapa 35 –	Localização dos pontos de demarcação da largura dos rios para fins de determinação de FMPs na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	373
Mapa 36 –	Delimitação das faixas de topo de elevações e de declividade acima de 45° na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	376
Mapa 37 –	Localização da ocupação urbana (2011) acima de 100 metros na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	378
Mapa 38 –	Qualidade ambiental das terras na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	382
Mapa 39 –	Localização dos setores de risco iminente a escorregamentos (2007-2011) na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	388
Mapa 40 –	Síntese da situação das Áreas de Preservação Permanente ligadas ao relevo de altitude na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	398
Mapa 41 –	Delimitação da faixa de manguezal na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	401

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 –	Indicadores de Desenvolvimento Sustentável – potenciais e limitações.....	96
Quadro 2 –	Índices de Desenvolvimento Sustentável – potenciais e limitações.....	97
Quadro 3 –	Descrição dos elementos básicos para interpretação de imagens.....	144
Quadro 4 –	Tipos de solos na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	240
Quadro 5 –	Percentual de crescimento (2000-2010) de domicílios, por sua situação, nos municípios que compõem a sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	272
Quadro 6 –	Legislações não-específicas e transversais às APPs, e planos associados com influência na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	307
Quadro 7 –	Carta-síntese de indicadores de avaliação integrada de APPs na sub-bacia do rio Saracuruna – RJ, diretamente e <i>transversalmente</i> ligados ao tema.....	315
Quadro 8 –	Indicadores selecionados e vínculos com as funções ambientais das APPs.....	316
Quadro 9 –	Informações básicas sobre indicadores efetivamente mensurados para a avaliação integrada de APPs na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	319
Quadro 10 –	Informações básicas sobre indicadores com potencial para mensuração para a avaliação integrada de APPs na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	322
Quadro 11 –	Ciclo 1 aplicado ao grupo de APPs ligadas à drenagem.....	327
Quadro 12 –	Número e percentual de pontos de alteração para usos antrópicos (2003-2011), por tipo, na área da sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	329
Quadro 13 –	Ranking das principais correspondências entre usos pretéritos (2003), tipos de alteração e usos atuais (2011) na área da sub-bacia do rio Saracuruna, RJ..	330
Quadro 14 –	Percentual relativo entre o número de alterações para usos antrópicos (2003-2011) na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ e em suas faixas marginais de rios, por distritos parcialmente inseridos.....	331
Quadro 15 –	Número e percentual de pontos de alteração para usos antrópicos (2003-2011), por tipo, em faixas marginais de rios na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	332
Quadro 16 –	Ranking das principais correspondências entre usos pretéritos (2003), tipos de alteração e usos atuais (2011) em faixas marginais de rios na área da sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	333
Quadro 17 –	Percentual de impermeabilização por área distrital inserida na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	337

Quadro 18 – Percentual de impermeabilização por categorias de APPs ligadas à drenagem na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	339
Quadro 19 – Percentual de impermeabilização em faixas marginais de rios, por área distrital inserida na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	340
Quadro 20 – Percentual de impermeabilização em faixas de entorno de nascentes, por área distrital inserida na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	345
Quadro 21 – Percentual de impermeabilização em faixas de entorno de reservatórios d’água artificiais, por área distrital inserida na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	345
Quadro 22 – Relação dos rios e faixas marginais associados às áreas críticas de inundação na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	348
Quadro 23 – Níveis de impermeabilização em áreas críticas de inundação na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	349
Quadro 24 – Níveis de impermeabilização em áreas críticas de inundação por porção distrital na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	350
Quadro 25 – Níveis de impermeabilização em faixas marginais de rios inseridas em áreas críticas de inundação na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	351
Quadro 26 – Níveis de impermeabilização em faixas marginais de rios inseridas em áreas críticas de inundação por porção distrital na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ..	351
Quadro 27 – Ciclos parcialmente aplicados para avaliação de APPs – Grupo de categorias ligadas à drenagem.....	359
Quadro 28 – Percentual de uso do solo (2011) em categorias de APPs ligadas à drenagem e na área total da sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	363
Quadro 29 – Percentual de APPs inseridas em UCs na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	369
Quadro 30 – Percentual referente à situação das APPs ligadas à drenagem na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	372
Quadro 31 – Listagem dos processos de FMPs na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	374
Quadro 32 – Ciclo aplicado ao grupo de APPs ligadas ao relevo de altitude.....	377
Quadro 33 – Área e percentual de áreas urbanas inseridas em faixas de topo de elevações e de declividade acima de 45° na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	380
Quadro 34 – Distribuição do percentual de ocupação urbana em faixas de topo de elevações e de declividade acima de 45° por áreas formais e informais na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	380

Quadro 35 – Percentual de qualidade ambiental das terras por área distrital inserida na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	383
Quadro 36 – Percentual de qualidade ambiental das terras por categorias de APPs ligadas ao relevo de altitude na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	385
Quadro 37 – Percentual de qualidade ambiental das terras em topos de elevações, por área distrital inserida na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	386
Quadro 38 – Percentual de qualidade ambiental das terras em faixas acima de 45° de declividade, por área distrital inserida na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	386
Quadro 39 – Informações e recursos financeiros previstos em 2007 para as intervenções junto aos sub-setores de risco vinculados ao setor de risco do Aglomerado subnormal “Alto Independência”, Petrópolis, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	391
Quadro 40 – Ciclos parcialmente aplicados para avaliação de APPs – Grupo de categorias ligadas ao relevo de altitude.....	393
Quadro 41 – Percentual referente à situação das APPs ligadas ao relevo de altitude na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	399
Quadro 42 – Ciclos parcialmente aplicados para avaliação de APPs – Categoria isolada de manguezal.....	402
Quadro 43 – Percentual de uso do solo em APP de manguezal na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	405
Quadro 44 – Proposta da Agenda 21 Local de Magé quanto à garantia da função ambiental de APPs.....	406
Quadro 45 – Síntese das avaliações desenvolvidas junto aos ciclos <i>PEIR</i> aplicados.....	418

LISTA DE FLUXOGRAMAS

Fluxograma 1 –	Evolução do Código Florestal e principais alterações no tratamento de APPs.....	50
Fluxograma 2 –	Estrutura geral da pesquisa.....	149
Fluxograma 3 –	Etapas e materiais utilizados na delimitação da sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	151
Fluxograma 4 –	Materiais e procedimentos para delimitação de APPs a margem de rios na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	166
Fluxograma 5 –	Materiais e procedimentos para delimitação de APPs no entorno de reservatórios d’água artificiais na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	169
Fluxograma 6 –	Materiais e procedimentos para delimitação de APPs no entorno de nascentes na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	171
Fluxograma 7 –	Materiais e procedimentos para delimitação de APPs de declividade superior a 45° na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	172
Fluxograma 8 –	Materiais e procedimentos para delimitação de APPs de topo de elevações na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	174
Fluxograma 9 –	Materiais e procedimentos para delimitação de APP de manguezal na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	181
Fluxograma 10 –	Estrutura geral da etapa da pesquisa relacionada à seleção de indicadores.....	182
Fluxograma 11 –	Procedimentos relativos à composição do quadro-listagem de indicadores em potencial à avaliação de APPs na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	185
Fluxograma 12 –	Síntese dos procedimentos relativos à hierarquização das funções ambientais por grupos de categorias de APP e composição da Carta-síntese de indicadores de avaliação integrada das mesmas.....	188
Fluxograma 13 –	Estrutura de apresentação dos ciclos aplicados e parcialmente aplicados e seus produtos vinculados.....	189
Fluxograma 14 –	Materiais e procedimentos para a confecção do Mapa de localização da ocupação urbana (2011) acima de 100 metros na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	194
Fluxograma 15 –	Materiais e procedimentos para a confecção do Mapa de ocorrências	

	de alteração para usos antrópicos (2003-2011) na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	197
Fluxograma 16 –	Materiais e procedimentos para a confecção do Mapa de uso do solo (2011) da sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	202
Fluxograma 17 –	Materiais e procedimentos para a confecção do Mapa de qualidade ambiental das terras na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	215
Fluxograma 18 –	Materiais e procedimentos para a confecção do Mapa de níveis de impermeabilização do solo na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	218
Fluxograma 19 –	Materiais e procedimentos para a confecção dos mapas síntese da situação das Áreas de Preservação Permanente ligadas à drenagem e ao relevo de altitude na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	226

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
APA	Área de Proteção Ambiental
APP	Área de Preservação Permanente
CBH	Comitê de Bacia Hidrográfica
CEDAE	Companhia Estadual de Águas e Esgotos
CEF	Caixa Econômica Federal
CEPERJ	Centro Estadual de Estatísticas, Pesquisas e Formação de Servidores Públicos do Rio de Janeiro
COMPERJ	Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONPDEC	Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CRHBG+SLMJ	Comitê da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara e dos Sistemas Lagunares de Maricá e Jacarepaguá
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DILAM	Diretoria de Licenciamento Ambiental
DPSIR	<i>Driving Force-Pressure-State-Impact-Response</i>
DRM-RJ	Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro
DSR	<i>Driving Force-State-Response</i>
EEA	<i>European Environment Agency</i>
ESRI	<i>Environmental Systems Research Institute</i>
ETE	Estação de Tratamento de Efluentes
FASE	Federação de Órgãos para a Assistência Social e Educacional
FCIDE	Fundação Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro
FEEMA	Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente
FMP	Faixa Marginal de Proteção
GEO	<i>Global Environment Outlook</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
GTM	<i>GPS TrackMaker</i>
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IBG	Instituto da Baía de Guanabara
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INEA	Instituto Estadual do Ambiente
IPP	Instituto Pereira Passos
IQA	Índice de Qualidade da Água
LAGEPRO	Laboratório de Geoprocessamento
MDE	Modelo Digital de Elevação
MDEHC	Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente
MDT	Modelo Digital do Terreno
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NADE	Núcleo de Análise e Diagnóstico de Escorregamentos
NIMA	Núcleo Interdisciplinar de Meio Ambiente
OECD	<i>Organisation for Economic Co-operation and Development</i>
ONG	Organização Não-Governamental
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
PEIR	Pressão-Estado-Impacto-Resposta
PER	Pressão-Estado-Resposta
PMCMV	Programa Minha Casa Minha Vida
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
PNPDEC	Política Nacional de Proteção e Defesa Civil
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
REBIO	Reserva Biológica
REDUC	Refinaria de Duque de Caxias
RHBG+SLMJ	Região Hidrográfica da Baía de Guanabara e dos Sistemas Lagunares de Maricá e Jacarepaguá
SEA	Secretaria de Estado do Ambiente
SEDEC	Secretaria de Estado de Defesa Civil do Rio de Janeiro
SEDEMA	Serviço de Demarcação de Faixa Marginal de Proteção
SERLA	Superintendência Estadual de Rios e Lagoas
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

SINIMA	Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente
SINPDEC	Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
SR	Sensoriamento Remoto
SRHU	Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano
TCE-RJ	Tribunal de Contas do Estado do Rio de Janeiro
UC	Unidade de Conservação
UERJ	Universidade do Estado do Rio de Janeiro
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
ZEIA	Zona Especial de Interesse Ambiental

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	29
1	ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APPs): ASPECTOS LEGAIS E RELEVÂNCIA AMBIENTAL	35
1.1	Código Florestal e APPs	35
1.1.1	<u>Conceito de APP: categorias e funções ambientais</u>	51
1.2	Política de desenvolvimento urbano e diretrizes de uso e ocupação em APPs	63
1.3	Bacia hidrográfica: recorte de gestão integrada de APPs e recursos hídricos	75
2	PROJETO GEO	87
2.1	Disseminação do Projeto GEO no mundo e no Brasil	87
2.2	Modelo Pressão-Estado-Impacto-Resposta (PEIR)	92
2.2.1	<u>Indicadores de Pressão</u>	101
2.2.2	<u>Indicadores de Estado</u>	103
2.2.3	<u>Indicadores de Impacto</u>	105
2.2.4	<u>Indicadores de Resposta</u>	108
2.2.5	<u>Experiências, potencial e limitações na utilização de indicadores e modelo PEIR</u> ...	110
2.3	Indicadores e avaliação de APPs	120
3	GEOTECNOLOGIAS	127
3.1	Geoprocessamento e investigação ambiental	127
3.1.1	<u>Sistema de Informação Geográfica (SIG)</u>	130
3.1.1.1	Interpretação visual de imagens em SIG.....	142
3.2	Geotecnologias como suporte à avaliação de APPs	145
4	MATERIAIS E MÉTODOS	149
4.1	Delimitação e caracterização da sub-bacia do rio Saracuruna	150
4.2	Identificação e delimitação das APPs na área de estudo	165
4.3	Seleção de indicadores ambientais	182
4.4	Utilização e aplicação de indicadores integrados	188
4.4.1	<u>Indicadores de Pressão</u>	193
4.4.1.1	Diretamente ligados ao tema.....	193
4.4.1.2	Transversalmente ligados ao tema.....	200
4.4.2	<u>Indicadores de Estado</u>	202
4.4.2.1	Diretamente ligados ao tema.....	202

4.4.3	<u>Indicadores de Impacto</u>	220
4.4.3.1	Diretamente ligados ao tema.....	220
4.4.4	<u>Indicadores de Resposta</u>	224
4.4.4.1	Diretamente ligados ao tema.....	224
4.5	Elaboração dos mapeamentos vinculados à legitimação de APPs	226
5	ÁREA DE ESTUDO	228
5.1	Localização	228
5.2	Caracterização física da sub-bacia do rio Saracuruna	230
5.2.1	<u>Relevo e solos</u>	230
5.2.2	<u>Clima e hidrografia</u>	241
5.3	Aspectos bióticos na sub-bacia do rio Saracuruna	247
5.3.1	<u>Cobertura vegetal e uso do solo</u>	247
5.3.2	<u>Áreas protegidas</u>	253
5.4	Caracterização socioeconômica na sub-bacia do rio Saracuruna	257
5.4.1	<u>Estruturação e ocupação territorial</u>	257
5.4.2	<u>Aspectos sócio-demográficos</u>	272
5.4.3	<u>Infraestrutura de saneamento</u>	282
5.5	Situação dos recursos hídricos na sub-bacia do rio Saracuruna	293
5.6	Problemas ambientais na sub-bacia do rio Saracuruna e suas APPs	301
5.7	Instrumentos e planos e gestão incidente às APPs da sub-bacia do rio Saracuruna	306
6	RESULTADOS	314
6.1	Indicadores selecionados	314
6.2	Ciclos para avaliação de APPs de margem de rios, entorno de nascentes e de reservatórios d'água artificiais	324
6.2.1	<u>Faixas delimitadas para a margem de rios, entorno de nascentes e reservatórios d'água artificiais</u>	324
6.2.2	<u>Ciclo aplicado</u>	327
6.2.2.1	Indicador de Pressão - Alteração de áreas naturais por áreas antrópicas.....	327
6.2.2.2	Indicador de Estado - Impermeabilização do solo.....	335
6.2.2.3	Indicador de Impacto - Áreas críticas de inundação.....	346
6.2.2.4	Indicador de Resposta - Plano de bacia hidrográfica.....	354
6.2.3	<u>Ciclos parcialmente aplicados</u>	358

6.2.4	<u>Legitimação de APPs de margem de rios, entorno de nascentes e de reservatórios d'água artificiais.....</u>	370
6.3	Ciclos para avaliação de APPs de topo de elevações e de declividade acima de 45°.....	375
6.3.1	<u>Faixas delimitadas para topo de elevações e declividade acima de 45°.....</u>	375
6.3.2	<u>Ciclo aplicado.....</u>	377
6.3.2.1	Indicador de Pressão - Evolução da área urbana em encostas.....	377
6.3.2.2	Indicador de Estado - Qualidade ambiental das terras.....	381
6.3.2.3	Indicador de Impacto – Áreas de risco de escorregamentos ou desmoronamentos....	387
6.3.2.4	Indicadores de Resposta - Áreas de risco recuperadas.....	390
6.3.3	<u>Ciclos parcialmente aplicados.....</u>	392
6.3.4	<u>Legitimação de APPs de declividade acima de 45° e topo de elevações.....</u>	397
6.4	Ciclos para avaliação de APP de manguezal.....	399
6.4.1	<u>Faixa delimitada para manguezal.....</u>	400
6.4.2	<u>Ciclos parcialmente aplicados.....</u>	402
7	DISCUSSÃO.....	407
	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	424
	REFERÊNCIAS.....	433
	APÊNDICE A – Síntese comparativa dos principais artigos concernentes às APPs – Código Florestal de 1965 e 2012.....	457
	APÊNDICE B – Publicações pré-selecionadas contemplando indicadores e características quanto à abordagem dos mesmos.....	466
	APÊNDICE C – Listagem de indicadores em potencial à avaliação integrada de APPs e suas referências de sistematização e utilização.....	470
	APÊNDICE D – Ordem sequencial exemplificativa das funções ambientais por grupos de APPs para a definição de indicadores PEIR.....	482
	APÊNDICE E – Localização das paradas do trabalho de campo realizado em 16 de abril de 2013 na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	483
	APÊNDICE F – Descrição dos pontos de parada do trabalho de campo realizado em 16 de abril de 2013 na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.....	484
	APÊNDICE G – Relação das coordenadas de localização dos setores de risco iminente a escorregamentos na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ, levantados pela Theopratique (Petrópolis) e DRM-RJ (Duque de Caxias e Magé).....	486

ANEXO A – Compartimentação do Estado do Rio de Janeiro em Regiões Hidrográficas.....	489
ANEXO B – Compartimentação da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara e dos Sistemas Lagunares de Maricá e Jacarepaguá.....	490
ANEXO C – Classificação das águas doces segundo a Resolução CONAMA nº 357 de 2005.....	491

INTRODUÇÃO

No Brasil, as Áreas de Preservação Permanente (APPs) configuram faixas de terra, com importância ao equilíbrio ambiental, previstas pela legislação em âmbito federal, estadual e municipal, e podem ser classificadas em categorias, a exemplo das faixas marginais de rios citadas pelo Código Florestal, legislação máxima brasileira referente à proteção de florestas, e pelo aparato legal referente à determinação de Áreas de Interesse Especial no Estado do Rio de Janeiro (BRASIL, 2012a; INEA, 2010).

As APPs possuem funções ambientais intrínsecas à manutenção de suas características originais, a exemplo da preservação da paisagem, proteção do solo, e preservação de recursos hídricos, dentre outras. Tais faixas possuem notada importância ecológica no contexto de sub-bacias hidrográficas, enquanto recorte de atuação de processos físico-naturais integrados e, por exemplo, de gestão dos recursos hídricos, mas, reconhecidamente de difícil e complexa manutenção em áreas de ocupação consolidada e em expansão (ABIRACHED, 2006; NOWATZKI, DE PAULA, e SANTOS, 2009; VIEIRA e BECKER, 2010).

As cidades constituem o centro das principais atividades humanas contemporâneas. Neste cenário se encontra uma situação de difícil ponderação entre a preservação de áreas vegetadas e a ocupação antrópica em faixas destinadas a este fim. Na prática, essas faixas legalmente protegidas têm sido ignoradas na maioria dos núcleos urbanizados, no qual figuram processos conflitantes com relação ao uso do solo, sendo então constantemente descaracterizadas quanto à sua função(ões) ambiental(ais). Por exemplo, é comum em periferias urbanas o avanço de construções em faixas marginais de rios, comprometendo não somente a qualidade do corpo hídrico, mas também deflagrando o aumento do escoamento superficial e a erosão de suas margens, contribuindo à ocorrência de inundações, afetando e atingindo diretamente tais construções. Ressalta-se que, uma das atribuições fundamentais das APPs é a de assegurar o bem estar das populações humanas, algo que só é possível, em última instância, se estas áreas não estiverem ocupadas com edificações (ARAUJO, 2002; MARQUES, 2005; BRASIL, 2011a).

Frente a este quadro, revela-se uma grande dificuldade de atuação dos órgãos gestores, a exemplo do Instituto Estadual do Ambiente (INEA), no âmbito do Estado do Rio de Janeiro, e das prefeituras municipais, com relação à efetiva implementação e proteção de áreas preservadas, bem como ao direcionamento de ações capazes de reverter ou amenizar situações diversas e adversas ocorrentes nestas faixas. Ainda que ocorram discussões sobre o

tratamento de APPs, nos meios político e científico, na prática, poucos modelos metodológicos avaliativos da situação destas faixas territoriais são estabelecidos de forma a conduzir sua gestão mais eficaz (CONCEIÇÃO e DORNELLES, 2012).

A compreensão dos problemas ambientais, como a descaracterização de APPs e a perda de sua(s) funcionalidade(s), requer o estudo das características do meio físico e natural, e dos processos desencadeados, aqui entendidos como fatores sociais, econômicos e políticos relacionados. Tal complexidade ambiental, especialmente em meio urbano, exige a formulação e apropriação de metodologias adequadas a uma avaliação ambiental integrada, levando-se em consideração a relação entre diversos elementos.

A produção de conhecimento fundamentada na análise integrada dos processos sociais e ecológicos - complexos e dinâmicos - voltada à sustentabilidade ambiental em meio urbano possui implicações na legitimidade de políticas públicas (COELHO, 2006). No que diz respeito às APPs, há a necessidade de avaliação desses espaços objetivando, na prática, a tomada de decisão quanto ao planejamento e gestão ambiental local. Estes, se traduzem, não somente na garantia de manutenção e recuperação de suas funções ecológicas e ambientais, considerando-se um contexto de diversidade de paisagens (naturais e humanas); mas, ainda, no direcionamento de intervenções em áreas descaracterizadas quanto ao seu propósito inicial (a manutenção de florestas), na tentativa de se mitigar impactos, a exemplo das inundações.

O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) conduz um projeto, em potencial, denominado *Global Environment Outlook* (GEO), o qual adota uma matriz integrada de indicadores ambientais. Os indicadores simplificam as informações sobre fenômenos complexos objetivando melhorar com isso o processo de comunicação. Constituem, ainda, informações pontuais no tempo e no espaço, cuja integração e evolução permitem o acompanhamento dinâmico da realidade (BELLEN, 2007; MAGALHÃES JÚNIOR, 2011).

A denominada matriz *PEIR* (pressão, estado, impacto e resposta) busca estabelecer um vínculo entre os diversos componentes, de forma a orientar a avaliação do *estado* do meio ambiente em diferentes contextos territoriais, desde os fatores que exercem *pressão* sobre os recursos naturais, passando pelo *estado* atual do meio ambiente, observando alterações que podem gerar *impactos*, até as *respostas* (reações) que são produzidas para enfrentar os problemas ambientais. Tal metodologia vem sendo replicada no contexto do projeto GEO para a avaliação de ecossistemas urbanos, em âmbito local, bem como de recursos naturais, podendo ser adaptada para qualquer arranjo territorial, físico ou político-administrativo (PNUMA, 2004; SCHNEIDER et. al., 2010).

Dentre outras matrizes ou sistemas de indicadores, o *PEIR* se destaca pela incorporação do componente “impacto”, o qual se torna interessante quando da necessidade de direcionamento de ações (respostas) corretivas, que, inseridas em um contexto urbano, se revelam essenciais. A adaptação desta matriz à avaliação de novos recortes territoriais, no entanto, torna-se um desafio na medida em que exige, principalmente e basicamente, a compilação de dados e informações em escalas espaciais distintas àquelas comumente utilizadas para a sua disseminação, ou ainda relacionados à recortes temáticos pouco explorados, como por exemplo a biodiversidade. Além disso, os indicadores, enquanto instrumentos informacionais, e seus sistemas de organização, possuem limitações na tentativa de se explicitar realidades complexas (MEADOWS, 1998; SEGNESTAM, 2002).

A avaliação do recorte espacial de APPs pressupõe a introdução de indicadores com potencial de desagregabilidade que, inseridos em um contexto local, reflitam a complexidade no tratamento jurídico e ambiental das mesmas. Assim sendo, a análise do potencial de utilização de um sistema de indicadores consiste em uma interessante proposta de investigação.

Nesta perspectiva, o objetivo geral do trabalho consistiu na adaptação do sistema de indicadores *PEIR* para avaliação ambiental integrada de APPs, com aplicação na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ, visando contribuir, metodologicamente, à reprodução deste modelo de avaliação em APPs, bem como à disseminação de dados e informações para a gestão ambiental destas faixas, na referida sub-bacia.

Especificamente visou:

a) O levantamento da legislação pertinente às APPs, nos âmbitos federal, estadual, municipal, bem como de bacia hidrográfica, inseridas no contexto do uso e ocupação do solo e gestão ambiental integrada;

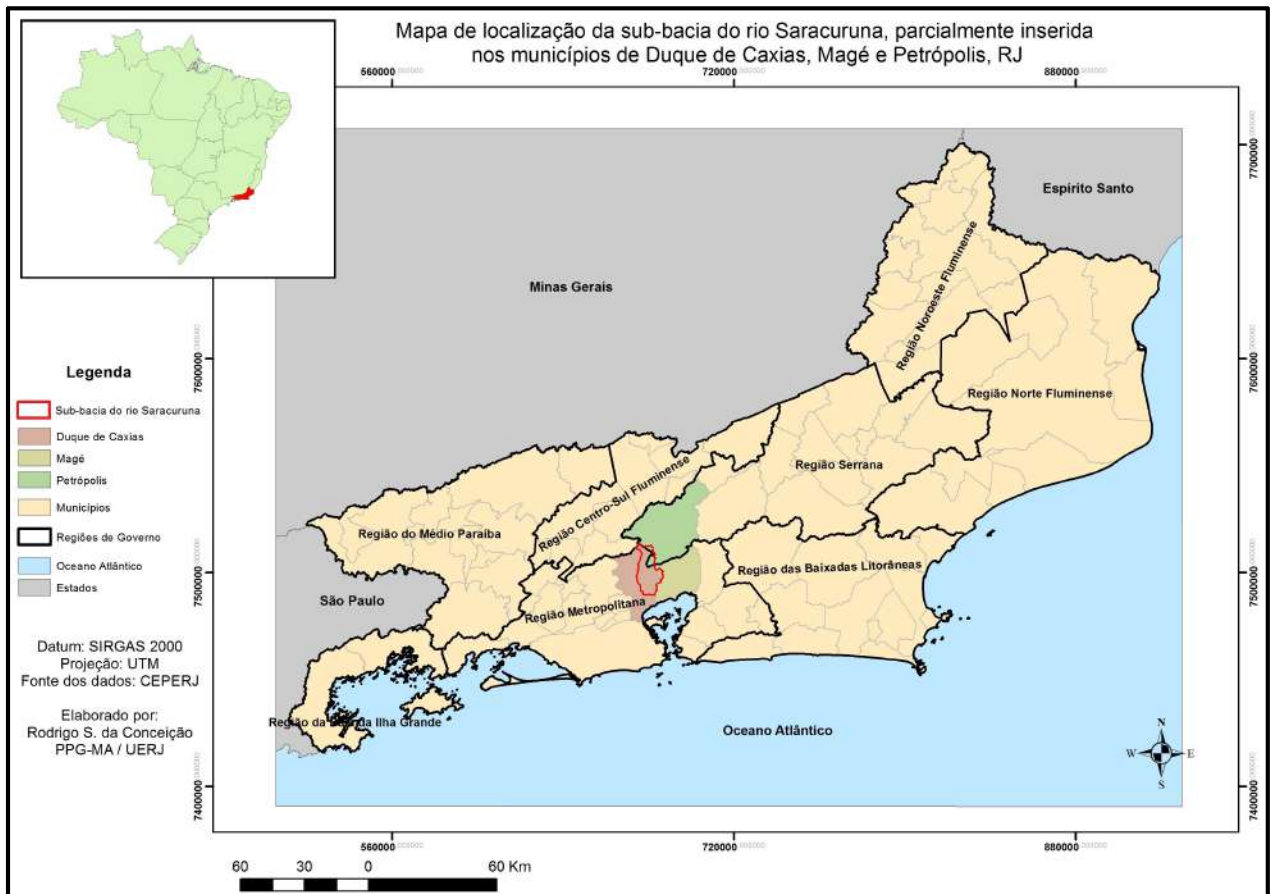
b) A delimitação das faixas (em potencial) de APP, segundo os parâmetros definidos pelo Código Florestal, para cada categoria existente na sub-bacia em estudo, considerando a escala de máximo detalhe disponível;

c) A seleção de indicadores ambientais de pressão, estado, impacto e resposta (*PEIR*) diretamente e *transversalmente* relacionados às APPs delimitadas, considerando suas diversas categorias e funções ambientais associadas;

d) A avaliação do potencial e limitações da aplicação de indicadores de avaliação integrada em APPs, envolvendo a espacialização das informações com suporte de geotecnologias, com enfoque para a legitimação/intervenções nas faixas inseridas na sub-bacia selecionada.

A sub-bacia do rio Saracuruna se insere parcialmente nos municípios de Duque de Caxias, Magé (Região Metropolitana) e Petrópolis (Região Serrana), localizados no Estado do Rio de Janeiro, à sudeste do Brasil (Mapa 1).

Mapa 1 - Localização da sub-bacia do rio Saracuruna, parcialmente inserida nos municípios de Duque de Caxias, Magé e Petrópolis, RJ



Fonte: Adaptado de CENTRO ESTADUAL DE ESTATÍSTICAS, PESQUISAS E FORMAÇÃO DE SERVIDORES PÚBLICOS DO RIO DE JANEIRO, 2011a.

A sub-bacia é ambientalmente caracterizada pela existência de áreas adensadas, áreas com ocupação esparsa e em expansão, e áreas vegetadas, abarcando diferentes categorias de APPs em seu território, a exemplo das margens de rios, entorno de nascentes e reservatórios d'água, topo de morros e montanhas, declividade acentuada (acima de 45°), e manguezal. A partir deste cenário diversificado, a sub-bacia do rio Saracuruna, inserida no(s) contexto(s) regional(is), configura uma interessante área de estudo piloto para adaptação do sistema de indicadores *PEIR* e avaliação ambiental integrada de APPs.

Salienta-se que esta é uma área carente de dados e informações, em nível local, devido à incipiência de estudos e diagnósticos ambientais sobre a mesma. Destacam-se trabalhos

específicos sobre a referida sub-bacia, em termos da sua caracterização geral - necessária ao levantamento dos problemas ambientais (COSTA et. al., 1995; SANTOS, 2006) os quais, segundo Bossel (1999), balizam e justificam a seleção de indicadores classificados como de pressão, estado, impacto ou resposta.

Nesta perspectiva, aponta-se nesta pesquisa, além da contribuição ao diagnóstico da sub-bacia e suas APPs, o desafio de adaptação da metodologia GEO e utilização da matriz *PEIR*, a qual exige ampla disponibilidade de dados, a partir da necessidade de levantamento e organização de um banco de dados e informações, levando-se em conta fontes e técnicas disponíveis. Tal fato é relevante, principalmente pela contribuição aos gestores na reprodução metodológica, visto que grande parte das sub-bacias hidrográficas no Estado do Rio de Janeiro, e, em especial, da Baixada Fluminense, possuem características semelhantes à sub-bacia do rio Saracuruna no que diz respeito às características ambientais.

A composição de ciclos *PEIR*, os quais envolvem a análise integrada e subsequencial de indicadores classificados por cada componente da matriz, constitui uma das possibilidades exemplificativas da viabilidade de adaptação do sistema de indicadores para a avaliação de APPs. No entanto, há de se alertar que, no desenvolvimento da(s) aplicação(ões), tais exemplos podem se tornar mais ou menos viáveis, tanto sob o ponto de vista de seu processo de aplicação, a exemplo da disponibilidade de dados; assim como sob o ponto de vista de efetividade da avaliação frente às funções ambientais e categorias (ou grupos de categorias com características em comum) de APPs.

Atendendo aos objetivos, o desenvolvimento deste trabalho compreendeu a elaboração e organização de distintos capítulos, dentre os quais, o primeiro versa, a partir de um resgate teórico e conceitual, sobre as APPs e sua política precursora – o Código Florestal, revendo a evolução de seu tratamento jurídico, categorias e funções ambientais associadas, além dos parâmetros legais, em diferentes níveis, transversais à gestão das APPs no âmbito de bacias/sub-bacias hidrográficas e em meio urbano.

O segundo capítulo busca apresentar o conteúdo do Projeto GEO, com enfoque para sua disseminação no Brasil, e, sobretudo, frente à avaliação de áreas urbanas e de temas como recursos hídricos, bem como discussões acerca de indicadores ambientais e a evolução de seus modelos, envolvendo assim, a apresentação da matriz *PEIR*, como modelo promissor, seus potenciais e limitações frente a avaliações complexas.

No terceiro capítulo são apresentadas definições e discussões acerca da utilização das geotecnologias, envolvendo o levantamento, tratamento e representação de dados espaciais.

É revisto ainda o seu suporte ao diagnóstico ambiental em escala local, materializado na delimitação de áreas e aplicação de indicadores.

No quarto capítulo são apresentados e discutidos os materiais e métodos adotados no decorrer da pesquisa em tela. Este capítulo visa detalhar o caminho percorrido e facilitar a compreensão acerca dos trabalhos desenvolvidos, desde a seleção de indicadores e organização da carta síntese frente à avaliação de APPs na sub-bacia do rio Saracuruna, à aplicação de distintos indicadores estruturados com base no modelo *PEIR*, com o suporte de geotecnologias.

O quinto capítulo envolve a caracterização da área em estudo a partir da delimitação da sub-bacia do rio Saracuruna. Este (re)conhecimento é fundamental para o entendimento da dinâmica ambiental na sub-bacia com ênfase para possíveis situações envolvendo APPs, constituindo base para o levantamento de indicadores representativos destas faixas e sustentação para a discussão dos cenários frente aos ciclos *PEIR*.

O sexto capítulo descreve os resultados do trabalho a partir da apresentação da Carta-síntese de indicadores de avaliação integrada de APPs e aplicação de ciclos de indicadores selecionados frente a distintos grupos de categorias de APP, além da apresentação de ciclos parcialmente aplicados envolvendo todos os grupos. Já o sétimo capítulo compreende a discussão destes resultados a fim de se promover recomendações sob o ponto de vista metodológico, relacionado à adaptação, utilização e disseminação de indicadores de avaliação em APPs. Destaca-se neste item a contribuição à gestão destas faixas na área de estudo, bem como em outras sub-bacias/bacias hidrográficas.

Em suma, a pesquisa em pauta, que versa sobre indicadores associados à aplicação da matriz *PEIR* no tratamento das questões ambientais complexas, voltados para a gestão ambiental das APPs na sub-bacia do Saracuruna, RJ visa contribuir para uma nova abordagem científica junto ao tema, considerando a matriz de atores envolvidos aliada à tomada de decisão frente às novas perspectivas e desdobramentos da legislação ambiental em APPs, e para a disponibilidade de informações em escala de semidetalhe no âmbito da sub-bacia.

Neste sentido, o presente trabalho busca ainda se inserir no rol de referências vinculadas ao Projeto GEO, como mais uma proposta inovadora de adaptação da metodologia frente a escalas, recortes territoriais e temas distintos; além de configurar, em potencial, uma contribuição em termos de levantamento, tratamento e geração de dados atuais especializados em nível local frente ao recorte da sub-bacia do rio Saracuruna, pouco explorada no âmbito científico, com vistas à disseminação dos mesmos.

1 **ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APPs): ASPECTOS LEGAIS E RELEVÂNCIA AMBIENTAL**

Neste capítulo serão apresentadas e discutidas as principais questões teórico-conceituais sobre Áreas de Preservação Permanente (APPs), buscando integrar os embasamentos jurídico e científico a respeito da temática. Em um primeiro momento será resgatada a evolução do Código Florestal, de 1934 a 2012, a fim de se levantar as mudanças referentes ao conceito, parâmetros de delimitação, e principais diretrizes relacionadas às APPs, de um modo geral. Buscar-se-á enfatizar, neste resgate, questões voltadas ao balizamento da discussão de APPs inseridas em áreas urbanas e no contexto de uma sub-bacia hidrográfica. Neste sentido, serão feitas considerações a respeito da política de desenvolvimento urbano e diretrizes de uso e ocupação em APPs e sobre o recorte de bacia hidrográfica, o qual envolve a gestão de recursos hídricos, em potencial à gestão integrada de APPs. Ainda que seja difícil o esgotamento da temática, o que não se constitui como foco deste capítulo, a diversidade de questões apresentadas poderá garantir uma efetiva contextualização com relação às múltiplas situações e complexidade inerentes ao tratamento de APPs.

1.1 **Código Florestal e APPs**

A estrutura jurídica que regulamenta as Áreas de Preservação Permanente (APPs) no Brasil vem sendo reformulada ao longo de anos e é composta por leis e regulamentos que devem ser integrados sistematicamente.

O Código Florestal brasileiro, atualmente vigente, foi recentemente estabelecido pela Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, revogando as leis (e suas alterações) de nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, que instituiu o antigo Código Florestal; e de nº 7.754, de 14 de abril de 1989, que estabeleceu medidas para proteção de florestas existentes nas nascentes dos rios; além da Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, a qual veio a alterar artigos e acrescentar dispositivos ao Código de 1965. Tal norma estabelece, atendendo a distintos princípios integradores e articuladores, “normas gerais com o fundamento central da proteção

e uso sustentável das florestas e demais formas de vegetação nativa em harmonia com a promoção do desenvolvimento econômico” (BRASIL, 2012a, p. 1).

Deve-se atentar, inicialmente, que o mais recente diploma legal ambiental brasileiro foi antecedido por outras leis, anteriores inclusive ao Código de 1965. O primeiro Código Florestal brasileiro foi instituído pelo Decreto nº 23.793, de 23 de janeiro de 1934, na vigência do primeiro governo do então presidente Getúlio Vargas (BRASIL, 1934). Segundo Silva et. al. (2011, p. 4) “tanto a legislação original como todas as alterações subsequentes levaram em consideração os conhecimentos científicos até então disponíveis.”

O Código Florestal de 1934 surgiu em um contexto histórico em que a exploração da cultura cafeeira norteava a economia e a lenha e o carvão eram importantes fontes de energia (SENADO FEDERAL, 2013). Por tal motivo, essa legislação possuía dispositivos que almejavam garantir a exploração desses produtos.

Afora o caráter econômico, a preocupação ambiental também imprimia presença no Decreto-Lei. A norma estabelecia, logo em seu primeiro artigo, uma limitação ao direito dos particulares, decretando que o direito de propriedade podia ser restringido por lei a bem de um valor maior: a floresta, tida como elemento de interesse comum a todos os habitantes. Ribeiro (2010, p. 11) disserta que:

Esta regulamentação apresentava um caráter técnico já com uma óptica de conservação das funções básicas dos ecossistemas naturais e com uma preocupação sobre a importância da conservação de todos tipos de vegetação nativa, e não somente daquelas que pudessem oferecer lenha, uma das principais fontes de energia naqueles tempos.

Com efeito, embora ainda não utilizasse conceitos como o de APP, o Código de 1934 continha dispositivos de caráter protetivo. Já havia uma concepção da função estratégica protetiva das vegetações e da sua relevância no controle da erosão e na preservação do regime das águas e das margens dos rios (BRASIL, 1934).

No que se refere a contribuição histórica do Decreto-Lei, sua efetiva implantação, conforme apresenta Ahrens (2003), na prática encontrou inúmeras dificuldades, o que despertou o esforço legislativo na elaboração de uma nova codificação.

O contexto histórico de onde emergiu o Código de 1965 foi exposto na “Exposição de Motivos” redigida, em 1962, pelo ministro da Agricultura da época, Armando Monteiro Filho, o qual destaca o “clamor nacional” contra a situação ambiental brasileira no período e assim dispõe acerca das inovações contidas no Projeto de Novo Código no tocante as vegetações que merecem regime de permanente preservação:

I - Aboliu as diferentes categorias de florestas, subjetivamente estabelecidas e que, inclusive, não constam de nenhuma outra legislação estrangeira, servindo apenas para dificultar o conhecimento do Código Florestal pelo povo. O presente Anteprojeto disciplina as florestas que não podem ser removidas, seja por sua função hidrogeológica ou ante-erosiva, seja como fonte de abastecimento de madeira. Nada mais. Nenhuma classificação.

II - Ao contrário do Código vigente que faz depender a existência de floresta protetora de um decreto que não pode ser baixado, com a eficácia necessária, dadas as morosas tramitações burocráticas, o Anteprojeto é, por si mesmo, a lei nacional declaratória de todas as florestas que são necessárias, ou seja, das florestas de preservação permanente. O Anteprojeto indica minuciosamente as formas de vegetação que não poderão ser removidas, não necessitando de nenhum decreto posterior para declarar sua imprescindibilidade, onde se encontrem. Basta que o leitor da lei a confronte com a natureza, para ver se está diante de uma floresta indispensável, ou se a mata poderá ser removida, sem nenhum prejuízo para a terra.

III – [...]

O Anteprojeto seguiu a regra internacionalmente aceita. A função protetora da floresta não é restrição indenizável, mas decorrência da própria natureza que preparou terras mais úteis e outras menos. É como se uma lei declarasse que as terras roxas podem produzir café. A lei que considera de preservação permanente as matas nas margens de um rio está apenas dizendo, *mutatis mutandi*, que um pantanal não é terreno adequado para plantar café. Com esse entendimento foi elaborado o Anteprojeto, eliminando a controvérsia sobre esta matéria que o Código atual suscita e que tantas dificuldades tem criado para exigir-se a permanência das florestas necessárias (MONTEIRO FILHO, 1962, p. 3).

Tal projeto converteu-se na a Lei nº 4771, que vigorou entre 1965 a 2012. Conhecida como o Código Florestal de 1965, a lei era composta por apenas 50 (cinquenta) artigos, em contraposição ao Decreto-Lei nº 23.793, que abarcava 110 (cento e dez) artigos em seu corpo. Apesar de mais concisa, a Lei nº 4.771 apresentava inovações significativas quanto à criação e regulamentação das Áreas de Preservação Permanente.

O engenheiro agrônomo Alceo Magnanini participou diretamente da elaboração do Código florestal de 1965, e, em palestra realizada em 2011 (informação verbal)¹, relatou que este diploma legal foi fruto de abundante discussão técnica e jurídica. Observou que, em 1961, estabeleceu-se uma comissão composta por 3 (três) juristas e 3 (três) técnicos especializados em florestas com a missão de estudar cada um dos artigos que compunham o Código Florestal até então vigente e apresentar as motivações necessárias, as quais teriam que ser unanimemente aceitas pelos membros da comissão, a fim de atestar que aquelas medidas eram juridicamente cabíveis e tecnicamente pertinentes. Ponderou ainda, que, a preocupação em se atender o bem-estar da maioria, da sociedade como um todo, condicionava a manutenção das propostas da comissão.

¹Palestra "Código Florestal de 1965 - o testemunho de quem o escreveu", realizada na Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), no dia 02/06/2011, das 15h às 17h.

Passou-se a se considerar expressamente de interesse comum as florestas, não mais consideradas em conjunto, mas sim individualizadas em cada propriedade, e outras formas de vegetação.

Ao considerar as florestas, objeto da norma, como uma das formas de vegetação de utilidade à terra que reveste, o Código de 1965 delimita sua proteção apenas para as florestas naturais ou nativas, como analisa Ahrens (2005, p. 89):

É importante observar que a redação do art. 1º do "novo" Código Florestal inicia-se com as seguintes palavras: "As Florestas e as demais formas de vegetação". Para entender, hoje, as intenções do legislador de então, cabe verificar que o sentido da sentença resultante da reunião de tais vocábulos não admite múltiplos significados, e nem permite interpretação dúbia ou extensiva. Pelo contrário, no art. 1º, o legislador de 1965, de forma unívoca, expressa e restritiva, referiu-se apenas às florestas nativas (ou Florestas naturais) e às "demais formas de vegetação", excluindo daquele enunciado, portanto, as florestas plantadas. No Enunciado da norma em questão, não há significado secundário admissível. O que fundamenta esta afirmativa é o uso da expressão "as Demais formas de vegetação", na seqüência imediata do vocábulo "florestas" explicitando, assim, que as "florestas" a que se fazia referência eram apenas aquelas que constituíam parte da vegetação natural do país. Importante observar, também, que na sua nova redação, as florestas não são mais consideradas em seu conjunto (como previa o Código Florestal de 1934), mas, suprimida aquela expressão, a partir da vigência do "novo" Código Florestal, Florestas deveriam ser consideradas em nível de cada propriedade imóvel rural, individualmente.

Sobre o tema das APPs, o Código de 1965 trouxe significativo avanço, regulando sistematicamente, pela primeira vez, áreas que se submetem ao regime de preservação permanente pela função social que exercem, delimitando, inclusive faixas de proteção a serem obedecidas para efetivar tal proteção. Como observa Ribeiro (2010, p. 16) o "conceito surgiu legalmente com o novo Código Florestal de 1965 sem a utilização formal do termo 'área' agregado à terminologia 'de preservação permanente', mas já com características preservacionistas explícitas e restrições de uso bem objetivas." A conceituação de "Área de Preservação Permanente", aliás, foi inserida nesta lei apenas em 2001 através da Medida Provisória nº. 2.166-67 (BRASIL, 2001a).

Ainda com base na análise do Código de 1965 (BRASIL, 1965), dentre outras diretrizes, é importante resgatar a indicação de casos em que se permitiria a supressão da cobertura vegetal que recobre as APPs. Esta situação era regulamentada pelo art. 4º, apenas em caso de utilidade pública ou de interesse social, demonstrados em procedimento administrativo próprio, quando inexistisse alternativa técnica e locacional ao empreendimento proposto. Quando a supressão se desse em APP situada em área urbana, dependeria de autorização do órgão ambiental competente, desde que o município possuísse conselho de

meio ambiente com caráter deliberativo e plano diretor, mediante anuência prévia do órgão ambiental estadual competente fundamentada em parecer técnico.

O Código Florestal de 1965 elencava oito categorias de APP, além das especificações de seus parâmetros de medição e diretrizes para as faixas inseridas em áreas urbanas (APÊNDICE A). Porém, muitas destas especificações não são contemporâneas ao texto original da lei.

A respeito das APPs urbanas, por exemplo, havia nesta legislação pretérita, em seu art. 2º, a figura da APP em “áreas metropolitanas definidas em lei”, incluída pela Lei nº 6.535, de 15 de junho de 1978, sem maiores esclarecimentos a respeito do que, efetivamente, se tratava (BRASIL, 1978). Tal “categoria” precede, segundo a alteração pela Lei nº 7.803, de 18 de julho de 1989, o parágrafo único que veio a tratar das APPs compreendidas nos perímetros urbanos, determinando que, em tais casos, observar-se-ia o disposto nos respectivos planos diretores dos municípios e leis de uso do solo, respeitados os princípios e limites traçados no Código (BRASIL, 1989).

O conteúdo do parágrafo supramencionado resultou em discussões acerca da aplicabilidade das normas que regulam a preservação permanente em áreas urbanas. Esta menção, a uma regularização feita em nível municipal despertou, de acordo com Larcher (2012), interpretações no sentido de que caberia ao município regular as APPs dentro de seu perímetro urbano, fazendo jus a autonomia administrativa para disciplinar assuntos de interesses locais conferidas pela Constituição Federal em seu artigo 30, I. Entretanto, a simples leitura do texto transparece que a competência conferida aos municípios deve respeitar os parâmetros contidos no Código, referindo-se apenas a uma regulamentação complementar local. Larcher (op. cit., p. 7) compartilha do mesmo entendimento ao afirmar que:

A parte final do dispositivo legal transcrito não deixa dúvidas quanto à aplicabilidade das normas disciplinadoras das APPs nas áreas urbanas, devendo eventual legislação suplementar emanada dos Estados e Municípios respeitar os limites e princípios estatuídos pelo Código Florestal, em virtude de sua natureza de norma geral.

No que se referem às categorias de APP e seus parâmetros de definição, as medidas das faixas de preservação foram se aperfeiçoando ao longo do tempo através de alterações legislativas que modificaram o Código, a exemplo das leis nº 7.511, de 7 de julho de 1986, e nº 7.803, de 18 de julho de 1989.

No tocante às APPs situadas à margem de rios, por exemplo, o texto original do dispositivo instituiu faixas bem menos restritivas, por meio do estabelecimento de um regime escalonado que evoluía na proporção da largura mínima do rio: 5 (cinco) metros para os rios de menos de 10 (dez) metros de largura; igual à metade da largura dos cursos que meçam de 10 (dez) a 200 (duzentos) metros de distancia entre as margens; de 100 (cem) metros para todos os cursos cuja largura seja superior a 200 (duzentos) metros (BRASIL, 1965).

O parâmetro para definição (e as medidas) destas faixas evoluiu considerando as alterações de 1986 e 1989. Em 1986 as larguras mínimas da faixa passaram a ser de 30 (trinta) metros para rios com até 10 (dez) metros de largura; e de 50 (cinquenta) metros para os cursos d'água com largura entre 10 (dez) e 50 (cinquenta) metros, sendo as mesmas mantidas na alteração de 1989. Além dos 2 (dois) primeiros, outros 3 (três) níveis de largura foram criados em 1986 e alterados em 1989, a saber:

Art. 2º Consideram-se de preservação permanente, pelo só efeito desta Lei, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

a) ao longo dos rios ou de outro qualquer curso d'água, em faixa marginal cuja largura mínima será:

[...]

3. de 100 (cem) metros para os cursos d'água que meçam entre 50 (cinquenta) e 100 (cem) metros de largura;

4. de 150 (cento e cinquenta) metros para os cursos d'água que possuam entre 100 (cem) e 200 (duzentos) metros de largura;

5. igual à distância entre as margens para os cursos d'água com largura superior a 200 (duzentos) metros (BRASIL, 1986, p. 1).

Art. 2º Consideram-se de preservação permanente, pelo só efeito desta Lei, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

a) ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água **desde o seu nível mais alto** em faixa marginal cuja largura mínima seja:

[...]

3. de 100 (cem) metros para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;

4. de 200 (duzentos) metros para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;

5. de 500 (quinhentos) metros para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros (BRASIL, 1989, p. 1, grifo nosso).

Uma das alterações mais interessantes, considerando a Lei nº 7.803 de 1989, se refere ao ponto de início de contagem da metragem das faixas marginais, passando a ser utilizado o nível mais alto do rio², o que proporcionou uma maior amplitude de preservação.

²Nível alcançado por ocasião da cheia sazonal do curso d'água perene ou intermitente, conforme define CONAMA (2002b).

Além do Código Florestal de 1965, e suas alterações, a definição de APPs é também abordada pelas resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), nº 302 e nº 303, de 20 de março de 2002 (SANTOS, CARVALHO e SANT'ANA, 2006).

A Resolução CONAMA nº 302 dispõe sobre os parâmetros, definições e limites especificamente para as APPs de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. Já a Resolução CONAMA nº 303 dispõe sobre parâmetros, definições e limites para todas as outras categorias de APPs (CONAMA, 2002a, b).

A partir destes marcos, outros exemplos podem ser apresentados: No caso da APP ao redor de nascentes, a faixa mínima de 50 metros foi apresentada na alteração de 1989. Mais tarde, em 2002, com a edição da já mencionada resolução 303 do CONAMA, estabeleceu-se que tal medida mínima deveria ser de tal forma que protegesse, em cada caso, a bacia hidrográfica contribuinte.

Outro exemplo diz respeito à APP no topo de morros, montes, montanhas e serras. A Lei 4.711 não adentrou na caracterização e delimitação desta modalidade. Já a Resolução 303 do CONAMA, de 2002, estabeleceu em seu art. 3º que esta zona de preservação se daria em áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura mínima da elevação em relação a base, além das linhas de cumeada, em área delimitada a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura, em relação à base, do pico mais baixo da cumeada (fixando-se a curva de nível para cada segmento da linha de cumeada equivalente a mil metros); apresentando ainda a definição de morro, montanha, base e linha de cumeada, a saber:

Morro: elevação do terreno com cota do topo em relação a base entre cinquenta e trezentos metros e encostas com declividade superior a trinta por cento (aproximadamente dezessete graus) na linha de maior declividade;

Montanha: elevação do terreno com cota em relação a base superior a trezentos metros;

Base de morro ou montanha: plano horizontal definido por planície ou superfície de lençol d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota da depressão mais baixa ao seu redor;

Linha de cumeada: linha que une os pontos mais altos de uma sequência de morros ou de montanhas, constituindo-se no divisor de águas. (CONAMA, 2002b, p. 1).

Outrossim, merecem ser destacadas as APPs ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais. Especificamente em relação às áreas ao redor de reservatórios artificiais, mais uma vez seu detalhamento ficou a cargo da legislação infra-legal, a Resolução nº 302 do CONAMA, que estabelecia, em seu art. 3º, larguras mínimas, em projeção horizontal, medida a partir do nível máximo normal, a saber: de 30 metros para os

reservatórios artificiais situados em áreas urbanas consolidadas; 100 metros para áreas rurais; 15 metros, no mínimo, para os reservatórios artificiais de geração de energia elétrica com até dez hectares, sem prejuízo da compensação ambiental; e 15 metros, no mínimo, para reservatórios artificiais não utilizados em abastecimento público ou geração de energia elétrica, com até vinte hectares de superfície e localizados em área rural.

Ainda cabe observar a contribuição das resoluções CONAMA no que diz respeito a definição de APPs em ambientes costeiros. Pela redação do Código de 1965, as áreas de manguezal estariam protegidas apenas implicitamente, através da figura da restinga. Em 2002 tentou-se sanar essa lacuna através da inserção do art. 3º da Resolução nº 303, o qual incluía toda a extensão do manguezal no rol das APPs.

Além das resoluções voltadas à definição de parâmetros para delimitação de APPs, cita-se a Resolução CONAMA nº 369, de 28 de março de 2006, a qual dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação nestas faixas. O órgão ambiental competente somente poderá autorizar a intervenção ou supressão de vegetação em APP, mediante procedimento administrativo autônomo e prévio, e atendidos os requisitos previstos na resolução e em outras normas federais, estaduais e municipais aplicáveis, bem como no Plano Diretor, Zoneamento Ecológico-Econômico e Plano de Manejo das Unidades de Conservação (UCs), se existentes, de acordo com casos específicos determinados (CONAMA, 2006; SANTOS, CARVALHO e SANT'ANA, 2006).

A Lei nº 4.711 de 1965 foi expressamente revogada pela Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. O denominado Novo Código Florestal teve sua concepção originária exposta no Projeto de Lei nº 1.876 de 1999, elaborado pelo deputado Sérgio Carvalho. O deputado Aldo Rabelo foi designado relator do projeto, o qual foi aprovado inicialmente pela Câmara Federal em 25 de maio de 2011 (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2013). Tal projeto provocou polêmicas e sofreu inúmeras alterações ao longo do processo legislativo até redundar em versão final. Após aprovação na Câmara Federal o Projeto de Lei foi encaminhado para o Senado Federal, câmara revisora, que também o aprovou, no dia 06 de dezembro de 2011, após a realização de algumas alterações no texto (as quais, no processo legislativo, recebem o nome de emendas).

Após sucessivas emendas nas duas casas legislativas, em maio de 2012, a presidente Dilma Rousseff, como líder do poder executivo, promulgou a Lei nº 12.651, vetando 12 pontos do projeto (BRASIL, 2012a; CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2013). Na mesma ocasião editou a Medida Provisória nº 571 (BRASIL, 2012b), que alterou o Código recém

criado. Em de 17 de outubro de 2012 foi promulgada a Lei nº 12.727 (BRASIL, 2012c) que converteu a Medida Provisória (norma temporária) em lei, incorporando seus dispositivos de maneira definitiva ao texto do Código.

A Lei nº 12.651 apresenta inovações legislativas relevantes sendo que, em seu primeiro dispositivo, introduz importante observação ao prever instrumentos econômicos e financeiros para o alcance de seus objetivos, denotando uma preocupação com a efetividade prática das normas protetivas que encera.

Em seu parágrafo único, o dispositivo traz ainda princípios a serem seguidos por todos e que estão em consonância com a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA)³. Dentre estes merece destaque, o inciso I que afirma o compromisso do Brasil com a preservação das formas de vegetação nativa, biodiversidade, solo, recursos hídricos entre outros para o bem estar das gerações presentes e futuras. Também é relevante o conteúdo do inciso IV que denota a responsabilidade de todos os entes da federação e da sociedade civil na criação de políticas para a preservação e restauração da vegetação nativa nacional, conclamando estados, municípios, União e sociedade a somarem esforços para a preservação ambiental.

Manteve-se nesta lei a prevenção de instrumento processual apto a sanar ações contrárias à mesma, a exemplo do uso irregular da propriedade. Com relação à lei anterior, a inovação neste ponto encontra-se na responsabilização civil destes atos, o que significa que tais condutas podem agora não apenas terem seu cessamento determinado judicialmente, mas também ensejar indenização pelos danos que causarem. Há também agora a previsão de sanções administrativas, civis e penais.

O Novo Código Florestal inova também em seu artigo 4º ao incluir uma modalidade específica de APP referente aos manguezais e ao subdividir a outrora APP ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais em duas modalidades distintas.

Assim sendo, esta lei regula pontos que antes eram abordados apenas nas Resoluções do CONAMA. Ressalte-se que o Código é uma Lei Ordinária e as Resoluções são atos infralegais com o escopo de regulamentar, de detalhar o prescrito em lei, sem competência para inovar na matéria. Assim, os dispositivos das resoluções que se choquem com a Lei 12.651 não podem permanecer em vigor.

Neste contexto pode-se exemplificar o caso da resolução 302 do CONAMA, a qual apresenta a definição de APP ao redor de reservatório artificial:

³ Instituída pela Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, trouxe, além de objetivos e princípios, o estabelecimento de definições técnicas de termos como “meio ambiente” e “recursos ambientais”, traçando diretrizes e criando uma estrutura organizacional para compor o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) (BRASIL, 1981).

Art. 2º Para efeito desta Resolução são adotadas as seguintes definições:
I - Reservatório artificial: acumulação não natural de água destinada a quaisquer de seus múltiplos usos;
II - Área de Preservação Permanente: a área marginal ao redor do reservatório artificial e suas ilhas, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem estar das populações humanas (CONAMA, 2002a, p. 1).

E, como visto anteriormente, traça medidas mínimas para a dimensão da área de preservação, variando de 15 a 100 metros de acordo com a localização e finalidade do reservatório. Tal previsão não foi incorporada ao Novo Código, o qual estabeleceu, em seu artigo 4º, III, um novo parâmetro geral, que não guarda semelhança com o exposto na resolução, a saber: “[...] as áreas no entorno dos reservatórios d’água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d’água naturais⁴, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento.” (BRASIL, 2012a, p. 2). Dessa forma, por ser norma posterior e com maior hierarquia deve prevalecer sobre aquela, que não pode mais vigorar.

Por outro lado, algumas disposições da Resolução nº 303 foram incorporadas ao texto do Novo Código, a exemplo, pode-se mencionar a definição de manguezal, inserida no art. 3º, XIII, da lei e a expressa inclusão de toda a área do manguezal como APP (APÊNDICE A).

A Lei nº 12.651, no art. 4º, IX, modifica também o disposto no art. 2º, IV, da Resolução CONAMA nº 303, que impunha para caracterização de morro uma altura mínima de 50 metros e encostas com declividade superior a trinta por cento (aproximadamente 17º). De maneira diversa, a Lei Ordinária estabelece uma altura mínima exigida de 100 metros e inclinação média maior que 25º, tomando por base a mesma fração de delimitação a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura mínima da elevação em relação à base, prevista na resolução. Os parâmetros para a linha de cumeada não foram expressos na nova legislação.

Acerca das APPs situadas às margens de rios, tem-se que o sistema protetivo escalonado foi mantido na mesma proporção do previsto na norma revogada. Entretanto, houve uma alteração significativa no parâmetro utilizado para fazer essa medição. Como visto, a legislação anterior foi aperfeiçoada historicamente até determinar que o cálculo da faixa protetiva seria feito tomando por base o nível mais alto do rio. Porém, a Lei nº 12.651

⁴ Parâmetro incluído pela Lei 12.727.

passou a utilizar como critério o leito regular do rio⁵. Recorrendo a Juras e Ganem (2012, p. 6) há a seguinte análise:

O tratamento dado às Áreas de Preservação Permanente também pode ser considerado retrocesso. Primeiramente, houve redução das dimensões das faixas de APP ao longo de cursos d'água, uma vez que foi adotado o critério de mensuração a partir da borda da calha do leito regular, ao invés do nível mais alto, previsto pela Lei 4.771/1965. Essa medida, na prática, constitui redução da faixa de APP e foi muito criticada por cientistas e ambientalistas.

No mesmo sentido é o posicionamento de Ramos e Ahmad (2012, p. 12):

Fica assim reduzida drasticamente a proteção dos cursos d'água, pois a faixa ao longo dos mesmos é locada no que se entende ser o próprio corpo d'água, uma vez que o leito maior sazonal nada mais é do que o local onde as águas extravasam no período de cheias, correspondentes às planícies de inundação, também conhecidas como várzeas. As várzeas, situadas no leito maior sazonal, ficaram muito vulneráveis, pois parte delas corresponde à APP, ficando o restante fica sem nenhum tipo de proteção.

Ainda neste tema, observa-se também que não se destacou, na nova codificação, como modalidade específica de APP, as “áreas metropolitanas definidas em lei” como fazia a Lei nº 4.771 em seu artigo 3º, “i”. Pode-se dizer que, ao não elencar como ponto destacado a APP localizada em perímetro urbano, a nova legislação torna cristalina a incidência da APP, em todas as suas categorias, nas áreas urbanas e rurais. A omissão desse dispositivo impõe a leitura de que todas as modalidades de APPs podem ser encontradas em zonas urbanas e rurais, razão pela qual se tornaria inócuo pontuar especificamente uma modalidade urbana, já que a mesma encontra-se diluída nas demais.

A Lei nº 12.651 estabelece também, pela primeira vez, regras gerais para a recomposição de APPs. Seu art. 7º, *caput*, estabelece a obrigação do proprietário ou possuidor da área em mantê-la íntegra e preservada. Seu § 1º evidencia a obrigação dos responsáveis supracitados de promover a recomposição da vegetação em caso de ter havido supressão desta. Entretanto, ressalva desta obrigação os casos previstos na lei.

O art. 8º determina que a intervenção ou a supressão de vegetação nativa em APP somente ocorrerá nas hipóteses de utilidade pública, de interesse social ou de baixo impacto ambiental⁶ previstas nesta lei. No caso de vegetação nativa protetora de nascentes, por exemplo, essa supressão é possível em um único caso, na hipótese de utilidade pública.

⁵ Segundo redação do próprio Código Florestal (2012, p. 2) o leito regular corresponde a “calha por onde correm regularmente as águas do curso d'água durante o ano.”

⁶ a) Atividades de baixo impacto ambiental referem-se: “à abertura de pequenas vias de acesso interno [...] quando necessárias à travessia de um curso d'água [...]; à implantação de instalações necessárias à captação e

Como utilidade pública entende-se:

- a) as atividades de segurança nacional e proteção sanitária;
- b) as obras de infraestrutura destinadas às concessões e aos serviços públicos de transporte, sistema viário, inclusive aquele necessário aos parcelamentos de solo urbano aprovados pelos Municípios, saneamento, gestão de resíduos, energia, telecomunicações, radiodifusão, instalações necessárias à realização de competições esportivas estaduais, nacionais ou internacionais, bem como mineração, exceto, neste último caso, a extração de areia, argila, saibro e cascalho;
- c) atividades e obras de defesa civil;
- d) atividades que comprovadamente proporcionem melhorias na proteção das funções ambientais referidas no inciso II deste artigo;
- e) outras atividades similares devidamente caracterizadas e motivadas em procedimento administrativo próprio, quando inexistir alternativa técnica e locacional ao empreendimento proposto, definidas em ato do Chefe do Poder Executivo federal (BRASIL, 2012a, p. 3).

Sobre o interesse social consideram-se:

- a) as atividades imprescindíveis à proteção da integridade da vegetação nativa, tais como prevenção, combate e controle do fogo, controle da erosão, erradicação de invasoras e proteção de plantios com espécies nativas;
- b) a exploração agroflorestal sustentável praticada na pequena propriedade ou posse rural familiar ou por povos e comunidades tradicionais, desde que não descaracterize a cobertura vegetal existente e não prejudique a função ambiental da área;
- c) a implantação de infraestrutura pública destinada a esportes, lazer e atividades educacionais e culturais ao ar livre em áreas urbanas e rurais consolidadas, observadas as condições estabelecidas nesta Lei;
- d) a regularização fundiária de assentamentos humanos ocupados predominantemente por população de baixa renda em áreas urbanas consolidadas, observadas as condições estabelecidas na Lei nº 11.977, de 7 de julho de 2009;
- e) implantação de instalações necessárias à captação e condução de água e de efluentes tratados para projetos cujos recursos hídricos são partes integrantes e essenciais da atividade;
- f) as atividades de pesquisa e extração de areia, argila, saibro e cascalho, outorgadas pela autoridade competente;
- g) outras atividades similares devidamente caracterizadas e motivadas em procedimento administrativo próprio, quando inexistir alternativa técnica e locacional à atividade proposta, definidas em ato do Chefe do Poder Executivo Federal (BRASIL, 2012a, p. 4).

Ainda sobre o art. 8º, revendo agora questões específicas sobre as APPs que protegem os manguezais, faz-se relevante citar a permissividade na supressão de vegetação nativa nesta área em locais onde a função ecológica do manguezal esteja comprometida, para execução de

condução de água e efluentes tratados [...]; à implantação de trilhas para o desenvolvimento do ecoturismo; à construção de rampa de lançamento de barcos e pequeno ancoradouro; à construção de moradia de agricultores familiares, remanescentes de comunidades quilombolas e outras populações extrativistas e tradicionais em áreas rurais [...]; à construção e manutenção de cercas na propriedade; à pesquisa científica relativa a recursos ambientais [...]; à coleta de produtos não madeireiros para fins de subsistência e produção de mudas [...]; ao plantio de espécies nativas produtoras de frutos, sementes, castanhas e outros produtos vegetais [...]; à exploração agroflorestal e manejo florestal sustentável, comunitário e familiar [...]; bem como à outras ações ou atividades similares, reconhecidas como eventuais e de baixo impacto ambiental em ato do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA ou dos Conselhos Estaduais de Meio Ambiente (BRASIL, 2012a, p. 4).

obras habitacionais e de urbanização, inseridas em projetos de regularização fundiária de interesse social, em áreas urbanas consolidadas ocupadas por população de baixa renda.

Por fim, observa-se que esta nova legislação dedica vários dispositivos na regulamentação das áreas consolidadas em APPs. No que se refere às zonas rurais, o art. 61-A (incluído pela Lei nº 12.727), em substituição ao vetado art. 61, regulariza as atividades agrossilvipastoris, de ecoturismo e de turismo rural em áreas rurais consolidadas⁷ até 22 de julho de 2008. O dispositivo institui um complexo sistema de recomposição variável de acordo com a extensão do imóvel rural. Juras e Ganem (2012, p. 7) contribuem com uma crítica a esta diretriz:

O uso do termo “preexistente” flexibiliza demasiadamente o conceito. Qualquer ocupação antrópica preexistente passa potencialmente a ser considerada “consolidada”. Registre-se que a definição de área rural consolidada é empregada para respaldar a regularização das ocupações ocorridas até a data prevista, mesmo que em conflito com a legislação ambiental anterior e eventualmente caracterizando ilícito penal. A data mencionada refere-se à edição do Decreto 6.514/2008, a versão mais recente do regulamento da Lei de Crimes Ambientais. Não parece haver fundamentação para essa opção. Se a questão é marcar a existência de normas amplas quanto a infrações administrativas, seria mais indicada a data de edição do primeiro regulamento da LCA, o Decreto 3.179 (21 de setembro de 1999).

Ainda neste artigo, pode-se destacar as seguintes indicações, ressaltando questões relativas às ações de cunho corretivo frente a distúrbios quanto a manutenção das funções ambientais das APPs e observando a atuação conjunta de atores sociais e sobreposição das demais legislações ambientais incidentes a recortes territoriais distintos:

§ 14. Em todos os casos previstos neste artigo, o poder público, verificada a existência de risco de agravamento de processos erosivos ou de inundações, determinará a adoção de medidas mitigadoras que garantam a estabilidade das margens e a qualidade da água, após deliberação do Conselho Estadual de Meio Ambiente ou de órgão colegiado estadual equivalente.

[...]

§ 16. As Áreas de Preservação Permanente localizadas em imóveis inseridos nos limites de Unidades de Conservação de Proteção Integral criadas por ato do poder público até a data de publicação desta Lei não são passíveis de ter quaisquer atividades consideradas como consolidadas nos termos do caput e dos §§ 1º a 15, ressalvado o que dispuser o Plano de Manejo elaborado e aprovado de acordo com as orientações emitidas pelo órgão competente do Sisnama, nos termos do que dispuser regulamento do Chefe do Poder Executivo, devendo o proprietário, possuidor rural ou ocupante a qualquer título adotar todas as medidas indicadas.

[...]

§ 17. Em bacias hidrográficas consideradas críticas, conforme previsto em legislação específica, o Chefe do Poder Executivo poderá, em ato próprio, estabelecer metas e diretrizes de recuperação ou conservação da vegetação nativa

⁷Área rural consolidada corresponde a área de imóvel rural com ocupação antrópica preexistente a 22 de julho de 2008, com edificações, benfeitorias ou atividades agrossilvipastoris, admitida, neste último caso, a adoção do regime de pousio (BRASIL, 2012a, p. 2).

superiores às definidas no caput e nos §§ 1º a 7º, como projeto prioritário, ouvidos o Comitê de Bacia Hidrográfica e o Conselho Estadual de Meio Ambiente (BRASIL, 2012a, p. 38).

Já com relação às áreas consolidadas em perímetro urbano têm-se as disposições dos artigos 64 e 65 do Novo Código Florestal, que versam, basicamente, sobre a regularização fundiária, apoiando-se para tal na Lei nº 11.977, de 7 de julho de 2009, que, além de dispor especificamente sobre tal aspecto, apresenta a definição de área urbana consolidada⁸.

Com base na lei anteriormente citada, o município poderá, por decisão motivada, admitir a regularização fundiária de interesse social em APPs, ocupadas até 31 de dezembro de 2007 e inseridas em área urbana consolidada, desde que estudo técnico comprove que esta intervenção implica a melhoria das condições ambientais em relação à situação de ocupação irregular anterior (BRASIL, 2009a).

Recorrendo novamente ao Código Florestal vigente, em seu art. 64º, atenta-se que na regularização fundiária de interesse social dos assentamentos inseridos em área urbana de ocupação consolidada e que ocupam APPs, a regularização ambiental será admitida por meio da aprovação do projeto de regularização fundiária, tomando por base o explicitado no parágrafo acima. O referido estudo técnico, em ambas as legislações, deverá conter minimamente, os seguintes elementos:

- I - caracterização da situação ambiental da área a ser regularizada;
- II - especificação dos sistemas de saneamento básico;
- III - proposição de intervenções para a prevenção e o controle de riscos geotécnicos e de inundações;
- IV - recuperação de áreas degradadas e daquelas não passíveis de regularização;
- V - comprovação da melhoria das condições de sustentabilidade urbano-ambiental, considerados o uso adequado dos recursos hídricos, a não ocupação das áreas de risco e a proteção das unidades de conservação, quando for o caso;
- VI - comprovação da melhoria da habitabilidade dos moradores propiciada pela regularização proposta; e
- VII - garantia de acesso público às praias e aos corpos d'água (BRASIL, 2009, p. 29; BRASIL, 2012a, p. 40).

Segundo Brasil (2009a) na regularização fundiária de interesse social, caberá ao poder público, diretamente ou por meio de seus concessionários ou permissionários de serviços públicos, a implantação do sistema viário e da infraestrutura básica, podendo ser realizada, inclusive, antes de concluída a regularização jurídica das situações dominiais dos imóveis.

⁸Área urbana consolidada compreende parcela da área urbana com densidade demográfica superior a 50 (cinquenta) habitantes por hectare e malha viária implantada e que tenha, no mínimo, 2 (dois) dos seguintes equipamentos de infraestrutura urbana implantados: a) drenagem de águas pluviais urbanas; b) esgotamento sanitário; c) abastecimento de água potável; d) distribuição de energia elétrica; ou e) limpeza urbana, coleta e manejo de resíduos sólidos (BRASIL, 2009a, p. 26).

Já o art. 65º da Lei nº 12.651 define diretrizes para a regularização fundiária de interesse específico dos assentamentos inseridos em área urbana consolidada e que ocupam APPs não identificadas como áreas de risco. O processo de regularização ambiental, envolvendo prévia autorização pelo órgão ambiental competente, deverá ser instruído com os seguintes elementos:

- I - a caracterização físico-ambiental, social, cultural e econômica da área;
- II - a identificação dos recursos ambientais, dos passivos e fragilidades ambientais e das restrições e potencialidades da área;
- III - a especificação e a avaliação dos sistemas de infraestrutura urbana e de saneamento básico implantados, outros serviços e equipamentos públicos;
- IV - a identificação das unidades de conservação e das áreas de proteção de mananciais na área de influência direta da ocupação, sejam elas águas superficiais ou subterrâneas;
- V - a especificação da ocupação consolidada existente na área;
- VI - a identificação das áreas consideradas de risco de inundações e de movimentos de massa rochosa, tais como deslizamento, queda e rolamento de blocos, corrida de lama e outras definidas como de risco geotécnico;
- VII - a indicação das faixas ou áreas em que devem ser resguardadas as características típicas da Área de Preservação Permanente com a devida proposta de recuperação de áreas degradadas e daquelas não passíveis de regularização;
- VIII - a avaliação dos riscos ambientais;
- IX - a comprovação da melhoria das condições de sustentabilidade urbano-ambiental e de habitabilidade dos moradores a partir da regularização; e
- X - a demonstração de garantia de acesso livre e gratuito pela população às praias e aos corpos d'água, quando couber (BRASIL, 2012a, p. 40).

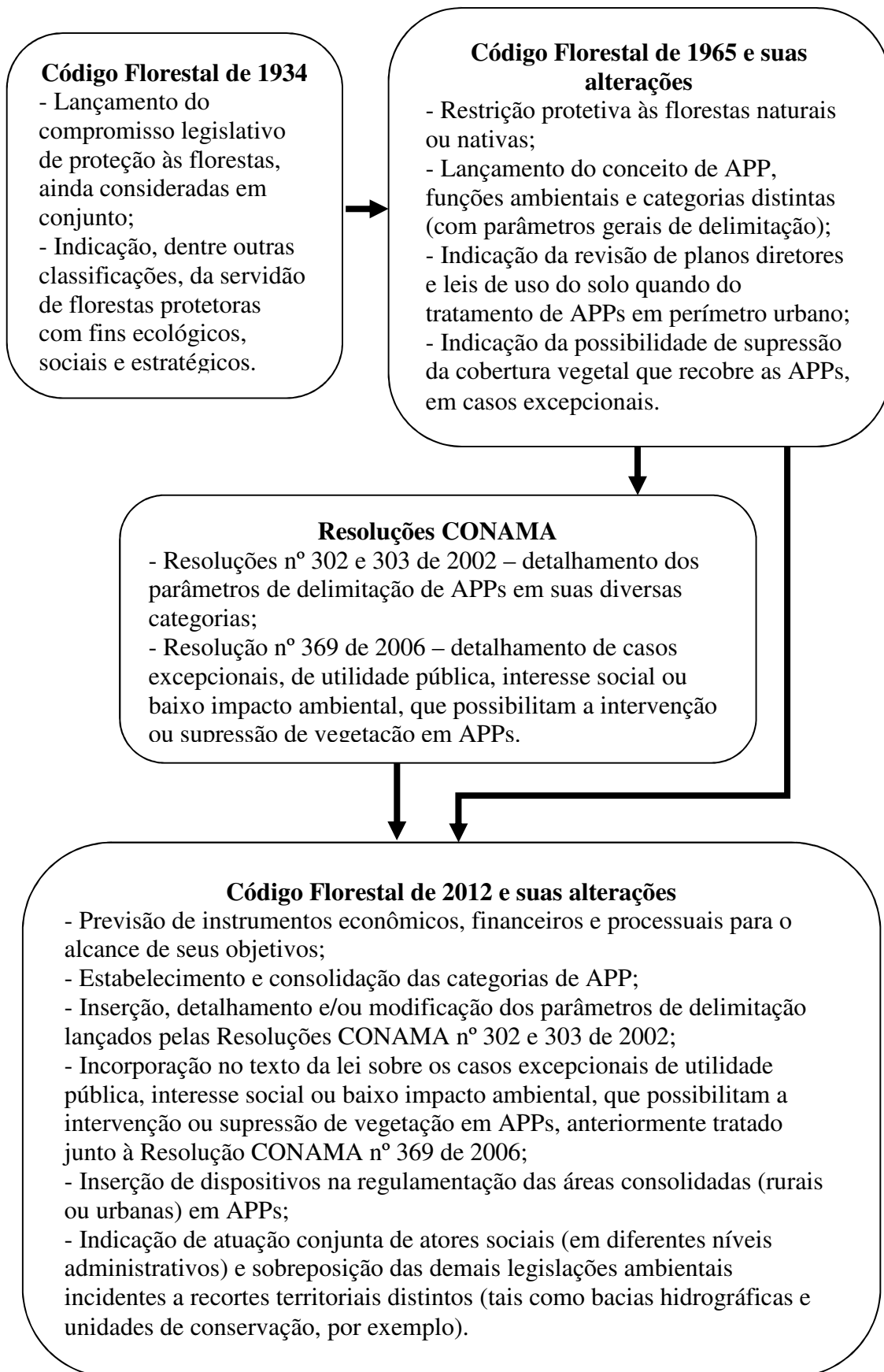
Têm-se ainda, neste artigo, as seguintes diretrizes para situações específicas:

§ 2º Para fins da regularização ambiental prevista no caput, ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água, será mantida faixa não edificável com largura mínima de 15 (quinze) metros de cada lado.

§ 3º Em áreas urbanas tombadas como patrimônio histórico e cultural, a faixa não edificável de que trata o § 2º poderá ser redefinida de maneira a atender aos parâmetros do ato do tombamento (BRASIL, 2012a, p. 41).

Em suma, o entendimento jurídico e conceitual sobre as APPs envolve a (re)visão da evolução do Código Florestal, de suas edições e alterações legislativas, além das informações complementares contidas em documentos normatizadores como as Resoluções CONAMA. Basicamente, esta evolução (Fluxograma 1) compreendeu um maior detalhamento de parâmetros e itens frente à questões de tratamento complexo, a exemplo da legitimação destas faixas, a serem permanentemente preservadas de acordo com a lei, em ambientes artificiais, nos quais há o predomínio da consolidação da ocupação.

Fluxograma 1 – Evolução do Código Florestal e principais alterações no tratamento de APPs



1.1.1 Conceito de APP: categorias e funções ambientais

Segundo o Código Florestal, entende-se por APP: “área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.” (BRASIL, 2012a, p. 2).

Há de se salientar que as APPs configuram um grupo específico de áreas protegidas. No Brasil, além das APPs, objeto de estudo, podem ser citadas como áreas protegidas as denominadas Unidades de Conservação (UCs), normatizadas pela Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000 (BRASIL, 2000). No entanto, além de serem asseguradas por diferentes legislações, as APPs e a UCs se diferenciam quanto ao seu objetivo e institucionalização. Diferentemente das APPs, as UCs são legalmente instituídas pelo Poder Público, com limites definidos sob regime especial de administração, já as APPs configuram espaços que não precisam de criação ou de declarações, simplesmente existem a partir de uma regra geral.

Segundo Chiuvite (2010, p. 128), “As APPs têm ostentado o status jurídico de espaços territoriais especialmente protegidos em sentido amplo. Os territoriais especialmente protegidos em sentido estrito seriam as unidades de conservação.”

Conforme explicita o texto da Convenção sobre Diversidade Biológica (BRASIL, 1994, p. 2) o termo “área protegida” compreende “uma área definida geograficamente que é destinada, ou regulamentada, e administrada para alcançar objetivos específicos de conservação.”

Em um senso comum, “conservar” significa “manter em bom estado, no seu lugar ou no seu estado atual”; o termo é ainda associado ao ato de “preservar”, que, por sua vez, associa-se ao ato de proteger, de “livrar de algum dano futuro.” (AMORA, 2009, p. 168 e p. 571). No entanto, com base no aporte teórico das ciências naturais, conceitualmente a “conservação” difere de “preservação”, visto que a primeira permite o uso e o manejo da área, já a segunda resguarda a área de qualquer uso que possa modificar sua estrutura natural original (LIMA-E-SILVA, et. al., 1999; FILHO, 2000). Tal diferenciação pode ser exemplificada ao se comparar, mais uma vez, as UCs e APPs: ao passo que a primeira possui categorias voltadas ao uso sustentável, além daquelas de proteção integral, a segunda preconiza a preservação permanente.

De acordo com o Dicionário Brasileiro de Ciências Ambientais (LIMA-E-SILVA, et. al., 1999, p. 187) a preservação corresponde ao “ato de proteger, contra a destruição e

qualquer forma de dano ou degradação, um ecossistema, uma área geográfica definida [...], adotando-se as medidas preventivas legalmente necessárias e as medidas de vigilância adequadas.” Sendo assim, “áreas de preservação” constituem faixas determinadas a serem protegidas. A componente “permanente” reforça o caráter específico e diferencial deste tipo de área protegida: o processo de preservação ininterrupto.

No âmbito das categorias das APPs, deve-se atentar que estas faixas protegidas variam espacialmente em termos das mesmas. O art. 4º do Código Florestal de 2012 (alterado por Lei nº 12.727 de 2012) considera de preservação permanente as seguintes áreas, localizadas nas zonas rurais e urbanas:

I - As faixas marginais de qualquer curso d’água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

- a) 30 (trinta) metros, para os cursos d’água de menos de 10 (dez) metros de largura;
- b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d’água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
- c) 100 (cem) metros, para os cursos d’água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
- d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d’água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
- e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d’água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros.

II - As áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:

- a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d’água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;
- b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;

III - As áreas no entorno dos reservatórios d’água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d’água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento;

IV - As áreas no entorno das nascentes e dos olhos d’água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros;

V - As encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive;

VI - As restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;

VII - Os manguezais, em toda a sua extensão;

VIII - As bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;

IX - No topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d’água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação;

X - As áreas em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação;

XI - Em veredas, a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 (cinquenta) metros, a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado (BRASIL, 2012a, p. 4).

Em suma, tais faixas integram a flora, fauna, solo, ar e águas, com a função ambiental de preservar o meio físico e natural, além de assegurar a qualidade vida das populações humanas, perpassando qualquer sentido ecológico isolado. Neste sentido, a função ambiental das APPs deve ser o ponto principal de discussão para a sua efetiva delimitação e controle (CONCEIÇÃO e DORNELLES, 2012).

Especificamente sobre cada função ambiental das APPs, elencadas pelo Código Florestal, pode-se rever na ordem em que se apresenta na lei:

❖ “Preservar os recursos hídricos”

O Brasil tem posição privilegiada no mundo em relação à disponibilidade de recursos ambientais, com destaque para os recursos hídricos. Isto se deve à sua vasta extensão físico-territorial e condições climáticas favoráveis. Neste sentido, o clima e seu regime de chuvas são fatores chave para os recursos hídricos brasileiros, propiciando uma rede hidrográfica extensa e formada, notadamente, por rios de grande volume de água (BRASIL, 2007a). No entanto, mais de 73% da disponibilidade de água doce do país localiza-se na região Amazônica e apenas 27% estão disponíveis para atender à maior parte da população (SETTI et. al., 2001, p. 57).

Complementarmente às informações sobre disponibilidade, pode-se refletir sobre a renovabilidade do recurso água, a partir da contribuição de Netto (2004, p. IX):

Até um passado recente, a água era considerada, por boa parcela das sociedades do planeta, um recurso natural renovável, abundante, que poderia atender, sem maiores restrições, a quase todos os usos que dela se costumava e pretendia fazer. [...] No entanto, a partir da segunda metade do século passado, o crescimento demográfico, o uso intensivo da água nos processos produtivos e a poluição gerada pelo conjunto de atividades humanas provocaram, mesmo em regiões úmidas, uma drástica reavaliação dos conceitos de recurso renovável e abundante.

Segundo os fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), a água, além de um bem de domínio público, é considerada um recurso natural limitado, dotado de valor econômico (BRASIL, 1997).

A água é considerada um recurso renovável devido à sua capacidade de se recompor em quantidade, principalmente pelas chuvas, e por sua capacidade de absorver poluentes. Porém, a classificação de recurso renovável para a água também é limitada pelo uso, que vai pressionar a sua disponibilidade pela quantidade existente e pela qualidade apresentada (SETTI et. al., 2001, p. 15).

Segundo Brasil (2007a) os estudos referentes à pressão e impactos sobre os recursos hídricos no país, em aglomerados urbanos e regiões metropolitanas, indicam que:

As pressões caracterizam-se pela sobreposição de problemas como poluição doméstica e industrial; ocupação irregular de encostas, alagados, várzeas e beiras de rios; e enchentes em cidades de grande e médio porte. O resultado é o comprometimento dos mananciais de abastecimento, com escassez de disponibilidade hídrica em qualidade adequada (BRASIL, 2007a, p. 31).

O Código Florestal consiste em uma das respostas adotadas pelo Brasil, em relação à questão em pauta, dentre outras.

As primeiras preocupações com o meio ambiente surgem com a promulgação do Código Florestal – Lei nº 4.771, de 1965 – que cria as áreas de preservação permanente e, indiretamente, protege a vazão e a qualidade das águas ao determinar a preservação das florestas e das matas ciliares situadas ao longo dos cursos de água, nascentes, lagos, lagoas ou reservatórios. Ambas visões, a ambiental e a econômica, passam a conviver de maneira mais próxima e a enfrentar o desafio da busca do equilíbrio entre os respectivos enfoques (BRASIL, 2007a, p. 33).

Além da racionalização do uso, a preservação dos recursos hídricos deve envolver a manutenção do equilíbrio ecológico objetivando a disponibilidade e renovabilidade do recurso água, sob a perspectiva da qualidade e quantidade. São vários os fatores necessários a este equilíbrio e, em termos de interação entre os diversos sub-sistemas terrestres (a exemplo da biosfera e hidrosfera), relacionam-se com a presença da vegetação, fixação do solo, e a capacidade de infiltração, por exemplo.

Assim, sendo a preservação dos recursos hídricos, além de influenciada por outras funções ambientais das APPs, submete-se a suas diversas categorias dentro de um contexto físico, como o recorte de bacia hidrográfica.

❖ “Preservar a paisagem”

O verbete “paisagem”, segundo um dos dicionários da língua portuguesa (AMORA, 2009, p. 510), corresponde ao “espaço de território que se capta num lance de vista.” A paisagem configura um importante conceito no âmbito da geografia (ciência atrelada à grafia e interpretação da superfície terrestre), bem como o “território” e o “espaço” (objeto de investigação desta área de conhecimento).

De acordo com Lima-e-Silva et. al. (1999, p. 170) a paisagem é a “porção de um cenário ou terreno, geralmente ampla, que se abrange com a visão.” Já Filho (2000, p. 190),

define o termo como “área que a visão humana pode alcançar incluindo elementos físicos (montes e montanhas, rios, lagoas, praias etc.), biológicos (flora e fauna) e o próprio ser humano e seus artefatos, em interação.” Esta última se aproxima da visão dos geógrafos.

Recorrendo a Bertrand (2004, p. 141), este complementa que:

A paisagem não é a simples adição de elementos geográficos disparatados. É, em uma determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução.

Sendo assim, pode-se pensar em paisagens naturais e humanizadas, nas quais se desenrolam interações entre os sub-sistemas naturais e formas de apropriação e interações entre as sociedades. Pode-se dizer ainda que as paisagens são remodeladas, em um processo de evolução natural e exploratória.

Ainda com base em Bertrand, em sua análise sobre a dinâmica da paisagem, têm-se que:

O sistema de evolução se define por uma série de agentes e de processos mais ou menos bem hierarquizados. Sem querer desenvolver aqui essa questão, podem ser distinguidos agentes naturais (climáticos, biológicos, etc...) que determinam processos naturais (ravinamentos, pedogênese, dinâmica ecofisiológica...) e agentes antrópicos (sociedades agropastoris, florestais...) dos quais dependem os processos antrópicos (desmatamento, incêndio, reflorestamento). Se não é nunca fácil apreciar a importância de determinado agente ou de determinado processo isolado, é no entanto possível classificar os sistemas de evolução em função do ou dos fatores dominantes (geomorfológico, antrópico...).

Neste sentido, preservar a paisagem pressupõe-se manter um equilíbrio com relação à dinâmica da paisagem, com base na proteção de espaços estratégicos objetivando evitar a descaracterização destes e a manutenção de processos naturais, com benefícios ao homem.

A proteção das APPs garante harmonia e equilíbrio à paisagem, permitindo a formação de corredores de vegetação entre remanescentes de vegetação nativa a exemplo das Reservas Legais, também resguardadas pelo Código Florestal, e UCs ou outras áreas protegidas, públicas ou privadas (BRASIL, 2000; BRASIL, 2011a).

❖ “Preservar a estabilidade geológica”

Em dicionários da língua portuguesa (FERREIRA, 1988; AMORA 2011), o vocábulo “estabilidade” é associado à segurança e solidez. O termo “geológico” diz respeito à estrutura

da crosta terrestre e de seu modelado, dependentes de sua composição litológica (GUERRA e GUERRA, 2006).

Essa estabilidade é então dependente de usos adequados em conformidade ao tipo de terreno. Por exemplo, cortes irregulares em encostas ou interferências na dinâmica marginal de sistemas fluviais podem contribuir para exposição e desfragmentação e deslocamento de materiais (que variam com relação à sua origem e disposição, quanto à susceptibilidade), percebendo-se assim uma desestabilização na estrutura do terreno.

Conforme Brasil (2011a) a função de preservação da estabilidade geológica corresponde uma das atribuições mais importantes das categorias de APP de encostas com declividade acima de 45° e topos de elevações. Sobre estas, tem-se então que:

Tais áreas, além de importantes para a biodiversidade e para manutenção e recarga de aquíferos que vão abastecer as nascentes, são em geral áreas frágeis e sujeitas a desbarrancamentos e deslizamentos de solo ou rochas, principalmente quando desmatadas e degradadas ambientalmente (BRASIL, 2011a, p. 15).

A princípio, as categorias de APP ligadas aos topos de elevações, altitudes elevadas, e de declividade acentuada conferem uma importância mais clara a estabilidade geológica (sem exclusão das demais categorias e funções). Nestes ambientes, de topografia peculiar, predomina a esculturação do relevo por meio de intemperismo e do trabalho erosivo, a exemplo dos chamados processos de encosta.

Segundo o Dicionário Geológico-geomorfológico (GUERRA e GUERRA, 2006, p. 220), a encosta é um “declive nos flancos de um morro, de uma colina ou de uma serra.” Sendo assim, pode ser entendida como toda a porção de terra que não é plana e nem é cumeada de morro ou talvegue de vale.

Neste sentido as encostas são ambientes que abrigam APPs de declividade acentuada e também são encontradas na faixa de APP acima de 1.800 metros de altitude. Ainda, pode-se considerar como ambientes intermediários ao topo de uma elevação. Assim sendo, encostas e topos de elevação são ambientes que se integram.

O efeito da gravidade, aliando-se ao trabalho de agentes erosivos como a água (advinda de precipitação, escoamento e infiltração), pode contribuir para processos como os escorregamentos e desmoronamentos, comuns a ambientes de encostas degradadas. Segundo Guerra (2010, p. 212) a recuperação de encostas afetadas por estes processos deve levar em consideração o reconhecimento de aspectos geomorfológicos, hidrológicos, pedológicos e geológicos.

❖ “Preservar a biodiversidade”

Biodiversidade, ou diversidade biológica, corresponde “a variedade de organismos considerada em todos os níveis taxonômicos, desde variações genéticas pertencentes à mesma espécie, até as diversas séries de espécies, gêneros, famílias e níveis taxonômicos ou superiores.” (LIMA-e-SILVA et. al., 1999, p. 30). Mais além os autores também associam a biodiversidade ao nível dos ecossistemas, dos habitats e da própria paisagem. Em uma visão próxima, Filho (2000, p. 33) define biodiversidade como a “variedade de bens, espécies e ecossistemas que fazem parte da biosfera.”

Segundo o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA, 2006, p. 46), a preservação da biodiversidade requer, dentre outras ações, a criação de corredores ecológicos⁹ conectando áreas protegidas no âmbito dos biomas regionais, considerando as UCs, suas zonas de amortecimento e APPs, “de forma a possibilitar a persistência a longo prazo das populações da fauna e da flora atualmente isoladas”.

De acordo com Cunha e Guerra (2000), o desmatamento e as diversas formas de poluição ambiental têm acelerado a destruição da diversidade biológica. O Brasil é um dos países que concentram ainda uma grande variedade espécies de vida. Neste sentido, foi publicado o Decreto nº 4.339, de 22 de agosto de 2002, que institui princípios e diretrizes para a implementação da Política Nacional da Biodiversidade e faz referência às APPs, já que uma das principais funções ambientais deste instituto é preservar e garantir a diversidade biológica (BRASIL, 2002). Dentre as principais proposições em seu anexo figuram:

Planejar, promover, implantar e consolidar corredores ecológicos e outras formas de conectividade de paisagens, como forma de planejamento e gerenciamento regional da biodiversidade, incluindo compatibilização e integração das reservas legais, áreas de preservação permanentes e outras áreas protegidas;

[...] Apoiar estudos de impacto sobre a biodiversidade nas diferentes bacias hidrográficas, sobretudo nas matas ribeirinhas, cabeceiras, olhos d’água e outras áreas de preservação permanente e em áreas críticas para a conservação de recursos hídricos;

[...] Promover recuperação, revitalização e conservação da biodiversidade nas diferentes bacias hidrográficas, sobretudo nas matas ribeirinhas, nas cabeceiras, nos olhos d’água, em outras áreas de preservação permanente e em áreas críticas para a conservação de recursos hídricos (BRASIL, 2002, p. 9 a 19).

⁹Corredores ecológicos são porções de ecossistemas naturais ou seminaturais, ligando áreasremanescentes de vegetação nativa entre si ou com unidades de conservação, que possibilitam entre elas o fluxo de genes e o movimento da biota, facilitando a dispersão de espécies e a recolonização de áreas degradadas, bem como a manutenção de populações que demandam para sua sobrevivência áreas com extensão maior do que aquela das unidades individuais (BRASIL, 2011, p. 22).

No decreto ainda são listados, entre os objetivos a serem alcançados, a criação de mecanismo de incentivos à recuperação e proteção de APPs e de mecanismos tributários, creditícios e de facilitação administrativa para proprietários rurais que mantenham APPs protegidas. Essas diretrizes políticas visam estimular uma conduta positiva dos proprietários de imóveis localizados em APPs e traduzem uma preocupação de efetivar a proteção a essas áreas estratégicas, escopo também presente em dispositivos da Lei 12.651 (Código Florestal).

❖ “Facilitar o fluxo gênico de fauna e flora”

Fluxo gênico, de acordo com Lima-e-Silva et. al. (1999), corresponde ao intercâmbio de atributos genéticos entre populações por movimento de indivíduos. A fauna corresponde a todos os animais de um determinado local, já a flora compreende toda a vegetação.

As APPs, por seu potencial de extensão e conexão, são faixas com características de corredores ecológicos. Essas faixas, quando preservadas, propiciam o habitat natural ou servem de área de trânsito para a fauna, além de configurar área de dispersão de sementes das espécies de flora residentes nos remanescentes.

Essa ocupação ou trânsito, permite o fluxo gênico, ou seja, a troca de genes entre populações através da migração de indivíduos ou transferência de gametas. Quando o fluxo gênico é interrompido ou diminuído drasticamente as populações naturais ficam isoladas sofrendo uma diminuição da suavariabilidade genética, tornando-as menos adaptáveis às mudanças do ambiente. Portanto a inexistência de fluxo gênico aumenta a vulnerabilidade das espécies à extinção (BRASIL, 2011a, p. 22).

❖ “Proteger o solo”

O solo corresponde ao “material mineral e/ou orgânico inconsolidado na superfície da terra que serve como meio natural para o crescimento e desenvolvimento de plantas terrestres.” (IBGE, 2007, p. 31).

São constituídos de camadas que diferem entre si pela natureza física, química, mineralógica e biológica que se desenvolvem com o tempo, sob a influência do clima e da própria atividade dos organismos. Seu processo de formação, denominado pedogênese, envolve a alteração do material de origem (rocha) e a associação de outros elementos, favorecendo a vida microbiana. O solo é o único ambiente onde se encontram reunidos, em associação íntima, os quatro elementos: litosfera, hidrosfera, atmosfera e biosfera (LIMA-e-SILVA et. al., 1999; GUERRA e GUERRA, 2006).

Neste caso, a proteção do solo envolve o seu resguardo contra a deflagração de processos que afetem o mesmo, com conseqüências diversas. A título de exemplificação:

Nas encostas e topos de morro a manutenção da vegetação nativa evita que em períodos de chuvas torrenciais as camadas superficiais do solo sejam carregadas e levadas para o leito dos rios e nascentes, o que afeta negativamente a fertilidade dos solos e também provoca o assoreamento dos cursos d'água (BRASIL, 2011a, p. 23).

Cunha e Guerra (2000) atentam para o fato de que o manejo inadequado do solo, potencializado pelas condições naturais do ambiente (topografia, clima, cobertura vegetal e composição do solo, por exemplo), é a principal causa de degradação ambiental dos solos, em áreas rurais e urbanas.

Mais especificamente, Araujo, Ameida e Guerra (2005) definem como fatores facilitadores de degradação do solo, no que envolve a ação antrópica, o desmatamento, a remoção da cobertura vegetal para cultivo, e os taludes de corte, dentre outros.

Todas as categorias de APP contribuem para a minimização dos processos erosivos e dos seus efeitos negativos, dentre os quais a perda de solo fértil. O problema do assoreamento dos cursos d'água, por exemplo, se agrava quando a vegetação nativa das APPs às margens de rios é retirada e em seu lugar são implantadas pastagens ou culturas agrícolas (BRASIL, 2011a).

A partir das conceituações apresentadas para esta e outras funções ambientais, percebe-se também que a função ambiental de proteção ao solo está intimamente relacionada às demais funções das APPs, principalmente as de preservação da estabilidade geológica, dos recursos hídricos e da biodiversidade. Tais interações devem ser compreendidas dentro de um recorte físico de bacia hidrográfica.

❖ Assegurar o bem-estar das populações humanas

O bem-estar das populações humanas depende, além do equilíbrio ecológico, o resguardo contra intempéries reconhecidas como passíveis de ocorrerem em determinado local ou em alguma circunstância específica (considerando a combinação de fatores e recorrência).

Pode-se dizer que esta função ambiental especificamente determina um caráter social às APPs, pois preconiza a não exposição da população aos riscos ambientais. Segundo Brasil (2007b, p. 26) risco pode ser definido como a “relação entre a possibilidade de ocorrência de

um dado processo ou fenômeno, e a magnitude de danos ou conseqüências sociais e/ou econômicas sobre um dado elemento, grupo ou comunidade.”

As APPs, especialmente aquelas às margens dos cursos d’água (localizados em fundos de vale) e nas encostas e topos de formações de relevo, geralmente são coincidentes com áreas ambientalmente vulneráveis e de risco, em que a ocupação por edificações, a exemplo dos loteamentos residenciais e a ocupação irregular (invasões), compromete a segurança da população residente.

As terraplanagens (arrasando áreas elevadas e aterrando vales), a ocupação em encostas íngremes e em fundos de vale, e a ausência de infraestrutura urbana completa (tais como sistema de drenagem de águas pluviais e proteção de taludes contra a erosão) favorecem a ocorrência de processos erosivos e de assoreamento, resultando em impactos ambientais como as inundações e os deslizamentos, os quais envolvem prejuízos tais como a perda de habitações, do patrimônio público e privado, ou, até mesmo, de vidas humanas (BRASIL, 2011a; SANTOS, 2012).

Como resposta à necessidade de diretrizes específicas para a gestão de riscos frente ao modelo histórico de apropriação e uso do solo inadequado em áreas ambientalmente frágeis, surge a denominada Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), instituída pela Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Tal aparato jurídico ainda dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC) e sobre o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil (CONPDEC) (BRASIL, 2012d).

A PNPDEC constitui um avanço na gestão local de riscos, além de possuir uma estratégica abordagem preventiva em seu corpo de diretrizes. Em âmbito federal deverá ser realizado o cadastro nacional de municípios em áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos e inundações, os quais deverão elaborar seus planos diretores¹⁰ para redução de riscos de desastres. Os estados tornam-se responsáveis, por exemplo, pelo mapeamento das áreas de risco e realização de estudos para identificação de ameaças e vulnerabilidades no território de abrangência. Já aos municípios compete a vistoria de edificações e zonas de risco, promovendo, quando for o caso, a intervenção preventiva e a evacuação da população de áreas ou residências vulneráveis (COSTA e CONCEIÇÃO, 2012; SANTOS, 2012).

A PNPDEC prevê ainda a adoção da bacia hidrográfica como unidade de análise das ações de prevenção de desastres relacionados a corpos d’água, refletindo a preocupação com

¹⁰Dentre as exigências citam-se: parâmetros de parcelamento e uso do solo; mapeamento de áreas de risco; medidas de drenagem urbana necessárias à prevenção e à redução de impactos de desastres; e diretrizes para a regularização fundiária de assentamentos urbanos irregulares. Além disso, os programas habitacionais deverão priorizar as comunidades atingidas e os moradores em áreas de risco (BRASIL, 2012d).

os limites físicos e de atuação de processos naturais e antropizados, de maneira integrada (BRASIL, 2012d).

Sendo assim, para a manutenção desta última e específica função ambiental das APPs, principalmente no caso das faixas inseridas em meio urbano – associadas, em muitos casos, à áreas de risco, a PNPDEC emerge como uma resposta transversal, vinculada aos planos diretores, ao permitir a identificação espacial de riscos em um contexto físico-territorial e a prevenção e mitigação de desastres em escala local.

A partir do exposto, atesta-se um rol de funções ambientais, que se relacionam, comprovadamente intrínsecas às APPs.

Podem ser destacadas ainda algumas definições e entendimentos com relação às categorias de APP e funções ambientais, com ênfase para aquelas ligadas à drenagem, ao relevo e de transição entre os ambientes terrestre e marinho. As APPs às margens de rios configuram faixas de terra necessárias à preservação, conservação ou recuperação da mata ciliar que, por sua vez, possui como principais funções a proteção e suporte das margens, evitando a erosão das mesmas e conseqüente assoreamento à jusante (ARAUJO, 2002; ZANDER, et. al., 2010). Além das funções hidrológicas, Salemi et. al. (2011) explicitam que as florestas ripárias auxiliam na manutenção da biodiversidade; no fornecimento de detritos vegetais, frutos e sementes; no controle da temperatura da água; no controle da composição química da água por meio da filtragem física e biológica; e, por fim, o controle sobre a comunidade de macroinvertebrados do rio.

Papel próximo ao das APPs às margens de rios desempenham as APPs no entorno de reservatórios artificiais (barragens), evitando principalmente a erosão em suas bordas e o assoreamento do corpo d'água. Araujo, Almeida e Guerra (2005, p. 114) nos explicam que:

As margens de rios e barragens estão sujeitas à erosão e atrito pelo fluxo d'água. A sua força erosiva aumenta com a velocidade da água. A vegetação da encosta pode ajudar da seguinte maneira: a parte aérea se inclina e cobre a superfície e/ou reduz a velocidade do fluxo adjacente à interface solo/água, enquanto as raízes abaixo do solo retêm ou mantêm fisicamente as partículas de solo no lugar. A extensão desses benefícios depende da área superficial de vegetação em contato com o fluxo e a flexibilidade dos ramos. Moitas densas de gramíneas e espécies herbáceas baixas que estendem vários ramos flexíveis e folhas dentro do fluxo d'água são as mais eficientes a este respeito.

As APPs de nascentes, localizadas em bacias a montante, configuram faixas necessárias à disponibilidade do recurso hídrico, ao garantir a presença de vegetação auxiliando na infiltração e percolação da água no solo. Conforme Salemi et. al. (2011, p. 75):

[...] o solo, ao receber continuamente um aporte de matéria orgânica da serapilheira e ganhando porosidade com a atividade do sistema radicular da floresta e também por meio da atividade da biota do solo, permite que haja maior condução de água em direção às camadas mais profundas.

Segundo Brasil (2012a, p. 2) uma nascente é o “afloramento natural do lençol freático que apresenta perenidade e dá início a um curso d’água.” Assim, as APPs de nascente garantem, basicamente, proteção à produção de água. Como visto, as APPs de reservatórios, assim como as faixas marginais de rios, garantem o equilíbrio do corpo d’água. Neste sentido, Salemi et. al. (2001) acreditam que as florestas ripárias contribuem à manutenção da função hidrológica do solo.

Com relação ao relevo de altitude, o topo corresponde à parte mais elevada de um morro ou de outra elevação (a exemplo das montanhas). O topo descreve então uma porção de determinada elevação. O morro pode ser entendido como um monte pouco elevado, cuja altitude é aproximadamente de 100 a 200 metros. Já as montanhas são elevações com altitude superior a 300 metros e constituída por um agrupamento de morros. As serras correspondem a um conceito mais abstrato, voltado à descrição da paisagem física de terrenos acidentados com fortes desníveis (GUERRA e GUERRA, 2006). As APPs de topo de elevações protegem ambientes de altitude (em relação ao seu entorno) e suas características naturais, a exemplo da biodiversidade (ao se pensar em florestas de altitude) e disponibilidade hídrica (visto que são ambientes de recarga).

As APPs de declividade superior a 45° protegem faixas de terreno de inclinação acentuada, às quais são influenciadas fortemente pela gravidade. A declividade é então a inclinação maior ou menor do relevo em relação ao horizonte. Quase todo relevo na superfície possui algum tipo de declive, medido de 0 a 90° (ou em percentuais) (LIMA-e-SILVA et. al., 1999; GUERRA e GUERRA, 2006).

De acordo com Silva, Schulz e Camargo (2003), os solos em ambientes com declividade superior a 45° são classificados como fortemente suscetíveis à erosão, excetuando-se aqueles que apresentam muito boas condições físicas, sendo o seu uso recomendado para fins de manutenção da vida silvestre. Sobre isto, Araujo, Almeida e Guerra (2005) complementam que a vegetação arbórea em encostas reforça o solo e melhora a estabilidade em uma perspectiva mecânica, por meio de suas raízes, por exemplo.

O manguezal é um ecossistema costeiro que “ocorre em terrenos baixos, sujeitos à ação das marés, formado por vasas lodosas recentes ou arenosas, às quais se associa, predominantemente, a vegetação natural conhecida como mangue.” Possui ainda influência

fluviomarinha, típica de solos limosos de regiões estuarinas e com dispersão descontínua ao longo da costa brasileira (BRASIL, 2012a, p. 2). O mangue “é um sistema que produz grande quantidade de matéria orgânica, carregada pela maré para outras áreas, e também serve como filtro biológico.” (FILHO, 2000, p. 168). A APP de manguezal torna-se importante ao proteger esse ambiente de transição terrestre e marinha, com grande influência sobre a biodiversidade.

Com base nestas definições entende-se que cada categoria de APP, apesar de estarem relacionadas a ambientes com características mais ou menos distintas, possui potencial para abarcar todas as funções ambientais em seu rol de finalidades. Isto pode ser afirmado ao se pensar na interdependência destas funções. No entanto, ampliando a discussão, pode-se pensar que, cada categoria de APP responde a diferentes níveis de importância com relação à manutenção das funções ambientais descritas no código.

1.2 Política de desenvolvimento urbano e diretrizes de uso e ocupação em APPs

A proteção legal ao meio ambiente é realizada através de normas jurídicas específicas ancoradas na Constituição Federal de 1988, precursora no tratamento deliberado da questão ambiental. Silva (1994, p. 26) considera esta “uma constituição eminentemente ambientalista” e que “assumiu o tratamento da matéria em termos amplos e modernos.”

Especificamente, a Constituição Federal de 1988 trata a matéria atinente às APPs em seu art. 225, outorgando permissão ao legislador para que definisse, em todo o território nacional, espaços protegidos, vedada a utilização que comprometa a integridade dos atributos que justifiquem sua proteção (art. 225, inciso III). A fauna e a flora existente nas APPs e os processos ecológicos desenvolvidos nesses espaços também estão resguardados (BRASIL, 1988).

Desse permissivo decorre o entendimento de que o Código Florestal Federal foi recepcionado na sua integralidade pela Carta Republicana. Mais, demonstrado fica que estava à frente dela, quando já elegia algumas áreas como tributárias de especial proteção: as áreas de preservação permanente (MARCHESAN, 2005, p. 7).

As legislações estaduais protegem esses espaços por elas delineados, com a garantia de que somente mediante lei, eles poderão ser alterados ou suprimidos (art. 225, § 1º, inciso III da Constituição Federal).

Em face dos preceitos contidos na Constituição possibilita-se, por parte dos municípios, uma tutela mais efetiva em relação ao “meio ambiente ecologicamente equilibrado” e à “sadia qualidade de vida” de seus cidadãos (BRASIL, 1988, p. 100).

Silva (1994) ressalta que a distribuição de competências entre os entes federativos em matéria ambiental segue os mesmos parâmetros adotados pela Constituição Federal em relação à repartição de competências das outras matérias.

Segundo Guimarães (2004), a competência ambiental material é o poder-dever atribuído a uma esfera governamental de fiscalizar e sancionar as condutas contrárias às normas, podendo ser: exclusiva (na qual a atuação é atribuída a uma entidade com exclusão das demais); ou comum (na qual a atuação de uma atividade é feita em condição de igualdade com outra(s), sem que a atividade de uma possa excluir a competência da outra).

De acordo com Araújo (2000), a Constituição prevê competência material exclusiva da União em seu art. 21, no qual se destaca a elaboração e execução de planos nacionais e regionais de ordenação do território e de desenvolvimento econômico e social. Tal disposição vem somar-se à previsão constitucional contida no artigo 30, inciso VIII no sentido de que compete aos municípios promover, no que couber, adequado ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano. Destarte, a Carta Magna atribuiu à União a competência exclusiva de traçar as diretrizes gerais de planejamento territorial, mas conferiu aos municípios a aptidão de realizar o ordenamento territorial num âmbito mais específico e restrito.

A Constituição prevê (art. 30) a competência material exclusiva do município em relação à proteção do meio ambiente urbano. Porém, o art. 23 da Constituição estabelece competência executiva comum a todas as pessoas políticas, com referências a proteção do meio ambiente (inciso VI) e preservaçãodas florestas, fauna e flora (inciso VII). Sobre isto Araújo (op. cit., p. 19) esclarece:

[...] é patente que o meio ambiente encerra as florestas, a fauna e a flora [...] a única diferença entre os dois incisos, está nos verbos utilizados: proteger e preservar, eis que proteção envolve uso disciplinado, enquanto preservação é a manutenção do ecossistema em sua integralidade.

Já a competência ambiental legislativa está relacionada à atividade de legislar sobre a matéria, podendo ser: exclusiva (na qual a atividade de legislar é própria de um único ente, com exclusão dos demais); privativa (a qual é enumerada como própria de uma entidade, mas pode ser delegada a outra); concorrente (na qual há a possibilidade de mais de uma entidade legislar, observando primazia da União na fixação de normas gerais); ou suplementar (na qual há poder de formulação de normas que desdobrem o conteúdo de outras normas ou supram a ausência delas).

As competências ambientais relacionadas à atividade legislativa estão condicionadas ao tratamento de interesses locais (art. 30). Guimarães (2004, p. 77) indica, de maneira elucidativa que:

O município ao dispor sobre as matérias em razão de seu interesse local, não pode ir contra o que se estabeleceu em âmbito federal e estadual, porém seu interesse não fica restrito ao que tais entes estabeleceram. Sua tarefa é adequar essas normas às realidades locais e regular outros aspectos não previstos nas normas federais e estaduais, como por exemplo, algumas normas contidas nas leis de zoneamento municipal e Plano Diretor.

Conforme Araújo (2000), os municípios não foram contemplados no art. 24, como titulares de competência legislativa concorrente. No entanto, a Constituinte de 1988 assegurou a tais entes além da possibilidade de legislar sobre assuntos de interesse local a de suplementar a legislação federal e a estadual no que couber, o que, de certa forma, supre a omissão dos mesmos no art. 24.

Um dos fatores que mais contribuem para a preservação e conservação no meio urbano é a consciência do legislador relativamente às matérias sobre as quais legisla. Marques (2005, p. 181) é incisivo ao apontar que “somente sabendo das consequências, na prática, dos atos legislativos, é que poderá melhor ponderar a respeito de projetos que apresenta e que o poder Legislativo aprova.”

Em suma, os municípios podem legislar sobre os temas ambientais de interesse predominantemente local, desde que respeitando as normas gerais que tiverem sido editadas pela União ou pelo Estado. De acordo com Farias (2007) o meio ambiente ecologicamente equilibrado pode ser entendido como um interesse geral, tendo em vista o caráter difuso desse direito e a sua indispensabilidade à manutenção da vida e da qualidade de vida.

Na realidade, a autonomia municipal e estadual em legislar sobre APPs perpassa pela legislação federal, não devendo ser menos restritiva do que esta. Em uma análise geral da legislação concernente ao tema entende-se que, cabe aos municípios e aos estados a efetiva

demarcação das APPs, respeitando-se os limites mínimos assegurados pelo Código Florestal. A fiscalização de aplicação das normas envolve o convênio entre os níveis de poder (ZANDER et. al., 2010).

Sobre o tema, Marchesan (2005, p. 20) contribui ao mencionar a competência municipal em relação às faixas destinadas às APPs em meio urbano:

O Município pode e deve legislar em matéria de zoneamento urbano-ambiental mas jamais para reduzir a proteção já alcançada pela lei federal ou estadual. Se, no exercício da sua competência concorrente e suplementar, resolver enfrentar o tema das áreas de preservação permanente em meio urbano, não poderá trabalhar com limites e definições menos protetivos que os já eleitos pela Lei Federal n. 4.771/65.

No âmbito municipal, o gestor ao considerar o planejamento urbano voltado para questões ambientais e florestais, deve contemplar no seu escopo de referências, além da normatização ambiental, a Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001, denominada Estatuto da Cidade (BRASIL, 2001b). Dentre diversas diretrizes, esta lei prevê a elaboração dos Planos Diretores Municipais¹¹.

Segundo o Ministério das Cidades, o Plano Diretor pode ser considerado como “a principal lei do município que trata da organização e ocupação do seu território”, previsto não só pelo estatuto, mas também constitucionalmente (BRASIL, 2005a, p. 16).

O fato de o Plano Diretor englobar o território municipal como um todo, e não apenas as áreas urbanas, confere a este instrumento uma ampla função de ordenamento territorial e, conseqüentemente, poderes e deveres para a esfera local de governo no que se refere à gestão ambiental (ARAÚJO, 2003).

O Estatuto da Cidade regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal e estabelece diretrizes gerais da política urbana. Essa lei vem ainda fixar normas gerais em relação a uma série de instrumentos urbanísticos (ARAÚJO, 2003; BRASIL, 2001b). No entanto:

As normas constantes do Estatuto da Cidade, apesar de ligadas mais diretamente ao campo do direito urbanístico e não do direito ambiental, apresentam repercussões evidentes na proteção não apenas do meio ambiente construído, mas também do meio ambiente natural (ARAÚJO, 2003, p. 3).

O artigo 1º, parágrafo único, do Estatuto da Cidade dispõe que:

¹¹ De acordo com o Estatuto da Cidade, é obrigatória a elaboração do Plano diretor para as cidades com mais de vinte mil habitantes; integrantes de regiões metropolitanas e aglomerações urbanas; com áreas de especial interesse turístico; situados em áreas de influência de empreendimentos ou atividades com significativo impacto ambiental na região ou no país (BRASIL, 2001b; BRASIL, 2005a).

Para todos os efeitos, esta Lei, denominada Estatuto da Cidade, estabelece normas de ordem pública e interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental (BRASIL, 2001, p. 1).

Mata (2004) contabiliza vinte referências diretas a meio ambiente no Estatuto, como, por exemplo, a preocupação com o equilíbrio ambiental (art. 1º, parágrafo único), a reconhecida necessidade de sustentabilidade ambiental (art. 2º, incisos I e VIII), a ordenação e controle do uso do solo para evitar a poluição e a degradação ambiental (art. 2º, inciso VI), e as ordens no sentido de que sejam consideradas as normas ambientais ou o impacto ambiental (art. 2º, inciso XIV e Art. 32, § 2º).

Todavia, é necessário, conforme explicita o autor supracitado, a conjugação do Estatuto da Cidade com o ordenamento jurídico de tutela do meio ambiente. O Plano Diretor deve ainda se comunicar com as demais políticas relacionadas à esfera ambiental, em seus recortes de atuação.

Na prática, Costa, Campante e Araújo (2011) indicam, a partir da avaliação da dimensão ambiental nos planos diretores de diversos municípios brasileiros, um predomínio de planos que incorporam o discurso ambiental entre os seus objetivos e princípios fundamentais. No entanto, os autores avaliam que poucos adotam tal perspectiva como referência para a estruturação do território e a definição das demais políticas setoriais.

A título de exemplificação, de acordo com o relatório estadual de avaliação dos planos diretores do Estado do Rio de Janeiro (SANTOS e OLIVEIRA, 2010), os planos analisados¹² apresentam diretrizes para a política de meio ambiente bastante genéricas e semelhantes, com exceção de algumas especificidades municipais relativas à recuperação de áreas degradadas por atividades econômicas desenvolvidas em cada um dos municípios. Neste sentido, acabam por não serem auto-aplicáveis, necessitando de regulamentação por leis específicas, como é o caso das determinações de instituição de um fundo de meio ambiente, da criação de um código ambiental, ou da necessidade de lei específica para o zoneamento.

O relatório indica ainda que, em pouco menos da metade dos planos analisados são consideradas as condições dos ecossistemas locais e da capacidade de suporte da infraestrutura como condicionantes para a delimitação das áreas e padrões de ocupação. Porém, como avaliam complementarmente Costa, Campante e Araújo (2011, p. 175), “a

¹² Foram analisados os planos diretores de 28 (vinte e oito) municípios ao total.

despeito do discurso apresentado, não foram previstos mecanismos ou instrumentos capazes de dar concretude à política ambiental.”

Ainda com base nesta avaliação dos planos, dentre as ações articuladas com outros entes governamentais na política de meio ambiente, destacam-se as de licenciamento ambiental e a adequação da legislação municipal à federal e estadual. Por outro lado, quando são tratados temas referentes aos recursos hídricos, por exemplo, vários planos priorizam a ação articulada com outros municípios, fato que reflete o reconhecimento de que estas questões devem ser tratadas no âmbito da área de abrangência da bacia hidrográfica (SANTOS e OLIVEIRA, 2010).

Retomando a discussão geral e direcionando o enfoque em questões sócio-ambientais, pode-se introduzir a visão de Duarte (2012, p. 26), a qual pondera que “nas cidades os direitos fundamentais ao meio ambiente e à moradia geralmente se encontram em confronto, especialmente em razão da ocupação de áreas de proteção ambiental por populações pobres, excluídas do mercado formal de habitação.” A autora denuncia ainda a ocorrência de modificações casuísticas da legislação urbanística e ambiental, com objetivo primordial de atendimento de interesses de setores econômicos específicos. Mata (2004) também contribui ao rever a necessidade quanto à adequação dos parâmetros de ocupação e uso do solo para a satisfação das diferentes classes sociais, sem segregações.

A política de habitação deve estar atrelada à de meio ambiente, observando as normas ambientais vigentes, a exemplo da proteção de florestas; e de desenvolvimento urbano integrado, no qual a habitação não se restringe a casa, incorpora ainda o direito à infraestrutura e saneamento ambiental, por exemplo. Nesta perspectiva, um importante aspecto legal a ser considerado, no que diz respeito ao desenvolvimento e expansão das cidades, intimamente relacionado à qualidade ambiental em meio urbano, se refere à política municipal de saneamento ambiental, ora integrada ao Plano Diretor, envolvendo diretrizes e ações que visam a ampliação do acesso da população aos serviços de saneamento básico¹³ (BRASIL, 2004; BRITTO, 2011).

A efetiva integração de investimentos em saneamento ambiental em áreas informais e de assentamentos precários, com os programas de urbanização e de provisão habitacional, é estratégia fundamental para a população de baixa renda ter acesso à terra urbanizada e à moradia adequada (BRASIL, 2004, p. 51).

¹³ Segundo a Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007, a qual estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, este conceito engloba os serviços de abastecimento de água potável, de esgotamento sanitário, de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, e de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (BRASIL, 2007c).

Segundo Brasil (2004, p. 29), a Política Nacional de Habitação, aprovada em 2004 pelo Conselho das Cidades¹⁴, “visa promover as condições de acesso à moradia digna a todos os segmentos da população, especialmente o de baixa renda, contribuindo, assim, para a inclusão social”; e possui como fundamento a integração com a política nacional de desenvolvimento urbano.

No que se refere à Política Nacional de Habitação, foi implementado o Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social, o qual possui como princípios, dentre outros, a compatibilidade e integração das políticas habitacionais federal, estadual, e municipal, bem como das demais políticas setoriais de desenvolvimento urbano, ambientais e de inclusão social; e a função social da propriedade urbana (BRASIL, 2005b).

Outro importante instrumento lançado, vinculado à referida política, diz respeito ao Plano Nacional de Habitação, contendo diretrizes e ações relacionadas ao planejamento de longo prazo do setor habitacional. Nesta perspectiva, cita-se como linha de efetivação, a partir das premissas e metas do plano, o avanço do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) e do Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV). Assim, sua implementação envolve ainda o estabelecimento de etapas, com previsão de revisões sincronizadas com os Planos-Plurianuais (BRASIL, 2009b).

No contexto de integração das ações referentes à política habitacional e ambiental pode-se citar, como uma iniciativa concreta, por exemplo, os investimentos do PAC junto ao denominado “Projeto de Controle de Inundações e Recuperação Ambiental das Bacias dos Rios Iguaçu, Botas e Sarapuí”, localizadas junto à Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro, ou simplesmente “Projeto Iguaçu”¹⁵. A primeira etapa do projeto teve como meta principal a dragagem e limpeza dos rios, observando ainda ações relacionadas à desocupação das faixas marginais dos leitos (os quais recebem intervenções urbanísticas / replantio) e o remanejamento dos moradores em áreas de risco, predominantemente de baixa renda, a partir do pagamento de indenização. No contexto de desenvolvimento do projeto vem ocorrendo ainda a construção de conjuntos habitacionais sustentáveis (INEA, 2012a).

Segundo Brasil (2009b), é comum no país o conflito existente entre a ocupação urbana de favelas e assentamentos de baixa renda e a legislação ambiental, que considera tais áreas consolidadas como APP. Deve ser revista, então, a adoção de regimes especiais de zoneamento de assentamentos urbanos de interesse social, revendo ainda compatibilidade com

¹⁴ Órgão colegiado de natureza deliberativa e consultiva do Ministério das Cidades (BRASIL, 2009b).

¹⁵ O Projeto Iguaçu, executado pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA), envolve ações voltadas à despoluição da bacia dos rios Iguaçu, Botas e Sarapuí, evitando a reincidência de enchentes na época de fortes chuvas causadas pelo acúmulo de resíduos que impede a vazão das águas (INEA, 2012a).

o explicitado junto ao Código Florestal de 2012 no que se refere ao tema, conforme anteriormente apresentado.

Neste contexto, podem ser reforçados os instrumentos do Estatuto da Cidade referentes ao zoneamento ambiental e de zonas especiais de interesse social. Este último corresponde ao dever de efetivação/concretização do direito à moradia e do direito à cidade sustentável, e envolvendo, em uma perspectiva estrita e material, o acesso a programas habitacionais, a regularização fundiária, bem como a melhoria das condições urbanas (DUARTE, 2012).

Mata (2004) defende ainda estratégias quanto ao parcelamento do uso do solo. Sobre isto, torna-se importante mencionar que, o parcelamento do solo urbano deve ser realizado mediante loteamento ou desmembramento, a partir de subdivisão de gleba em lotes com abertura ou aproveitamento de vias de circulação, observadas as disposições da Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, e as das legislações estaduais e municipais pertinentes. Ainda segundo a referida lei, “considera-se lote o terreno servido de infra-estrutura básica cujas dimensões atendam aos índices urbanísticos definidos pelo plano diretor ou lei municipal para a zona em que se situe.” (BRASIL, 1979, p. 1). A lei determina ainda que não deverá ocorrer o parcelamento em, por exemplo, áreas sujeiras à inundações ou de preservação ecológica, reforçando a proteção de APPs.

Em suma, no planejamento das cidades deve-se atentar para o estabelecimento de normas especiais de urbanização, uso e ocupação do solo e edificação, consideradas a situação socioeconômica da população e as normas ambientais (BRASIL, 2001b). Mata (2004), no entanto, julga um tratamento inferior, ao longo dos anos, das normas ambientais em relação à, por exemplo, normatização da regularização urbanística junto ao Estatuto. Com isso, considera que a falta de um regramento em âmbito nacional conduziu à carência de padrões mínimos.

Bitoun (2010) já alertava para a necessidade de melhor detalhamento da função social da propriedade urbana, com indicadores concretos a respeito da subutilização em relação a usos para habitação e/ou outras atividades ou má utilização em relação ao meio ambiente, caso contrário sempre haveria dúvidas de ordem jurídica no momento das ações de aplicação dos instrumentos no caso de determinados imóveis.

É sabido que o art. 2º do Código Florestal de 1965 estabeleceu uma área *non aedificandi* de forma que as APPs não podem sofrer nenhum tipo de alteração antrópica. Farias (2006) avalia que, apesar disso, determinados municípios editaram legislações

ambientais estabelecendo uma área *non aedificandi* menor ou menos restritiva que a do Código Florestal, o que gerou inúmeras controvérsias, inclusive jurídicas.

A legitimação de parâmetros não restava suficiente para proporcionar efetiva proteção ambiental, resultando na dificuldade de aplicação das restrições relativas às APPs em áreas urbanas. Vieira e Becker (2010) observam, neste período, uma ineficácia para se solucionar o conflito entre dois valores socialmente almejados: a conservação do meio ambiente e o desenvolvimento socioeconômico.

As APPs possuem a função ambiental de preservar o meio físico e natural, e, ainda, de assegurar a qualidade de vida das populações humanas. Porém, devido ao acelerado processo de artificialização no uso do solo urbano e a não aplicação da lei, estas áreas estão, comumente, comprometidas quanto à sua função ambiental, realidade que se associa a graves prejuízos ambientais, como o assoreamento dos corpos d'água, e a eventos que acarretam sérios riscos para as populações humanas, como as inundações e os deslizamentos de encostas, a partir do aumento do volume das águas de escoamento e da desestabilização de ambientes (ARAUJO, 2002).

É notável, no contexto urbano brasileiro, as pressões de construções irregulares em APPs às margens de rios. Botelho (2011, p. 99), no entanto, atenta para a desconfiguração também de outras categorias de APP em meio urbano:

A situação das APPs em áreas urbanas é bastante crítica. O desrespeito em relação às leis que asseguram a preservação da cobertura vegetal nas áreas de cumeadas, altas declividades e margem de rios é frequente. A ocupação das encostas praticamente até os divisores de água, notadamente nas cidades com presença de morros e maciços no sítio urbano, tem sido cada vez mais intensa.

Coutinho (2004) entende que as áreas ambientalmente frágeis, como as de preservação permanente, que, como dito, estão asseguradas por uma legislação incidente, não interessam ao mercado imobiliário legal, e assim, são as que se tornam acessíveis à moradia de uma população desfavorecida. Já Marques (2005), atenta para o fato de que a ploriferação de ocupações periféricas ocorre em APPs por se contituírem de áreas desocupadas e não protegidas ou fiscalizadas adequadamente.

Mesmo com este quadro mais notório, não se podem ignorar demais tipos de usos inadequados em relação a estas áreas (de motivação industrial, rural, etc.), que ocasionam, por exemplo, a contaminação de solos e impactos sobre a biodiversidade hídrica, de fauna e flora de entorno, assim como sobre a sociedade como um todo.

Compartilham desta visão Britto et. al. (2012), ao complementarem que também são observadas construções de imóveis públicos e privados em flagrante desacordo com a legislação protetiva destas faixas.

As APPs são espaços, tanto de domínio público quanto de domínio privado, que limitam o direito de propriedade, levando-se em conta, sempre, a função ambiental da mesma. Porém, deve-se deixar claro que, é desnecessária a desapropriação da APP, pois a mesma não inviabiliza totalmente o exercício do direito de propriedade. Quanto a isso, Marchesan (2010, p. 11) revisa, a partir de análise do antigo Código Florestal:

Os imóveis que ostentem as características erigidas pelo art. 2º do Código Florestal estão sujeitos a restrições juridicamente consideradas limitações ao direito de propriedade, as quais se fulcram no interesse público de dar uma utilização racional e sustentável a esses bens. Tanto é assim que o art. 18 do Código Florestal obriga o proprietário a proceder ao florestamento ou reflorestamento de preservação permanente em sua propriedade privada, podendo o Poder Público fazê-lo sem necessidade de prévia desapropriação [...].

No entanto, Coutinho (2004) nos chama a atenção ao avaliar que estudos sobre as cidades brasileiras evidenciam uma relação direta entre moradias irregulares e processos de degradação ambiental. Freire (2007) considera o fato de que um contingente expressivo da população brasileira viva em assentamentos precários, e que muitos destes são APPs. Sobre tal situação, em termos de planejamento (ou falta de), pode-se dizer ainda que a ocupação residencial irregular, em APP, ocorre pela ausência de programas habitacionais, além da ineficiência de controle do uso do solo, com sérios impactos ambientais e sociais resultantes (COMPERJ, 2011; INEA, 2012a).

Esse processo desordenado e excludente de urbanização causa grande interferência nos sistemas de água, esgotamento sanitário, coleta de lixo e drenagem das cidades, comprometendo, em muitos casos, a qualidade de água de mananciais de abastecimento urbano e colocando em risco grande parte da população que reside ao longo de rios e córregos, exposta à contaminação hídrica [...] (BRASIL, 2004, p. 51).

Carneiro, Cardoso e Azevedo (2008, p. 181) denunciam que em muitos casos, a exemplo do que ocorre em bacias metropolitanas do Estado do Rio de Janeiro, loteamentos construídos em áreas ambientalmente frágeis, *non aedificandi* segundo a legislação do Código Florestal, por exemplo, “são licenciados pelas prefeituras e legitimados pelos órgãos estaduais com fornecimento de luz e água, representando um claro descaso com a legislação em vigor.”

Há de se destacar que, este tipo de ocupação, formal e informal, nos núcleos mais consolidados, em alguns casos, é anterior ao próprio estabelecimento de restrições legais a favor da preservação ambiental de florestas, a exemplo das APPs. No entanto, é comum em áreas de expansão urbana a ocupação de edificações em desacordo com tais normas restritivas.

Segundo Marques (2005) percebe-se ainda que, o crescimento desordenado das cidades tem sido mais rápido do que a capacidade dos gestores de conter tal avanço, e mesmo as medidas corretivas tornam-se insuficientes na tentativa de resolver os problemas anteriores. Complementarmente, Araújo (2008, p. 71) é enfática em sua crítica ao analisar que “o poder público, basicamente, tem se ocupado em minimizar impactos, ao invés de formular e implementar políticas públicas eficientes para as cidades.”

A formulação de políticas públicas, assim como a implantação de instrumentos de gestão urbano-ambiental para a tomada de decisões são importantes para o desenvolvimento de projetos, viabilização do desenvolvimento econômico e social, fundamentalmente aqueles que possam consolidar a função social da propriedade e da cidade à luz da sustentabilidade urbana (ARAÚJO, 2008, p. 71).

No que aplica à problemática da ocupação residencial em APPs, emerge como uma das linhas de ação em potencial para a efetiva preservação destas faixas o avanço da política de habitação de um município por meio da instituição de programas e projetos de novos arranjos habitacionais atrelados ao zoneamento no Plano Diretor.

As diretrizes de uso e ocupação contidas no Plano Diretor devem estar de acordo com as determinações ambientais legais, como as referentes às APPs. De acordo com Abirached (2006), é justificável, no entanto, a alteração do regime jurídico do uso ocupação do solo nas APPs em casos extraordinariamente especiais. Esta situação pode ocorrer, por exemplo, “com a regularização fundiária e urbanística para fins de garantia de moradia digna para população de baixa inclusão social que ali se assentaram por fatores conjunturais e socioeconômicos diversos.” (ABIRACHED, op. cit., p. 80).

Contudo, conforme explicitam Britto et. al. (2012, p. 5), o município não pode, por meio do seu Plano Diretor e da Lei de uso do solo, aplicar a regularização fundiária em áreas delimitadas pelo Código Florestal como faixa de APP, mesmo que esta área esteja ocupada, visto que “a demarcação e a regularização, ou não, das faixas “*non aedificandi*” nas margens de rios é, segundo a legislação, atribuição do Estado.”

Nesta perspectiva, Martins (2006, p. 43) reconhece uma evidente tensão entre as faixas destinadas à preservação permanente (com destaque para as margens de rios) e, por exemplo, a legitimação das zonas especiais de interesse social:

Como a única situação admitida nas margens de rios e córregos (Áreas de Preservação Permanente – APPs) é a preservação da vegetação natural, resulta na proibição de qualquer tipo de implantação (inclusive infra-estrutura de saneamento e drenagem e contensão de erosão), a menos de um longo e incerto processo de autorização específica pela autoridade ambiental estadual. Isto implica, no caso de assentamentos populares existentes, em sua maioria justamente nessa áreas, na impossibilidade de recuperação ambiental [...].

A partir do exposto, não é difícil imaginar que no meio urbano o tratamento de questões relacionadas à preservação ambiental, como a legitimação de APPs, se torna complexo pela sobreposição de variáveis acerca da realidade territorial, tais como a densa ocupação (considerando diferentes níveis de classes sociais), bem como legislações atinentes ao direito de habitação, à função social da propriedade e às normas ambientais vigentes.

Há de se levar em consideração que, com a edição do Código Florestal de 2012 podem haver novos desdobramentos na gestão local de APPs, especificamente no que se refere às intervenções em faixas de APP situadas em áreas urbanas ou em expansão, pautadas no interesse social e melhoria ambiental.

A despeito da discussão sobre regularização fundiária, Abirached (2006) indica que, nas áreas urbanas e eleitas para a expansão urbana, as diretrizes de uso e ocupação do solo, integradas à legislação ambiental pertinente, devem ser concebidas com séria preocupação quanto aos preceitos de conservação e recuperação do meio ambiente, incluindo a manutenção de mananciais e áreas verdes. Deve-se evitar alterar, ao máximo possível, as características das APPs, devido à suas importantes funções ambientais.

Ressalta-se que, segundo Magalhães Júnior (2011, p. 432), “a conservação ou a perda de cobertura vegetal está relacionada a questões políticas e socioeconômicas mais amplas do que a escala municipal (políticas e legislação federal e estadual, nível de pobreza [...]).” Segundo o autor, “o desempenho de um município não pode ser avaliado sem tais condicionantes.”

Britto et. al. (2012), com base no que preconiza a Lei nº 11.977 de 2009, a respeito da regularização fundiária em áreas de interesse social em meio urbano (diretrizes estas incorporadas ao Código Florestal de 2012), e na possibilidade de aplicação de instrumentos previstos no Plano Diretor, como o zoneamento, crêem na “atuação conjunta de uma política

que contemple tanto medidas de conservação ambiental como outras que foquem o direito à moradia, consagrando, portanto, o direito à cidade sustentável.”

Para os autores supracitados o Plano Diretor municipal pode indicar APPs no âmbito de seu território que sejam sujeitas ao direito de preempção¹⁶ como, por exemplo, nos casos das áreas de risco de inundação e de deslizamento, mas também pode indicar a delimitação de zonas especiais de interesse social, segundo os critérios considerados no Código Florestal de 2012.

Neste aspecto, o Plano Diretor pode definir critérios precisos para a adequada utilização destas áreas, frente ao contexto territorial, inclusive determinando regras condizentes com as necessidades ambientais da bacia hidrográfica, enquanto recorte físico que abriga a dinâmica de processos naturais e deflagrados pelo homem. Sobretudo aplicando as regras e parâmetros do Código Florestal para as APPs preservadas em áreas urbanas, a fim de que possam prestar seus inúmeros serviços ambientais e hidrológicos.

1.3 **Bacia hidrográfica: recorte de gestão integrada de APPs e recursos hídricos**

Nowatzki, De Paula e Santos (2009) apontam que, ao se estudar as APP's dentro de um recorte físico, é importante que se entenda como o homem, com a sua dinâmica social, se apropriou destes espaços e os transformou por meio de seu trabalho, alterando os fluxos de matéria e energia no ambiente que ele se adequou.

Tricart (1977) propõe uma análise da paisagem tomando como ponto de partida a sua dinamicidade, através da identificação de unidades ecodinâmicas que, em conjunto, refletem o comportamento morfodinâmico dessa. A compreensão da unidade ecodinâmica passa pelo enfoque das relações entre os componentes ambientais – clima, solo, relevo, vegetação e ciclo hidrológico – e seus respectivos fluxos de energia e matéria.

De forma ilustrativa, Tricart (1977) expõe o seguinte: a primeira intervenção humana sobre o meio natural recai sobre a vegetação resultando em sua remoção parcial ou completa. Muitas são as consequências desse fato. Em termos geomorfológicos, por exemplo, a implicação dessa mudança sobre o ciclo hídrico suscita uma série de comportamentos que

¹⁶ O direito de preempção confere ao Poder Público municipal preferência para aquisição de imóvel urbano objeto de alienação onerosa entre particulares. Constitui-se um instrumento capaz de proporcionar a prevenção de impactos ambientais, visto que poderá ser exercido sempre que o Município necessitar, entre outros aspectos, instituir proteção às áreas de interesse ambiental (BRASIL, 2011b; MELLO, 2011).

refletirão diretamente no relevo e suas estruturas, trazendo consequências diretas para todo o meio: a retirada da vegetação favorece o escoamento superficial concentrado das águas pluviais que, infiltram-se menos no solo, promovendo uma lavagem das camadas externas desse que, por sinal, são as mais férteis. Dessa forma, a água pluvial deixa de ser um elemento capaz apenas de desempenhar seu papel de sustentáculo de toda e qualquer forma de vida e, passa a ser um agente capaz de gerar desequilíbrios ecológicos e fenômenos catastróficos.

Complementarmente ao tema, Vieira e Becker (2010) relatam que a proteção de áreas mais frágeis como topos de morros, terrenos mais inclinados, matas ciliares dos rios e encostas através da constituição de APPs apresenta-se como uma decisão racional, sendo um dos caminhos a serem trilhados para a proteção da diversidade de ecossistemas e manutenção de um percentual mínimo de vegetação nativa por bacia hidrográfica, que configura recorte físico de análise territorial, necessário ao equilíbrio ambiental.

Segundo Cunha e Guerra (2000, p. 352):

Os desequilíbrios ambientais originam-se, muitas vezes, da visão setorializada dentro de um conjunto de elementos que compõem a paisagem. A bacia hidrográfica, como unidade integradora desses setores (naturais e sociais) deve ser administrada com esta função, a fim de que os impactos ambientais sejam minimizados.

As bacias hidrográficas “estão interligadas pelos divisores topográficos, formando uma rede onde cada uma delas drena água, material sólido e dissolvido para uma saída comum ou ponto terminal, que pode ser outro rio de hierarquia superior, lago, reservatório ou oceano.” (CUNHA e GUERRA, 2000, p. 353).

Cunha (2010, p. 222) entende que “o rio mantém certa proporcionalidade entre os diferentes tamanhos de sua calha, da nascente à foz”, e que “as atividades humanas desenvolvidas em um trecho do rio podem alterar, de diferentes formas e escalas de intensidade, a dinâmica desse equilíbrio.” Para retornar ao seu equilíbrio anterior o rio pode atuar com intensa erosão de suas margens.

Botelho (2011) associa às bacias hidrográficas urbanas uma maior participação do escoamento das águas com relação aos demais processos verificados em bacias menos alteradas (a exemplo da infiltração). Para a autora nessas áreas ocorre o aumento dos picos de cheia, visto que o escoamento faz com que as águas atinjam seu exultório de maneira mais concentrada e rápida, alterando o ciclo hidrológico natural da bacia.

Outra característica exposta por Botelho (op. cit.) diz respeito ao elevado nível de alteração na forma dos canais por meio da canalização e retificação, contribuindo no aumento

da velocidade das águas e diminuindo o espaço físico ocupado pelos rios, favorecendo a ocupação de suas margens, reconhecidas como APPs, e alterando o equilíbrio dinâmico¹⁷. Deve-se considerar ainda que, em muitos casos, as águas de uso doméstico e industrial são conduzidas juntamente com as pluviais, ou mesmo lançadas diretamente nos corpos d'água, degradando a qualidade das águas.

Neste sentido, Tucci (2005, p. 102) ressalta a necessidade quanto à definição de regras de uso e ocupação que preservem condicionantes da natureza necessárias ao equilíbrio do sistema ambiental. Além da implantação de importantes medidas envolvendo aspectos sanitários (relacionados ao abastecimento de água, esgotamento sanitário e resíduos sólidos), o autor demonstra, considerando o saneamento ambiental como um todo, preocupação também quanto à drenagem urbana, a qual “deve preservar as condições naturais de infiltração, evitar transferência para jusante de aumento de vazão, volume e carga de contaminação no escoamento pluvial e erosão do solo.”

Segundo Nowatzki, De Paula e Santos (2009), em determinado recorte espacial, principalmente no que se refere às áreas urbanas ou em expansão, algumas APPs poderão estar mais preservadas do que outras, variando territorialmente, e a partir disso pode-se propor medidas prioritárias à recuperação das faixas mais degradadas e manutenção das mais preservadas. Estas ações são necessárias para o equilíbrio ecológico do sistema ambiental em escala local, envolvendo na prática, o gerenciamento de bacia hidrográfica e suas compartimentações.

As sub-bacias, inseridas em uma bacia hidrográfica, podem ser consideradas compartimentos para o gerenciamento ambiental, possibilitando o monitoramento hidrológico, a conservação do solo e a disciplina do uso da terra em escala local (CASTRO DA COSTA, et. al., 2008).

A bacia hidrográfica é uma unidade cartografada a partir de limitantes físicos (assim como a sua sub-compartimentação), porém podendo estar subjugada a várias normatizações administrativas com relação ao uso e ocupação do solo e à gestão de APPs em âmbito municipal (ARAUJO, 2002; CASTRO DA COSTA et. al., 2008; GUIMARÃES, 2008; NOWATZKI, DE PAULA E SANTOS, 2009). Deve-se atentar assim para as articulações

¹⁷ Segundo Botelho (2011), em uma visão sistêmica, qualquer intervenção no curso d'água altera o seu equilíbrio dinâmico (vinculado aos processos de erosão, transporte e sedimentação) obrigando o rio a buscar um novo ajuste. Ao se retificar o trecho do baixo curso de um rio, por exemplo, gera um efeito reverso e remontante. Ao se impedir que a energia acumulada nos trechos de maior declive se dissipe em seu baixo curso, por meio das sinuosidades naturalmente formadas (meandros), são intensificados os processos erosivos e de transporte que caracterizam o médio e alto curso, favorecendo o assoreamento do canal a jusante.

intermunicipais, tais como o gerenciamento de uma bacia hidrográfica, a qual configura unidade de análise da gestão dos recursos hídricos.

Como já visto os recursos hídricos correspondem à água destinada a usos, considerado como um bem estratégico de interesse econômico, social e ambiental quanto ao seu manejo e uso racional (conservação), bem como quanto à manutenção do equilíbrio ecológico necessário à sua disponibilidade e sua renovação (preservação).

Este interesse se exemplifica no avanço da política concernente ao tema, considerando a evolução desde os seus primórdios. Pode-se dizer que a partir da decretação do Código de Águas, de 1934 (momento também de surgimento do Código Florestal, em sua primeira versão), o Brasil tem procurado adotar modelos adequados de gestão racional dos seus recursos hídricos (BRASIL, 2007a). Este primeiro marco foi considerado inovador para a época e mundialmente respeitado como uma das mais completas normas legais sobre águas já concebidas (BRASIL, 2006a).

O Código de Águas estipulou uma faixa de 15 metros de largura a cada margem do curso d'água como área *non aedificandi*, porém, o objetivo da lei era mais uma questão administrativa do que ambiental.

Determinava a criação de servidões de trânsito para os agentes da administração pública em 10 metros nos terrenos localizados às margens de correntes não navegáveis ou fluviáveis e faixa de 15 metros, contados a partir do ponto médio de cheias, nos terrenos banhados por correntes navegáveis (INEA, 2010, p. 23).

Até os anos 1970, em face aos motivos já apresentados, ainda não se observavam preocupações relacionadas às necessidades de conservação e preservação. As questões relacionadas à administração dos problemas de recursos hídricos eram consideradas a partir das perspectivas dos setores usuários das águas ou segundo políticas específicas de combate aos efeitos das secas e das inundações (BRASIL, 2006a).

A partir de 1980 tal cenário começaria a mudar com base nas discussões, principalmente sobre integração e descentralização. Sobre este momento, consta em Brasil (2007, p. 10):

A gestão dos recursos hídricos no Brasil realizou um salto de qualidade nos primeiros anos da década de 1980, quando começou a prevalecer o enfoque de triplo direcionamento: inserção em um quadro de sustentabilidade ambiental, social e econômica; a busca de um marco regulatório e de espaços institucionais compatíveis; e a formulação de conceitos apropriados para descrever e operar os novos arranjos políticos e pactos sociais correspondentes à progressiva capilarização da visão integrada, compartilhada e participativa das políticas públicas.

A Constituição Federal de 1988 determinou ser de competência da União o estabelecimento do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). Porém, apenas no final da década de 1990 é que foi promulgada a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, denominada Lei das Águas, criando além do referido sistema, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), e a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) (BRASIL, 1997; BRASIL, 2006a).

Neste período, considerando as últimas décadas até o surgimento da PNRH, debates internacionais e nacionais coincidiam quanto à definição dos princípios básicos de um novo modelo de gestão dos recursos hídricos: a gestão seria descentralizada para o nível de bacia hidrográfica (recorte necessário, antes de tudo, ao planejamento da conservação e preservação dos recursos); integraria todas as políticas setoriais envolvidas na gestão da água (em potencial para a definição de cenários em comum); envolveria os usuários da água e a sociedade civil no processo decisório (perspectiva participativa); e trataria a água como um bem de valor econômico, e não mais como um recurso inesgotável e abundante na natureza (positivo quanto a racionalização do recurso) (ABERS e JORGE, 2005).

Com base no exposto ao longo deste capítulo, e especialmente neste tópico, pode-se dizer que a preservação estratégica de faixas territoriais como as APPs, em uma bacia / sub-bacia hidrográfica, deve contribuir ao atendimento de tais objetivos previstos nesta legislação, em uma perspectiva ecológica e econômica, visto que configura uma das funções destas faixas a própria preservação dos recursos hídricos.

Destacam-se os instrumentos de implementação da PNRH, a saber: os Planos de Recursos Hídricos, a serem elaborados para o país, por estado e por bacia hidrográfica; o Enquadramento dos corpos d'água, envolvendo metas em relação à qualidade e à classe das águas a fim de atender às necessidades de usos definidas pela sociedade; a Outorga, constituindo-se em um ato administrativo envolvendo o direito de uso de recursos hídricos; a Cobrança pelo uso dos recursos hídricos; e o Sistema de Informação sobre Recursos Hídricos, envolvendo a produção, sistematização e disponibilização de dados e informações da bacia hidrográfica (BRASIL, 2006a, p. 28 a 31).

Sobre os planos de recursos hídricos, Domingues e Santos (2003, p. 327) ressaltam que “ao qualificá-los como planos diretores, a lei confere ao instrumento o direcionamento dos programas de recursos hídricos, o que implica em compatibilização com os planos setoriais de uso da água e articulação com os demais instrumentos de planejamento do uso do solo [...]”

No Plano Nacional de Recursos Hídricos, o tratamento do conteúdo mínimo determinado pela Lei nº 9.433 teria abrangência nacional, deixando para os planos referentes a bases territoriais mais restritas os detalhamentos que são próprios dessas escalas. Como principal documento do planejamento de recursos hídricos do País, o plano estará integrado às estratégias de desenvolvimento nacional, influenciando e sendo influenciado pelas políticas e planos de desenvolvimento que afetam o uso da água (DOMINGUES e SANTOS, 2003, p. 329).

Dentre os temas relevantes, levantados pelos autores supramencionados, a serem destacados nos planos estaduais, mais sintéticos e estratégicos, podem ser citados: o balanço entre as disponibilidades e demandas hídricas no Estado; a articulação com municípios, objetivando a adequação dos Planos Diretores Municipais e o ordenamento de seus territórios à política e ao gerenciamento dos recursos hídricos; e a inserção dos planos de recursos hídricos no plano plurianual, revendo a destinação de recursos financeiros nas leis de diretrizes orçamentárias do Estado.

Segundo Freire (2007, p. 2), “o ordenamento do espaço e seu correto planejamento, são instrumentos primordiais para manutenção de um meio ambiente de qualidade”, envolvendo a preservação de ecossistemas e a conservação dos recursos. Nesta perspectiva, contemplando uma visão integrada da gestão de APPs e de recursos hídricos, o autor defende que, a preservação de APPs urbanas, por exemplo, “compõe o ordenamento das bacias das regiões metropolitanas e são importantes mecanismos de planos de recursos hídricos.”

Recorrendo novamente a Domingues e Santos (2003, p. 330), estes avaliam que “o enquadramento de corpos de água e os planos de bacia hidrográfica são instrumentos interligados, e ambos dependem de estudos e avaliações do uso e ocupação do território” visando o zoneamento das águas e diretrizes incidentes à ocupação em uma bacia hidrográfica, visto que “seria impossível manter as águas que se prestam a usos mais nobres com a liberalização do uso do território.”

Tais instrumentos da PNRH se relacionam e dependem de avaliações considerando legislações ambientais protetivas em âmbito federal, estadual e municipal, como aquelas que se vinculam à gestão de APPs, diretamente ou transversalmente. Neste sentido, a gestão de recursos hídricos emerge em potencial contribuição à gestão de APPs, assim como o reverso é verdadeiro.

O SINGREH possui os objetivos, dentre outros, de coordenar a gestão integrada das águas; arbitrar administrativamente os conflitos relacionados com os recursos hídricos; planejar, regular e controlar o uso, a preservação e a recuperação dos recursos hídricos. É composto por um conjunto de órgãos: O Ministério do Meio Ambiente (MMA), por meio da Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano (SRHU), a Agência Nacional de Águas

(ANA) e o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), além de outros órgãos públicos federais, estaduais, distritais e municipais com atribuições relacionadas com a gestão de recursos hídricos (BRASIL, 1997; BRASIL, 2006a).

A SRHU atua como secretaria-executiva do CNRH e é composta pelos departamentos de Recursos Hídricos, de Ambiente Urbano, e de Revitalização de Bacias. Dentre as suas atribuições, figuram a proposição de políticas, planos e normas, além da definição de estratégias nos temas relacionados com, por exemplo, ao saneamento e revitalização de bacias hidrográficas; à política e gestão ambiental urbana; ao desenvolvimento e aperfeiçoamento de instrumentos locais e regionais de planejamento e gestão que incorporem a variável ambiental; à avaliação e a mitigação de vulnerabilidades e fragilidades ambientais em áreas; ao controle e mitigação da poluição em áreas urbanas; dentre outras (BRASIL, 2007d).

Conforme explicitam Alvim, Bruna e Kato (2008, p. 159) “a articulação das políticas públicas – do nível regional às ações locais – é um dos aspectos fundamentais a ser perseguido pelas instituições e pelos atores envolvidos no processo de recuperação das bacias hidrográficas.”

A revitalização de bacias e seus cursos d’água, integrada à política e gestão ambiental urbana, constitui, portanto, outro instrumento vinculado à gestão de recursos hídricos com potencial para a gestão de APPs. Dentre as estratégias de manutenção do equilíbrio hidrológico e do bom funcionamento das bacias hidrográficas urbanas citam-se a recuperação de áreas para infiltração, e a revitalização e renaturalização dos rios (RIO DE JANEIRO, 2001a; BOTELHO, 2011).

Em Rio de Janeiro (2001a), observam-se medidas necessárias para a recuperação de rios urbanos¹⁸: o favorecimento à evolução natural dos cursos d’água com menor utilização de concreto (envolvendo a busca por uma morfologia mais natural dos rios e a arborização e/ou restabelecimento da vegetação marginal); o impedimento de lançamento de esgoto sem tratamento e de disposição de lixo nas margens e leito de rios; além da melhoria dos canais.

Segundo Botelho (2011), a criação de áreas verdes no meio urbano inclui, por exemplo, o reflorestamento de APPs, tanto de cumeadas quanto de margens de rios, propiciando a diminuição do escoamento superficial e o aumento da infiltração de água, contribuindo ao equilíbrio hidrológico, bem como para a qualidade ambiental na bacia (a

¹⁸ Para os rios inseridos em zonas rurais citam-se como medidas de revitalização, dentre outras, a busca pelo desenvolvimento de um curso mais natural do rio (inclusive com a formação de meandros), e a proteção ou replantio da mata nativa ciliar (RIO DE JANEIRO, 2001a).

partir de suas funções paisagística e de amenização ambiental). Sendo assim, tais medidas influenciam não somente a revitalização dos cursos d'água, mas sim da bacia como um todo.

Araujo, Almeida e Guerra (2005) atentam que a revegetação pode ser executada por meio de uma variedade de plantas e métodos de cultivo, levando em consideração o tipo de vegetação – árvores, arbustos ou rasteiras – adaptado à situação, especialmente nestes ambientes. Há de se considerar, ainda, conforme Cunha (2010), a necessidade de se recriar a hidrologia e morfologia dos canais, com atenção aos aspectos hidráulicos.

Salemi et. al. (2011, p. 77) reforçam a necessidade de manejo da bacia como um todo, não se restringindo apenas à recuperação da mata nas áreas que margeiam os rios, “de forma que o solo mantenha altas taxas de infiltração e, portanto, apresente funcionamento hidrológico que beneficie a recarga do aquífero não confinado.” No Projeto Iguaçu, por exemplo, emergem iniciativas interessantes quanto a este tema, ao porpor a construção de novos conjuntos habitacionais (abarcando a população remanejada de faixas marginais de rios) providos de pavimentação permeável, a qual proporciona infiltração da água das chuvas e áreas de lazer (INEA, 2012a).

Voltando à apresentação dos órgãos vinculados ao SINGREH, deve-se atentar que o CNRH dispõe sobre a formação e o funcionamento dos Comitês de Bacia Hidrográfica (CBHs). Na base do sistema estão então os denominados CBHs e as Agências de Água das bacias. Sobre tais organizações Abers e Jorge (2005, p. 2) relatam:

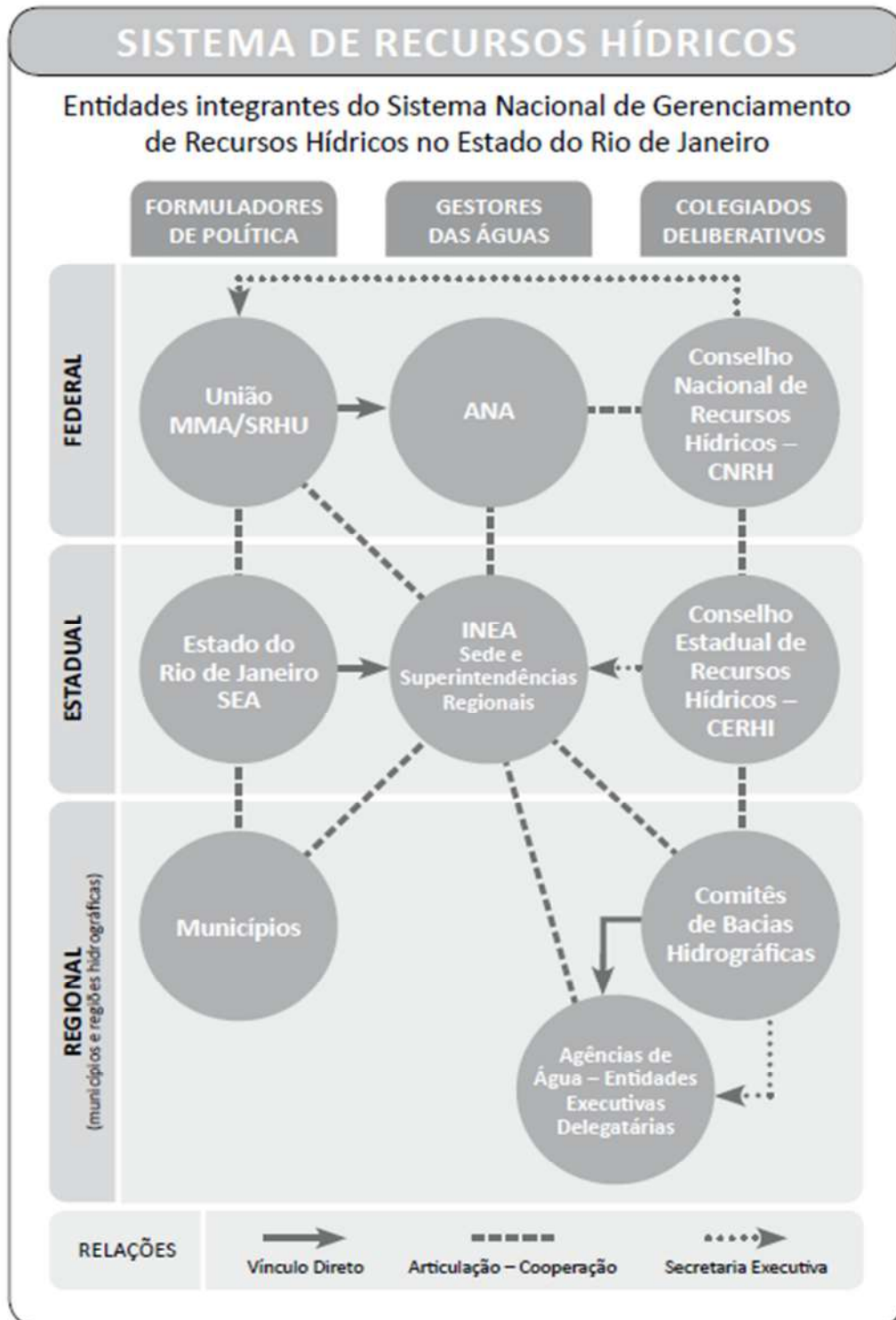
A descentralização integrada e participativa seria realizada através da criação de dois entes públicos em cada bacia: os “comitês de bacia hidrográfica” e “as agências de bacia”. Os comitês teriam a representação do poder público, usuários, e da sociedade civil, sendo um novo fórum privilegiado de deliberação. As agências seriam os “braços executivos” desses comitês.

Conforme Domingues e Santos (2003, p. 331), com relação ao gerenciamento de recursos hídricos de domínio dos Estados, “estes têm elaborado suas divisões hidrográficas e aprovado em seus Conselhos”, que possuem atribuições definidas pelas leis sobre as Políticas e Sistemas de Gerenciamento de Recursos Hídricos estaduais, dispondo sobre a formação de comitês e elaboração de planos (em âmbito estadual e de bacia hidrográfica).

A exemplo, o Estado do Rio de Janeiro, por meio da Lei nº 3.239, de 02 de agosto de 1999, instituiu a Política Estadual de Recursos Hídricos, com distintos instrumentos para a sua implementação, dentre outros: o Plano Estadual de Recursos Hídricos; o Programa Estadual de Conservação e Revitalização de Recursos Hídricos; os Planos de Bacia Hidrográfica; o Enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos

preponderantes dos mesmos; o Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos; o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos; e os Comitês de Bacia Hidrográfica (Figura 1) (RIO DE JANEIRO, 1999; DORNELLES, CONCEIÇÃO e DORNELLES, 2009).

Figura 1 – Organização das Entidades integrantes do SINGREH no Estado do RJ



Fonte: INEA, 2011a, f. 13.

Com base em Rio de Janeiro (1999, p. 1), destacam-se, dentre outras, as diretrizes da Política Estadual de Recursos Hídricos, as quais se integram diretamente à problemática das APPs inseridas no contexto da bacia/sub-bacia hidrográfica: a integração e harmonização, entre si, da política relativa aos recursos hídricos, com as de preservação e conservação ambientais; e a utilização adequada das terras marginais aos rios, lagoas e lagoas estaduais, e a articulação, com a União, para promover a demarcação das correspondentes áreas marginais federais e dos terrenos de marinha.

Ainda revendo esta legislação, destaca-se que a proteção dos corpos d'água abrange o projeto de Faixa Marginal de Proteção (FMP), sua delimitação e determinação do uso e ocupação permitidos para a faixa, devendo o Poder Executivo, por meio de organismo competente, exercer o poder de polícia relativo à utilização dos recursos hídricos e das FMPs dos cursos d'água (Art. 33 e 40).

Buscando entender a constituição das FMPs, pode-se resgatar o seu balizamento legal. O Estado do Rio de Janeiro definiu, em legislação própria (Lei nº 1.130, de 12 de fevereiro de 1987), áreas de interesse especial em seu território. Dentre estas, citam-se as denominadas FMPs de rios, lagos e reservatórios d'água.

As faixas marginais de proteção de rios, lagos, lagoas e reservatórios d'água previstas neste artigo, são as faixas de terra necessárias à proteção, à defesa, à conservação e operação de sistemas fluviais e lacustres, determinadas em projeção horizontal e considerados os níveis máximos de água (NMA), de acordo com as determinações dos órgãos Federais e Estaduais competentes (RIO DE JANEIRO, 1987, p. 2).

Segundo a Constituição do Estado (RIO DE JANEIRO, 1989), nos termos do art. 268, inciso III, as FMPs de águas superficiais, bem como os manguezais, são tipos específicos de APP. No entanto, de acordo com o INEA (2010, p. 17) existe uma diferenciação legal entre Faixa Marginal de Proteção e Área de Preservação Permanente: “A FMP visa a proteger especificamente o corpo hídrico, enquanto a APP do Código Florestal tem como objetivo proteger a vegetação.” Neste sentido, “a FMP e a APP coexistem, tendo referências distintas”.

O Decreto Estadual nº 42.356, de 16 de março de 2010, dispõe sobre o tratamento e a demarcação das FMPs nos processos de licenciamento ambiental e de emissões de autorizações ambientais no Estado do Rio de Janeiro. O decreto em pauta se vincula à solicitação do Instituto Estadual do Ambiente (INEA), sustentada pela Procuradoria Geral do

Estado, tendo em vista “as peculiaridades existentes no sistema hídrico do Estado do Rio de Janeiro.” (RIO DE JANEIRO, 2010a; INEA, 2010, p. 29).

Referente ao tratamento e demarcação das FMPs no Estado do Rio de Janeiro, temos:

Art. 2º - Para os fins do disposto nesse Decreto as Áreas de Preservação Permanente (APPs) previstas no art. 2º, “a”, do Código Florestal (Lei Federal nº. 4.771/65 e suas alterações), são reconhecidas como existentes em áreas urbanas, assim entendidas aquelas áreas definidas pelo parágrafo único do art. 2º do Código Florestal, independentemente de estarem ou não antropizadas, competindo à Secretaria de Estado do Ambiente e ao Instituto Estadual do Ambiente exigir o respeito aos limites mínimos previstos em cada caso, na forma deste Decreto.

Art. 3º - Para os fins do presente Decreto as Áreas de Preservação Permanente (APPs) previstas no art. 2º, “a”, do Código Florestal e as faixas marginais de proteção (FMPs) a que se referem a Constituição e a legislação estadual serão tratadas de forma unificada, sendo demarcadas pelo Instituto Estadual do Ambiente, ao longo dos rios, nascentes, cursos d’água naturais ou retificados, lagos, lagoas e reservatórios a partir do limite da área atingida por cheia de recorrência não inferior a três anos (INEA, 2010, p. 30).

Conforme o Decreto Estadual nº 41.628, de 12 de janeiro de 2009, que estabelece a estrutura organizacional do INEA, compete à Diretoria de Licenciamento Ambiental (DILAM) deste órgão a demarcação das FMPs. Porém, de acordo com o Decreto Estadual nº 42.484, de 28 de maio de 2010, é possível atualmente a firmação de convênios entre o INEA e os municípios para a transferência do procedimento de demarcação de FMPs de cursos d’água estaduais (RIO DE JANEIRO, 2009a; RIO DE JANEIRO, 2010b; INEA, 2010). Cabem então aos municípios:

1. Orientar os usuários sobre os casos em que se faz necessária a demarcação da Faixa Marginal de Proteção (FMP), bem como os procedimentos envolvidos;
2. Relatar ao Inea situações em que o uso do entorno dos corpos hídricos encontra-se em desacordo com a legislação pertinente;
3. Aplicar a legislação cabível em âmbito municipal nos casos que envolvem uso irregular do entorno dos corpos hídricos (INEA, 2010, p. 18).

Ainda segundo esta referência, a partir das dificuldades encontradas com relação à demarcação de FMPs e licenciamento ambiental nestas faixas situadas em áreas urbanas, em 2007 foi elaborado o Parecer RD nº 04/2007 versando sobre a possibilidade de redução da faixa protegida (para até 15 metros) a partir de análise e parecer da área técnica atestando que: a) a APP em questão encontra-se em área urbana consolidada; b) a mesma tenha perdido a sua função ecológica; e c) a sua recuperação seja inviável.

A inexistência de função ecológica da FMP em questão compreende a inexistência de vegetação primária ou vegetação secundária no estágio avançado de regeneração e a presença

de, no mínimo, uma das seguintes características: 1) ocupação consolidada das margens do curso d'água a montante e a jusante do trecho em análise; 2) impermeabilização da FMP; 3) capeamento do curso d'água (sendo que, no caso de obras recentes, deverá ser apresentado ao órgão ambiental competente o respectivo projeto aprovado pela prefeitura local ou o levantamento cadastral da obra). Sendo assim, “não deve ser exigido o atendimento ao limite mínimo previsto no Código Florestal para proteção da margem do curso d'água, tendo em vista a constatação da perda de sua função ambiental.” (INEA, 2010, p. 19).

Ressalta-se que o presente capítulo contemplou tanto a contextualização da temática das APPs, frente aos arcabouços científico e legislativo ambiental, considerando que seu conceito surgiu e se estabeleceu no âmbito da política ambiental brasileira; como o panorama apresentado sobre a evolução legislativa e questões relacionadas às APPs, a exemplo de sua descaracterização em áreas urbanas, contribuindo para o entendimento sobre determinada realidade territorial, em conformidade, ou não, com o que se busca preconizar em relação à preservação ambiental. Buscou-se, ainda, atentar para a necessidade de entendimento de que tais faixas possuem funções ambientais de suma importância, principalmente levando-se em conta a sua inserção em bacias hidrográficas, justificando, inclusive, a incorporação deste recorte para avaliação de seu conjunto, a partir de utilização de instrumentos e modelos em potencial.

2 PROJETO GEO

Este capítulo abrange conceitos e discussões relacionados aos indicadores e modelos de avaliação ambiental, com enfoque para a matriz de indicadores *PEIR*, elegida nesta pesquisa em potencial para adaptação do modelo frente à avaliação integrada de APPs. Primeiramente será apresentado conceitualmente o Projeto GEO, de avaliação do estado do meio ambiente, e sua disseminação institucional no mundo e no Brasil, de forma a reforçar o seu caráter abrangente e consolidado. Em seguida, apresenta-se a estrutura da matriz *PEIR*, modelo de avaliação consolidado pelo GEO Cidades (adaptação da metodologia GEO para as cidades), e a exemplificação de seus componentes (pressão, estado, impacto, resposta), sendo necessário, no entanto, introduzir o conceito de avaliação, indicadores e de sistemas de indicadores. Serão revistas ainda experiências relevantes e distintas na utilização de indicadores e modelo *PEIR*, em âmbito científico e institucional, com enfoque na discussão crítica no que envolve as potencialidades e limitações no uso destes instrumentos informacionais. Por fim, serão apresentados e discutidos trabalhos e estudos voltados à apropriação de indicadores frente à temática das APPs. O desenvolvimento do presente capítulo busca ainda balizar o levantamento de indicadores frente ao objetivo da pesquisa.

2.1 Disseminação do Projeto GEO no mundo e no Brasil

Nas últimas décadas as discussões sobre as questões ambientais e planejamento do território têm avançado em uma perspectiva de integração e participação social. Um grande marco neste processo se refere à realização da segunda Conferência Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (ECO – 92)¹⁹, na qual um dos seus resultados mais importantes foi a formulação do documento da Agenda 21²⁰, com estratégias de cooperação que devem ser

¹⁹ A primeira foi realizada em Estocolmo no ano de 1972.

²⁰ A Agenda 21 pode ser definida como um instrumento de planejamento participativo que concilia métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica. Dentre seus produtos citam-se: a Agenda 21 Brasileira, construída a partir das diretrizes da Agenda 21 Global e coordenada pela Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e Agenda 21 (CPDS); além da disseminação de Agendas 21 Locais, a partir da implantação de fóruns de discussão e construção de planos locais, os quais estruturam estrategicamente as prioridades em âmbito local por meio de projetos e ações de curto, médio e longo prazos (BRASIL, 2005c).

adotadas para a sustentabilidade (ABIRACHED, 2006, CONCEIÇÃO e DORNELLES, 2011).

Segundo Bellen (2007), estão expressas na Agenda 21 as necessidades voltadas ao desenvolvimento de indicadores de desenvolvimento sustentável. A partir deste documento foram intensificados o monitoramento do ambiente e a busca de instrumentos de avaliação para a definição de ações rumo ao desenvolvimento sustentável. Neste esteio, as instituições internacionais têm-se dedicado à formulação de metodologias capazes de abordar as relações presentes no ambiente (DORNELLES, 2007; FREITAS et. al., 2013).

O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) iniciou em 1995 um projeto para avaliar o estado do meio ambiente nos níveis global, regional e nacional. O Programa iniciou a elaboração uma série de informes sobre o estado atual do meio ambiente, denominados “Perspectivas do Meio Ambiente Mundial” ou, em inglês, *Global Environment Outlook* (GEO).

O documento intitulado GEO-1 foi publicado em 1997 e “desenhado para construir uma base de informação ambiental consensual sobre a problemática ambiental global, estabelecendo prioridades entre o universo das preocupações existentes, apontando, sobretudo, aquelas que a comunidade internacional necessita enfocar.” (SANTOS e CÂMARA, 2002, p. 5).

O PNUMA convidou o IBAMA, em 1997, a integrar o processo GEO, como centro colaborador, “por ser uma instituição atuante na área ambiental, com abrangência nacional e experiência no desenvolvimento de análises ambientais, pesquisas, controle e gestão ambiental.” (SANTOS e CÂMARA, 2002, p. 6).

Para a elaboração do relatório GEO-2 foi adotada a estratégia de construção das metodologias de trabalho em conjunto com centros colaboradores regionais atribuindo a eles a responsabilidade da compilação dos dados, suas análises e elaboração dos relatórios dos capítulos, possibilitando assim a legitimação dos resultados. Em novembro de 1999 foi publicado o relatório GEO-2 (ou GEO-2000) em nível global. Em 2000, foi publicado o documento relacionado às “Perspectivas do Meio Ambiente na América Latina e Caribe” (GEO ALC 2000), configurando um dos resultados em nível regional. Já em nível nacional, foram publicados os seguintes documentos: GEO Peru, GEO Costa Rica, GEO Barbados, GEO Nicarágua, GEO Chile, GEO Panamá, e o GEO Brasil (SANTOS e CÂMARA, 2002; PNUMA, 2004).

Segundo Dornelles (2007), o GEO Brasil, lançado pelo IBAMA em 2002, contém 141 (cento e quarenta e um) indicadores ambientais propostos pelo Instituto Brasileiro de

Geografia e Estatística (IBGE). Este documento subsidiou a participação brasileira na Conferência Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável, em Johannesburgo (Rio + 10).

Este relatório apresentou um panorama geral da pressão, do estado, do impacto, das respostas, dos cenários e das recomendações para a questão ambiental no Brasil, embasado nos seguintes temas: biodiversidade, solos, subsolos, recursos hídricos, florestas, atmosfera, ambientes marinhos e costeiros, recursos pesqueiros, desastres ambientais, áreas urbanas e industriais, e de saúde e meio ambiente (SANTOS e CÂMARA, 2002).

A partir do documento em pauta, alguns informes temáticos podem ser destacados, a exemplo do “GEO Brasil Áreas urbanas e industriais” (LA ROVERE e CRESPO, 2002). O relatório teve como objetivo principal a disponibilização de dados e informações sobre o tema “Áreas Urbanas e Industriais” no Brasil, tendo como foco tomadores de decisão e formadores de opinião. O tema corresponde à parte integrante do capítulo de “Estado do Meio Ambiente” do Relatório GEO Brasil (SANTOS e CÂMARA, 2002).

A metodologia GEO pode ser aplicada a diferentes espaços geográficos, sejam eles definidos por limites naturais, ou determinados pela sociedade humana, e pode ser considerada como um instrumento analítico que permite organizar e agrupar, de maneira lógica, os principais fatores que atuam sobre o meio ambiente através da adoção de uma matriz integrada de indicadores (PNUMA, 2004).

Em 2002, o Ministério do Meio Ambiente (MMA) apoiou a iniciativa do PNUMA de desenvolvimento de uma metodologia GEO para as cidades. A partir de apoio técnico e financeiro do MMA, coube a sua realização ao denominado Consórcio Parceria 21, formado por Organizações Não-Governamentais (ONGs) brasileiras²¹.

O propósito fundamental do denominado projeto GEO Cidades é propiciar a avaliação do estado do meio ambiente nos assentamentos urbanos, a partir da consideração dos determinantes específicos produzidos pelo processo de urbanização sobre os recursos naturais e os ecossistemas das cidades e seu entorno, indo de encontro, por exemplo, aos interesses da problemática da avaliação ambiental integrada em APPs ao avaliar o impacto das cidades e do desenvolvimento urbano em diferentes ecossistemas. Outro propósito do GEO Cidades é o de propor ferramentas para a tomada de decisões na gestão urbana e ambiental, através de uma metodologia passível de adaptação baseada em uma matriz de indicadores (CRESPO e LA ROVERE, 2002).

²¹O Instituto Brasileiro de Administração Municipal (IBAM), o Instituto de Estudos da Religião (ISER) e a Rede de Desenvolvimento Humano (REDEH).

No curso da história, cresceu a legitimidade do paradigma da sustentabilidade e sua pertinência para lidar com a especificidade do urbano. E o desafio contemporâneo que o GEO Cidades enfrenta é este: selecionar critérios, estratégias e indicadores para ancorar a formulação, monitorar a implementação e avaliar os resultados das políticas urbanas em bases sustentáveis, isto é, promover o desenvolvimento sustentável nas cidades (PNUMA, 2004, p. 8).

Ainda no ano de 2002 surge a primeira versão da metodologia de elaboração dos Informes GEO Cidades²². O manual possui por finalidade o fortalecimento da capacidade institucional de elaborar relatórios ambientais e de produzir amplas informações sobre as cidades da América Latina e de outras regiões (PNUMA, 2004).

Rio de Janeiro e Manaus foram as primeiras cidades onde se aplicou a metodologia para avaliação urbano-ambiental integrada para Informes GEO Cidades, constituindo-se em estudos piloto. O desenvolvimento do trabalho ocorreu em paralelo à elaboração da metodologia, o que conduziu a diversas alterações durante o processo de trabalho. A metodologia para avaliação urbano-ambiental integrada de Manaus foi aplicada quase simultaneamente à aplicação no Rio de Janeiro, onde os levantamentos foram iniciados com a precedência de apenas alguns meses (CRESPO e LA ROVERE, 2002; VELLOSO, 2002).

O processo de elaboração dos Informes GEO Cidades (relatórios) prevê o envolvimento efetivo das diversas áreas de governo, responsáveis pela implementação das políticas setoriais relacionadas à questão ambiental urbana, porém “tal envolvimento não aconteceu neste primeiro relatório, uma vez que era um estudo-teste da metodologia.” (CRESPO e LA ROVERE, 2002, p. 14). Assim algumas limitações na elaboração do relatório do Rio de Janeiro puderam ser apontadas, tais como o pouco envolvimento dos demais atores (ONGs, universidades, governos e empresas), e, inclusive, limitações para coleta de dados, como a dificuldade na obtenção de alguns dados frente aos órgãos públicos competentes.

Em 2003 iniciou-se a construção do Informe GEO Cidades de São Paulo (publicado em 2004), cuja inovação consistiu na forte atuação da administração da cidade em sua elaboração. O trabalho expressa o diagnóstico ambiental do município de São Paulo, o qual atende à perspectiva apontada na lei municipal que determina a emissão anual do Relatório de Qualidade do Meio Ambiente do Município (SÃO PAULO, 2004).

No Brasil, ocorre ainda a adaptação da metodologia GEO para o nível estadual, sendo então o GEO Goiás, publicado em 2003, a primeira e única experiência identificada neste sentido. Este relatório buscou estabelecer diálogo entre atores de distintos espectros sociais e científicos (GALINKIN, 2003).

²² Sua segunda versão foi publicada em 2004 (PNUMA, 2004).

O ano de 2003 marca ainda o lançamento, em nível mundial, do GEO-3 e, em nível regional, do GEO ALC 2003, que traz uma visão alarmista com relação à degradação dos recursos naturais na região (PNUMA, 2003). O denominado GEO-4 foi lançado em 2007, ano que marca a metade do período de execução das Metas de Desenvolvimento do Milênio, estando estas questões vinculadas ao relatório (UNEP, 2007).

O projeto GEO, além de propiciar uma avaliação do estado do meio ambiente dos países e regiões, ajudou a consolidar um processo participativo que contribui ao fortalecimento dos conhecimentos e as capacidades técnicas de atuação na área ambiental através da construção de consenso sobre os assuntos ambientais prioritários e da formação de parcerias (SANTOS e CÂMARA, 2002; UNEP, 2007).

No Brasil, esse processo vem se organizando no âmbito do Sistema Nacional de Informações sobre o Meio Ambiente (SINIMA) sob a forma de uma Série Temática que busca disponibilizar informações consistentes e análises integradas que permitam o contínuo aperfeiçoamento dos processos de gestão ambiental no país (BRASIL, 2007a, p. 21).

O relatório GEO Brasil Recursos Hídricos, em 2007, em nível nacional, veio a somar a esse esforço, sendo o primeiro número independente da Série GEO Brasil e uma contribuição para o futuro GEO Brasil II. O relatório, uma primeira iniciativa com o olhar para a compartimentação da gestão de recursos hídricos, se propõe:

[...] a contribuir, dentro das possibilidades abertas pela metodologia GEO, para uma avaliação abrangente e integrada dos conceitos e fundamentos, do aparato institucional e legal, bem como dos instrumentos de gestão das águas que hoje integram o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (SINGREH) (BRASIL, 2007a, p. 21).

Já o ano de 2008 marcou o início de construção da terceira edição do GEO América Latina e Caribe, o GEO ALC 2008, em continuação à publicação periódica destes relatórios regionais (UNEP, 2010). No entanto, um documento inovador, em nível regional, pode ser citado: o GEO Mercosul, o qual consiste na adaptação da metodologia GEO a um bloco econômico. A especificidade deste documento consiste na análise combinada entre meio ambiente, comércio e integração regional (PNUMA e CLAES, 2008).

Ainda em 2008, surge o denominado GEO Saúde Cidade de São Paulo, configurando mais uma proposta inovadora de adaptação da metodologia, neste caso à uma área temática específica. Este documento associa, portanto, o processo GEO e o projeto HEADLAMP (*Health and Environment Analysis for Decision Making* – Análise da Saúde e do Meio Ambiente para a Tomada de Decisão) da Organização Mundial da Saúde, com o objetivo de

subsidiar os tomadores de decisão e os profissionais de saúde e ambiente com informações sobre os impactos ambientais na saúde humana e o desenvolvimento de políticas intersetoriais (HACON, 2008).

Em 2010 publicaram-se relatórios GEO Cidades como resultado da implementação, em 2005, de um projeto denominado “Estratégia de Apoio à Gestão Ambiental Urbana”, articulado pelo Programa das Nações Unidas para os Assentamentos Humanos (UN-Habitat) conjuntamente com o PNUMA, o MMA, o Ministério das Cidades e o Consórcio Parceria 21.

O objetivo do projeto supracitado consistiu no fortalecimento da gestão ambiental urbana no Brasil, subsidiando a adoção e implementação dos planos diretores municipais. Tal projeto redundou na elaboração de quatro relatórios GEO Cidades em municípios de pequeno e médio porte em diferentes regiões do país: Beberibe, no Estado do Ceará (BARROSO, 2010); Marabá, no Estado do Pará (RAIOL, 2010); Piranhas, no Estado de Alagoas (LINS, 2010); e Ponta Porã, no Estado de Mato Grosso do Sul (OLIVEIRA, 2010).

Ainda em 2010, iniciou-se o processo das consultas regionais preparatórias para a elaboração do relatório GEO-5, a partir do qual cinco questões ambientais prioritárias foram identificadas para a região da América Latina e Caribe: Terra, Água Doce, Biodiversidade, Mudanças Climáticas e Governança Ambiental, que foi também selecionada como um tema ‘transversal’. O relatório foi publicado em 2012, ano em que ocorreu no Rio de Janeiro a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (Rio + 20), abrangendo temas discutidos no evento (UNEP, 2012).

2.2 Modelo Pressão-Estado-Impacto-Resposta (*PEIR*)

Com a crescente preocupação ambiental e visibilidade dada ao meio ambiente, torna-se interessante agregar aos estudos territoriais fundamentações e metodologias que dão conta quanto a uma avaliação ambiental integrando diferentes aspectos que compõem o meio.

Primeiramente, constituiu-se de suma importância a apreensão da noção de avaliação, em um sentido amplo, e de avaliação ambiental. Isto auxilia no entendimento da proposta e na constituição do sistema de avaliação mais adequado à mesma. Para Carvalho (2009, p. 3) “o processo avaliativo é uma característica humana natural de seleção que precede a tomada de decisão.” Para a autora a avaliação sintetiza as funções de verificação, controle, regulação e aprimoramento.

Segundo Santos e Câmara (2002, p. 9) a avaliação ambiental integrada²³“é um processo de produção, análise e comunicação de informações sobre as questões relacionadas ao ambiente natural e à sociedade, relevantes do ponto de vista de políticas públicas.” Tais questões, vinculadas à diversos parâmetros co-relacionados, caracterizam a avaliação integrada.

Sendo assim, a avaliação, em uma perspectiva ambiental e integrada, tem potencial de verificação a partir de um diagnóstico do quadro atual vinculado ao estado de interações entre os componentes do meio e suas condicionantes; de controle, ao se agregar a visão temporal (monitoramento) e identificação dos processos (para ação sobre o quadro e condicionantes); de regulação, ao contribuir para a tomada de decisão no que diz respeito à gestão ambiental frente ao aparato legal; e, por fim, de aprimoramento, pois a partir de do reconhecimento de todo o processo pode-se inferir sobre novas abordagens, tanto de regulação quanto de avaliação.

Dentre os objetivos de uma avaliação, em geral, figuram as intervenções de melhorias e a legitimação (CARVALHO, 2009). Segundo Ferreira (1988) e Amora (2009), dentre outros significados, legitimar corresponde ao ato de se fazer reconhecer por autêntico um título. A legitimação possui, então, como sinônimos a autenticação ou a validação.

Nesta perspectiva, a título de exemplificação, segundo Coelho (2006, p. 39), a produção de conhecimento sobre sustentabilidade ambiental em meio urbano repercute na legitimidade de políticas públicas. Ou seja, este quadro de sustentabilidade, que pode ser percebido por meio de avaliação, expressa a validade das políticas implementadas. Para a autora “a sustentabilidade associa-se às condições de reprodução da legitimidade das políticas e das condições de construção política da base material das cidades.”

Assim sendo, a legitimação, ou autenticação, de determinada política, ou matéria por esta assegurada, está vinculada ao reconhecimento de sua eficácia normativa e territorialmente concreta com relação àquilo a que originalmente se propõe e/ou se aplica, estando vinculada às funções sintetizadas pela avaliação.

Carvalho (2009) explicita ainda que, com relação aos procedimentos de avaliação, a despeito de todos os métodos, processos e instrumentos oferecidos pelas tecnologias vigentes,

²³ O termo aqui apresentado e discutido no âmbito do Projeto GEO não corresponde necessariamente àquele vinculado à Avaliação Ambiental Integrada (AAI), amplamente difundido e utilizado no contexto de planejamento do setor hidrelétrico. A AAI neste último caso, “visa identificar e avaliar os efeitos sinérgicos e cumulativos resultantes dos impactos ambientais ocasionados pelo conjunto de aproveitamentos hidrelétricos nas bacias hidrográficas do país.” (EPE, 2005, p. 2).

as fases do processo de avaliação contemplam as conceituações metodológicas, a construção de indicadores e o julgamento de valor.

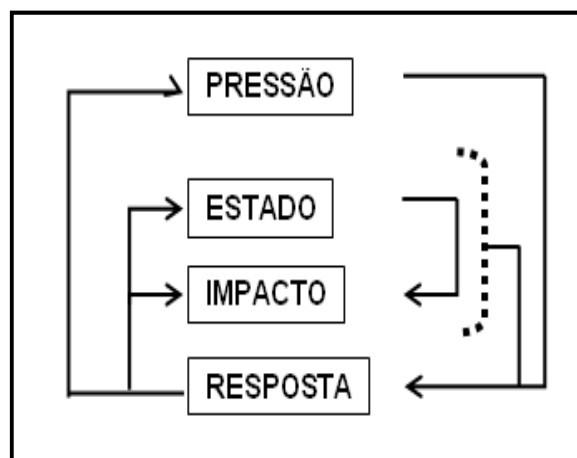
Como visto, os órgãos de controle e regulação vem buscando o aprimoramento, com contribuição do meio científico, de uma nova abordagem de aspectos da realidade, dinâmica, mutável, abstrata e, ao mesmo tempo, concreta. Cabe assim a utilização de metodologias que abarquem uma visão ampla.

A metodologia do Projeto GEO, com ênfase para o GEO Cidades, oferece uma visão integrada de indicadores sociais e ambientais associados ao ciclo da denominada matriz *PEIR* (Pressão, Estado, Impacto e Resposta). Segundo Dornelles (2007, p. 151):

Os expressivos resultados obtidos, em âmbito nacional, referentes a distintas avaliações ambientais, tendo como base os Informes GEO, GEO Brasil e GEO Cidades, fazendo uso da matriz Peir, evidenciam um real interesse dos atores sociais envolvidos em prol do conhecimento e aprimoramento dos preceitos teóricos e metodológicos associados.

A matriz supracitada busca estabelecer um vínculo lógico entre seus diversos componentes, que pode ser materializado a partir de um denominado “ciclo” (Figura 2), de forma a orientar a avaliação do *estado* do meio ambiente, desde os fatores que exercem *pressão* sobre os recursos naturais (os quais podem ser entendidos como as “causas” do seu estado atual), passando pelo *estado* atual do meio ambiente (“efeito”), e os *impactos* deste efeito sobre o meio, até as *respostas* (reações) que são produzidas para enfrentar os problemas ambientais em cada localidade (PNUMA, 2004; SCHNEIDER et. al., 2010).

Figura 2 – Ciclo do modelo *PEIR*



Legenda: Inter-relações possíveis entre os componentes da matriz *PEIR* em um ciclo.
Fonte: CRESPO e LA ROVERE, 2002, f. 14.

Antes de adentrar em direção ao detalhamento de cada um dos componentes da matriz *PEIR*, cabe apresentar a contextualização deste modelo frente à abordagem conceitual de indicadores e de sistemas de indicadores, além do estado da arte dos mesmos, em uma visão geral.

Segundo IBGE (2012), indicadores são ferramentas constituídas por uma ou mais variáveis que, associadas, por meio de diversas formas, revelam significados mais amplos sobre os fenômenos a que se referem.

Meadows (1998) ressalta que os indicadores são uma parte necessária do fluxo de informação que utilizamos para compreender o mundo, tomar decisões e planejarmos ações. Para a autora, todos nós usamos indicadores para monitorar sistemas complexos a que temos apreço ou que precisamos controlar. Já Segnestam (2002), em uma visão mais objetiva, explicita que os indicadores são, normalmente, os primeiros e mais básicos instrumentos para a análise de alterações na sociedade, sendo derivados de dados, que, por sua vez, correspondem à base do trabalho.

Ainda com base em Segnestam (2002), os indicadores podem ser vistos como dados superiores e, sobretudo, como uma ferramenta analítica. A autora então apresenta as razões para tal visão: Em primeiro lugar, os indicadores podem funcionar como uma base para a avaliação, fornecendo informações sobre as condições e tendências do desenvolvimento sustentável. Em segundo lugar, como base de tais avaliações, os indicadores podem contribuir para os processos de formulação de políticas. Em terceiro lugar, apresentando vários dados em um número que geralmente é mais simples de interpretar do que as estatísticas complexas, eles podem facilitar a comunicação entre os diferentes grupos, por exemplo, entre especialistas e não-especialistas.

Magalhães Júnior (2011, p. 171) entende que “os indicadores são informações de caráter quantitativo, resultantes do cruzamento de pelo menos duas variáveis primárias (informações espaciais, temporais, ambientais, etc.)”. Neste sentido, podem ser considerados os indicadores de natureza física, nos quais a quantificação está relacionada às áreas ou classes temáticas físicas.

Com relação à medição dos indicadores, Magalhães Júnior (op. cit., p. 172) disserta:

Um indicador exige uma ou mais unidades de medida (tempo, área, etc.) e, muitas vezes, padrões para referenciar sua interpretação. Os padrões seriam valores que expressam os limites nos quais a ocorrência de um indicador deve ser ou não nociva ao homem ou ao seu ambiente.

Os indicadores se inserem em uma pirâmide de informações. Na base desta pirâmide estão os dados primários, correspondentes aos valores de uma variável, que serão transformados em dados analisados, e estes para indicadores. Se dois ou mais indicadores são combinados cria-se um índice (SEGNSTAM, 2002; MAGALHÃES JÚNIOR, 2011).

Segnestam (2002) apresenta algumas questões relacionados aos benefícios e problemas quando da utilização de indicadores e de índices (Quadros 1 e 2). De acordo com o quadro 1, os benefícios dos indicadores se vinculam ao fato destes instrumentos serem mais básicos, de fácil entendimento e constituírem conjuntos mais flexíveis e diversificados. Por outro lado, tais conjuntos podem ser redundantes frente à uma questão e a sua avaliação se tornar complexa frente à diversidade de temas representados.

Quadro 1 - Indicadores de Desenvolvimento Sustentável – potenciais e limitações

INDICADORES DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	
Benefícios	Problemas
A qualidade da garantia dos indicadores ambientais é mais facilmente obtida.	As ligações entre as tendências econômicas, sociais e ambientais da sociedade, bem como entre os sistemas, nem sempre são ilustradas corretamente para os conjuntos que medem o desenvolvimento sustentável.
Um conjunto com vários indicadores fornece aos países mais flexibilidade no tocante aos indicadores (de acordo com variações nas condições, atividades e prioridades).	Não é incomum que os conjuntos de indicadores de desenvolvimento sustentável incluam múltiplos indicadores para essencialmente a mesma questão, não incluindo indicadores de outras questões pertinentes.
Um conjunto com vários indicadores pode ser baseado em indicadores que são conceitualmente aceitos e familiares aos desenvolvedores e ao público.	A sua avaliação é dificultada pela diversidade de temas que diferentes indicadores mensuram, e as diferentes direções em que os indicadores se movimentam.

Fonte: SEGNSTAM, 2002, f. 25.

Conforme o quadro 2, os índices, fruto da agregação de indicadores, se caracterizam quanto à generalização das informações, resultando em benefícios e problemas no que se refere a sua utilização. Se por um lado os índices resumem determinada situação e facilitam

sua comunicação, por outro tais instrumentos mascaram suas especificidades dificultando sua avaliação e utilização para a tomada de decisão.

Quadro 2 - Índices de Desenvolvimento Sustentável – potenciais e limitações

ÍNDICES DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	
Benefícios	Problemas
A agregação dos indicadores possibilita obter mensagens claras e uma visão geral de desenvolvimento sustentável e mostra onde o desempenho é especialmente forte ou fraco.	Um número agregado é mais difícil de avaliar, uma vez que a agregação esconde as partes individuais do indicador.
Um indicador agregado de desenvolvimento sustentável pode servir à comunicação ao público em geral sobre o bem-estar material.	A agregação real pode tornar-se um pouco ambígua quando os itens, cujas unidades são diferentes, são somados (por exemplo, a agregação da expectativa de vida, escolaridade e renda ajustada, realizada no Índice de Desenvolvimento Humano)
Os indicadores agregados exploram a relação entre as variáveis, as quais se encontram no centro das relações para o desenvolvimento sustentável.	A agregação é difícil de ser alcançada de forma clara e inequívoca, uma vez que exige ponderação dos itens, que são de difícil valoração.
	Um número agregado pode ser bom para comparações entre países ou regiões, mas não tem necessariamente um valor funcional como uma ferramenta de política.

Fonte: SEGNESTAM, 2002, f. 25.

Bellen (2007, p. 42) explicita que os indicadores “simplificam as informações sobre fenômenos complexos tentando melhorar com isso o processo de comunicação.” Contudo, ao se elaborar e aplicar indicadores ambientais deve-se atentar ao fato de que estes, por si só e isoladamente, não demonstram e explicam as inter-relações entre os fenômenos. Por exemplo, a aplicação de um indicador de aumento populacional e outro relativo ao percentual de áreas de risco de deslizamento, em determinado local, se vistos separadamente, sem o mínimo de contextualização, explicam parte de um fenômeno ou processo, ligado aos riscos sociais e ambientais.

O encadeamento entre indicadores, de diferentes perspectivas e agrupados de maneira lógica, pode ser uma interessante proposta de avaliação com respostas mais adequadas ao que Morin (2000a, p. 47) entende como complexidade ambiental, “muito mais uma noção lógica do que uma noção quantitativa.”

Os chamados indicadores ambientais podem auxiliar na composição de cenários para avaliação ambiental integrada, auxiliando na geração de produtos, associados a um diagnóstico, para a tomada de decisão sobre o território (LEMOS, 2006). De acordo com Schneider et. al. (2010, p. 71), “a construção de cenários de análise possibilita a tomada de postura a respeito de situações antes de transcorrer-las, visto que estas podem ser situações desfavoráveis, e até mesmo, irreversíveis.”

Segundo a *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD, 2007, p. 256, tradução nossa) um indicador ambiental fornece informações sobre o estado do meio ambiente, porém com um significado que se estende para além disso: “O termo pode englobar indicadores de pressões ambientais, condições e respostas.”²⁴ Neste sentido, o significado de indicador ambiental pode abranger a utilização de indicadores sociais e econômicos, por exemplo, quando inseridos no contexto de avaliação do estado do meio ambiente.

Tal conceituação se aproxima do que apresenta a *European Environment Agency* (EEA), a qual define indicador ambiental integrando ainda a visão do “impacto”:

Um parâmetro ou um valor derivado de parâmetros que descrevem o estado do ambiente e seus impactos sobre os seres humanos, ecossistemas e materiais, as pressões sobre o meio ambiente, as forças motrizes e as respostas direcionadas pelo sistema. Um indicador passou por uma seleção e / ou processo de agregação para que possa orientar a ação²⁵ (EEA, 2013, p. 1, tradução nossa).

Conforme indicam Ribeiro e Heller (2012, p. 3) “o primeiro passo para a construção de indicadores deve ser a identificação dos impactos ambientais significativos, que se constituirão na base para a sua definição.” No entanto, assim como a OECD ressalva com relação ao “estado”, os autores ponderam que “os indicadores ambientais não devem se restringir a apenas medidas de impactos sobre o meio ambiente, mas expressões que contenham informações sobre condições ambientais, locais ou regionais.”

²⁴ O texto em língua estrangeira é: “The term may encompass indicators of environmental pressures, conditions and responses.”

²⁵ O texto em língua estrangeira é: “A parameter or a value derived from parameters that describe the state of the environment and its impact on human beings, ecosystems and materials, the pressures on the environment, the driving forces and the responses steering that system. An indicator has gone through a selection and/or aggregation process to enable it to steer action.”

Considerando que a perspectiva sistêmica se impõe na abordagem da questão ambiental, e tendo em vista o propósito de estabelecer indicadores de sustentabilidade, muitos órgãos nacionais e internacionais vêm adotando os chamados sistemas de indicadores. Isto parte de um esforço no sentido de estabelecer e integrar indicadores ou, ainda, propor metodologias para a escolha dos mesmos.

Meadows (1998) adota o conceito de “quadros de indicadores”, os quais fornecem os meios para estruturar os conjuntos de indicadores de uma forma que facilite a sua interpretação. A autora entende que os indicadores são, geralmente, necessários em muitos aspectos de um problema e o quadro garante que todos os aspectos sejam levados em consideração. Quadros também podem auxiliar na compreensão de como diferentes questões estão inter-relacionadas.

Com base na literatura de indicadores (MEADOWS, 1998; SEGNESTAM, 2002; BELEN, 2007; dentre outros) e na experiência de adoção de sistemas por órgãos ambientais (SANTOS e CÂMARA, 2002; SÃO PAULO, 2004; IPP, 2005; BRASIL, 2007a; RIO DE JANEIRO, 2011a; UNEP, 2012; dentre outros), é perceptível a preferência por sistemas, ou quadros, baseados em modelos que expressem a cadeia de relações causa-efeito (SEESB, 2006).

Modelos sistêmicos ou de integração de causa e efeito visam a expressar as relações entre a qualidade ambiental (estado) e os seus fatores causais (de pressão), bem como as iniciativas geradas ou induzidas, em resposta às constatações propiciadas por esses indicadores (OCDE, 2002 apud SEESB, 2006, p. 14).

Uma primeira proposta conceitual de análise foi introduzida pela OECD em 1993 estabelecendo o critério da Pressão–Estado–Resposta (PER), ou *Pressure-State-Response* (PSR). O modelo contempla então, três diferentes tipos de indicadores: os de pressão ou forças controlantes, que indicam os fatores de pressão sobre o ambiente; os de estado, que descrevem as condições dos sistemas ambientais, resultantes das pressões exercidas; e por fim, os de respostas, que demonstram as medidas adotadas, sendo úteis na avaliação da efetividade das decisões políticas (CHRISTOFOLETTI, 1999; GUIMARÃES, 2008).

A partir desta primeira proposta, surgiram variações. A primeira substitui o indicador de pressão por uma categoria de indicadores de força motriz (*Driving Force*), resultando no modelo “*Driving Force-State-Response*” (DSR); a segunda variação acrescenta uma categoria de indicadores de impacto, transformando-o no modelo “*Pressure-State-Impact-Response*” (PSIR ou *PEIR*, aqui defendido); e, finalmente, a última versão inclui todas as cinco

categorias de indicadores, criando um modelo “*Driving Force-Pressure-State-Impact-Response*” (DPSIR) (SEGNESTAM, 2002).

Sobre a primeira variação do modelo PER, Ribeiro e Heller (2012, p. 7) apresentam como motivação:

O Departamento de Coordenação de Políticas e Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas desenvolveu um programa próprio de indicadores, tendo como base o modelo PER, porém ampliando-o, em termos de considerar outras dimensões da sustentabilidade, além da ambiental. Dessa forma julgou-se importante mudar o conceito de pressão para o de força motriz, considerando que a palavra pressão contém um significado primordialmente negativo, enquanto que força motriz pode gerar mudanças tanto negativas como positivas.

Sobre a segunda variação, Segnestam (2002) identifica que com a crescente utilização de indicadores como ferramenta tomada de decisão, surgiu a necessidade de melhor separação entre o estado do meio ambiente e as mudanças que surgiram no estado. Assim, muitas organizações escolheram adicionar uma categoria de indicadores ao modelo PER para capturar as mudanças no estado, criando o modelo *PEIR*.

A matriz *PEIR*, anteriormente conceituada, pode ser entendida como um sistema de indicadores inovador ao enfatizar, essencialmente, a desagregação das conseqüências ambientais na qualidade (estado), explicitando os impactos decorrentes das pressões e processos que causam esses impactos (SEESB, 2006).

Segundo Ariza e Neto (2009, p. 138), em contraste com as anteriores, o modelo *PEIR* “se diferencia por oferecer aos gestores uma avaliação mais exata da situação ambiental e, as conseqüências das políticas de ocupação do território.”

O terceiro e último desenvolvimento do quadro PSR é a apresentação de todas as cinco categorias de indicadores (força motriz, pressão, estado, impacto, e indicadores de resposta) em um mesmo quadro, proporcionando um mecanismo global para analisar os problemas ambientais. No modelo DPSIR, as diferentes categorias cobrem os seguintes aspectos da questão ambiental:

- 1- Força motriz, a exemplo da industrialização;
- 2- Pressões sobre o meio ambiente, como a emissão de poluentes, que degradam o ar, água, solos, etc.
- 3- Estado do meio ambiente, com determinados níveis de poluição ou degradação;
- 4- Impacto sobre a saúde humana e no ecossistema, causando malefícios para a sociedade;

5- Resposta, com várias medidas políticas, tais como regulações, informações e impostos (a exemplo do poluidor-pagador), que podem ser direcionados a qualquer outra parte do sistema (SEGNESTAM, 2002).

No entanto, é comum a classificação de indicadores baseados no modelo *PEIR*, em comparação com o *DPSIR*. Ariza (2010, p. 126) entende que a matriz *PEIR* “proporciona um mecanismo geral para analisar problemas ambientais que não despreza a idéia de que o ambiente existe como um sistema de múltiplas interações.” A autora complementa que este sistema proporciona mecanismos mais segmentados que outros modelos, como o *PER*, no que se refere à análise de problemas ambientais. Neste sentido, cabe uma descrição pormenorizada de cada componente do modelo e a exemplificação com indicadores reconhecidos e vinculados, a priori, a cada um.

2.2.1 Indicadores de Pressão

A atividade humana sempre promove uma alteração no meio, de forma positiva e negativa (MARQUES, 2005). Neste sentido, as pressões sobre o meio ambiente são decorrentes de ações humanas, da percepção do homem sobre o meio.

Segundo PNUMA (2004, p. 13) por pressão “entende-se as forças econômicas e sociais subjacentes, como o crescimento da população, o consumo e a pobreza.” Santos e Câmara (2002, p. 10) explicitam que as pressões correspondem a “atividades e processos que agem sobre o meio ambiente produzindo mudanças (usualmente têm sido raízes e forças motivadoras).” Já Brasil (2007a) associa este componente da matriz *PEIR* à análise dos fatores, diretos e indiretos, antrópicos e naturais, que alteram o estado de equilíbrio (condições) do meio ambiente no espaço e no tempo.

A partir de uma perspectiva política, a pressão constitui o ponto inicial para o enfrentamento dos problemas ambientais. O conhecimento sobre os fatores de pressão procura responder à questão: *Por que isto está acontecendo?* (PNUMA, 2004).

Segundo PNUMA (2004) e Ariza (2010) as pressões são relacionadas aos contextos sócio-econômicos e políticos e, neste sentido, é necessário que se estude as dinâmicas político-institucional, de urbanização e ocupação do território, demográfica, social, econômica, e de consumo de recursos. As informações sobre a pressão tendem a estar mais

facilmente disponível porque provém de bancos de dados socioeconômicos e demográficos, a exemplo do censo do IBGE.

Como exemplos de indicadores de pressão, temos:

- a) *Densidade demográfica / de domicílios*²⁶: expressa a relação entre as variáveis “população residente” ou “número de domicílios” e a superfície de um território. (SANTOS e CAMARA, 2002). Consiste em um referencial importante para avaliação da distribuição da terra urbana, infraestrutura e serviços públicos, consumo e, conseqüentemente, dos impactos no meio natural e na qualidade de vida (IPP, 2005). O seu cálculo é realizado a partir do cruzamento do número populacional ou de domicílios com o valor de uma área (em hectare ou km²). Os dados podem ser obtidos a partir do censo demográfico do IBGE (tabelas e malha territorial).

- b) *Estabelecimentos industriais que exercem atividades potencialmente poluidoras*: expressa o potencial poluidor na cidade por meio da contagem das indústrias que realizam atividades dessa natureza. Ressalta-se que, estabelecimentos potencialmente poluidores podem provocar impactos no meio ambiente, causando alterações no ar, na água e no solo. A quantificação das tipologias, assim como a localização das áreas de maior concentração das indústrias, representam um importante mecanismo para a implementação das ações de controle e planejamento ambiental da cidade (IPP, 2005). Seu cálculo engloba a quantidade de indústrias em atividade (nº); proporção de área industrial de minerações ativas (%); proporção de área onerada por processos minerários (%); proporção de áreas de unidades de produção agrícola, extensão de dutovias (SÃO PAULO, 2004).

- c) *Terras destinadas a culturas temporárias e permanentes*: consiste no somatório das áreas das terras destinadas às culturas temporárias e permanentes, das pastagens plantadas e naturais, das terras produtivas não utilizadas e das matas plantadas, permitindo avaliar o desenvolvimento de atividade em área rural, basicamente, e a introdução do plantio e espécies exóticas em detrimento da vegetação original. Para a sua obtenção temos os levantamentos de dados de extensão de áreas de cultivo a partir

²⁶Domicílio é o local estruturalmente separado e independente que se destina a servir de habitação a uma ou mais pessoas, ou que esteja sendo utilizado como tal (IBGE, 2011a).

do censo agropecuário do IBGE, além de levantamentos de uso do solo em escala local (SANTOS e CAMARA, 2002).

Sobre as pressões em meio urbano La Rovere e Crespo (2002, p. 39) avaliam:

As mudanças e tendências recentes da rede de cidades no Brasil apontam para um conjunto de problemas ambientais urbanos comuns, que pressionam a base de recursos naturais. Entre as questões que afetam o desenvolvimento sustentável das cidades brasileiras destacam-se as relacionadas ao acesso à terra, uso e ocupação do solo, ao saneamento ambiental, ao transporte urbano e ao desenvolvimento das atividades econômicas.

A sustentabilidade ambiental e urbana existe efetivamente, quando se tem um controle sobre as atividades de pressão sobre o meio. Para tal é necessário identificar esta pressão ou pressões.

2.2.2 Indicadores de Estado

Os indicadores de pressão antrópica não demonstram, geralmente, a vulnerabilidade ou a sensibilidade dos ecossistemas. Magalhães Júnior (2011) indica que estes aspectos são relacionados à capacidade de suporte dos sistemas, o que condiciona a intensidade de cada impacto. Por exemplo, com relação aos sistemas hídricos, revela-se a importância de indicadores de estado relacionados à vulnerabilidade ambiental em bacias/sub-bacias hidrográficas integrados aos indicadores antrópicos de pressão.

Conforme PNUMA (2004), o estado corresponde à condição do meio ambiente, resultante das pressões; por exemplo, o nível de poluição atmosférica, a erosão do solo ou o desmatamento. Segundo Brasil (2007a), o estado é a descrição da situação qualitativa e quantitativa atualmente observada em determinado espaço geográfico, como um município ou uma bacia hidrográfica.

Segundo La Rovere e Crespo (2002, p. 58), “a ação antrópica sobre os ecossistemas resulta na sua degradação, e no comprometimento da qualidade das águas, do ar, do solo.” A informação sobre o estado do meio ambiente responde então à questão: *O que está acontecendo com o meio ambiente?*

Os indicadores de estado podem representar a condição de elementos dos diferentes sub-sistemas terrestres, tais como o ar, água, solos, flora e fauna, recursos naturais; além do próprio ambiente construído. Sendo assim, no âmbito da matriz, os indicadores de estado têm a vantagem de serem capazes de se concentrar apenas nas características mensuráveis do ambiente e em práticas de gestão utilizadas (por exemplo, as práticas de manejo do solo). Os indicadores de estado não somente explicam os fatores que influenciam as pressões, mas também ilustram o estado atual do meio ambiente (SEGNSTAM, 2002).

Como exemplos de indicadores de estado, temos:

- a) *Adequação / inadequação de moradias*: indica o percentual de moradias que proporciona condições mínimas de habitabilidade a seus moradores, bem como o seu inverso. Na realidade, trata-se de 2 (dois) indicadores denominados “adequação de moradia” (IBGE, 2012) e “inadequação de moradia” (IPP, 2005), os quais podem ser agregados ao se avaliar a classificação do objeto “moradia” em “adequado” ou “inadequado”. Este indicador possui relevância ao se considerar que, a inexistência de um padrão mínimo de habitabilidade nas moradias localizadas nos centros urbanos constitui um fator para aumento de risco à saúde humana (impactos). Demonstra ainda tendências ao padrão regular e irregular, com relação à sua localização. O seu cálculo corresponde ao cruzamento das variáveis: número total de domicílios particulares permanentes, densidade de moradores por dormitório, coleta do lixo, abastecimento de água, e esgotamento sanitário (obtidas junto ao censo demográfico e Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios - PNAD). São considerados adequados os domicílios que atendam, simultaneamente, aos seguintes critérios: densidade de até 2 (dois) moradores por dormitório; coleta de lixo direta ou indireta por serviço de limpeza; abastecimento de água por rede geral; e esgotamento sanitário por rede coletora ou fossa séptica (IPP, 2005; IBGE, 2012).

- b) *Cobertura vegetal nativa*: consiste na proporção da área com cobertura vegetal correspondente à vegetação nativa em determinado espaço geográfico. É estratégico para a averiguação do estado de preservação das características originais (naturais) de determinado recorte territorial. Áreas desfragmentadas podem indicar a necessidade de planejamento corretivo quanto à recomposição florestal (respostas), com fisionomias características de determinado ecossistema. Seu cálculo envolve a determinação da

proporção de área recoberta por vegetação nativa (%) (BRASIL, 2011b; SÃO PAULO, 2004).

- c) *Sítios contaminados*: demonstra, ainda que indiretamente, o nível de contaminação do ambiente natural. A contaminação afeta a saúde humana e o próprio ambiente, provocando o empobrecimento da biodiversidade (impactos). A aplicação deste indicador pode subsidiar e direcionar ações (respostas) de descontaminação e recuperação. No entanto, as pressões podem ser difíceis de distinguir em razão da ampla gama de fontes e de tipos de contaminação existentes, devendo assim o indicador estar conjugado a outros. Seu cálculo é obtido a partir do número e da área dos espaços reconhecidamente contaminados (total, novos e reabilitados) (PNUMA, 2004).

Sobre o levantamento de indicadores de estado, com ênfase para o meio urbano, Ariza (2010, p. 131) avalia que:

A análise do estado deve levar em consideração o modelo de desenvolvimento da sociedade em questão. Os indicadores de estado ajudam na descrição e análise dos ecossistemas onde as cidades estão assentadas. É importante considerar a região de acordo com o ecossistema em que esta inserida e os elementos em questão, a medida que se observa a evolução do estado do meio ambiente local.

2.2.3 Indicadores de Impacto

A Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986, definiu impacto ambiental como:

[...] qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II - as atividades sociais e econômicas; III - a biota; IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V - a qualidade dos recursos ambientais (CONAMA, 1986, p. 1).

Os impactos ambientais no meio urbano podem ser percebidos através da redução da cobertura vegetal, do aumento de áreas impermeabilizadas, da presença de processos erosivos, assoreamento e contaminação de cursos d'água.

Coelho (2006) ressalta a necessidade de articulação dos processos ecológicos e sociais à degradação do ambiente urbano na interpretação investigativa dos impactos ambientais urbanos. No entanto, a autora atenta para a problemática das escalas interpretativas na análise do impacto ambiental:

Um processo erosivo, por exemplo, está associado a causas múltiplas, temporal e espacialmente diversificadas, ainda que interligadas. O assoreamento dos rios é um outro exemplo de processos relacionados tanto a causas locais como a processos mais abrangentes espacialmente, da mesma forma que com impactos diversificados ao longo do tempo. Isto não quer dizer que determinados fenômenos não possam estar associados unicamente (ou predominantemente) a fatores locais, como, por exemplo, a poluição de um rio pela atividade industrial concentrada num determinado espaço geográfico (COELHO, 2006, p. 20).

Os impactos constituem a forma material de visualização das conseqüências das ações, e interações, humanas sobre o meio. Apesar da difícil mensuração (devido à ausência de dados em determinada escala, espacial ou temporal), os indicadores de impacto valorizam a matriz integrada de avaliação ambiental, pois permitem a consideração de um elemento a mais no ciclo avaliado, separando e definindo a idéia de “condições” e “conseqüências”.

Assim, o impacto se relaciona ao efeito produzido pelo estado do meio ambiente sobre aspectos como a qualidade de vida e a saúde humanas, sobre o próprio meio ambiente, sobre o ambiente construído, e sobre a economia urbana. Como um processo em movimento permanente, o impacto ambiental pode ser, ao mesmo tempo, produto e produtor de novos impactos. Por exemplo, um aumento na erosão do solo deverá produzir várias conseqüências, como: diminuição da produção de alimentos, e conseqüente aumento de sua importação, aumento do uso de fertilizantes e desnutrição. O conhecimento sobre o impacto procura responder à questão: *Qual é o impacto causado pelo estado do meio ambiente?* (SANTOS e CÂMARA, 2002; PNUMA, 2004; COELHO, 2006).

Coelho (2006) aprofunda o tratamento da questão ao apontar que o impacto ambiental não é somente resultado de uma determinada ação realizada sobre o ambiente, mas sim relação de mudanças sociais e ecológicas em movimento. Neste sentido, a pesquisa sobre impactos tem, acima de tudo, a importância de um registro histórico, essencial ao conhecimento do conjunto de um processo, que não finaliza, mas se redireciona, com as ações mitigadoras (respostas).

PNUMA (2004) e Ariza (2010) associam a este componente do modelo *PEIR* distintas situações, tais como os impactos nos ecossistemas, na qualidade de vida e saúde humana, na

economia urbana, no meio ambiente construído, em nível político-institucional, e com relação à vulnerabilidade sócio-ambiental.

Como exemplos de indicadores de impacto, temos:

- a) *Contaminação e degradação hídrica*: determina os corpos hídricos com alto nível de contaminação e degradação do recurso natural e sistema limnológico. Além dos sérios prejuízos à fauna e à flora, a deterioração dos cursos hídricos traz também o comprometimento da qualidade e da quantidade de água disponível para o abastecimento público. Provoca, ainda, o aumento dos custos operacionais nos sistemas de captação e tratamento, que formam parcela importante do preço cobrado pela água, tornando o produto mais caro para a população (GALINKIN, 2003). Este indicador é diretamente ligado ao de “qualidade da água” que, dentro do modelo *PEIR*, traz um panorama mais geral, de estado. Pode ser avaliado a partir da aplicação do Índice de Qualidade da Água (IQA) e da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), a qual mede a quantidade de oxigênio necessária para degradar bioquimicamente a matéria orgânica presente na água. Este último é um parâmetro importante no dimensionamento de uma Estação de Tratamento de Águas Residuais ou Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) (respostas). Quanto maior a DBO, pior é a qualidade da água (IBGE, 2012). Cabem ainda estudos locais realizados a partir de pesquisas científicas, por exemplo, definindo parâmetros para avaliação das conseqüências relacionadas ao nível de degradação do corpo hídrico.

- b) *Incidência de doenças por veiculação hídrica*: corresponde ao levantamento da população afetada pelas enfermidades de veiculação hídrica, segundo o tipo de enfermidade, comparativamente no tempo. O estado da água tem efeitos imediatos sobre a qualidade de vida e a saúde da população local. A contaminação por carga orgânica, em particular pelos coliformes fecais, da água utilizada para os diferentes tipos de consumo doméstico corresponde a uma das principais causas de enfermidades de veiculação hídrica, as quais geram importantes impactos negativos sobre a qualidade de vida da população das cidades (PNUMA, 2004). Seu cálculo envolve a quantidade de internações por doenças infecciosas intestinais (por mês ou ano); e a quantidade de casos de doenças infecciosas intestinais em unidade sentinela por semana epidemiológica por ano (SÃO PAULO, 2004).

- c) *Perda de amenidades ambientais*: avalia a perda, por investigação perceptiva, de recursos naturais que garantem qualidade de vida. Possui como fator de relevância o fato de que a poluição imediatamente reduz as oportunidades de atividades de lazer e recreação, sendo também responsável por odores desagradáveis, característicos dos poluentes do ar e das águas de superfície, bem como o impacto visual. Todas estas ocorrências se traduzem em perdas materiais concretas, tais como a interrupção de atividades econômicas importantes e comprometimento de recursos naturais. Ao fim, tem um impacto sobre a qualidade da vida. Sua obtenção envolve o tratamento de dados de percepção ambiental, localmente levantados (LA ROVERE e CRESPO, 2002).
- d) *Áreas degradadas*: vincula-se à determinação do percentual e da localização de área afetada por desertificação. Desta maneira o indicador permite a visualização de cenários de degradação dos recursos naturais e o abandono de áreas desmatadas e desnudadas. Seu cálculo consiste na obtenção do percentual de área degradada em relação ao total da área (PNUMA e CLAES, 2008; GUIMARÃES, 2008).

2.2.4 Indicadores de Resposta

As repostas são ações do homem sobre a realidade, em uma perspectiva de reação, intervenção, ou ainda de prevenção. Envolve as ações coletivas ou individuais que atenuam ou previnem impactos ambientais negativos, corrigem os danos causados ao meio ambiente, preservam os recursos naturais ou contribuem para a melhoria da qualidade de vida da população local.

Com base em PNUMA (2004) as repostas podem incluir as ações de regulação dos custos ambientais ou de pesquisa, a opinião pública e as preferências dos consumidores, mudanças nas estratégias administrativas, e o fornecimento de informações sobre o meio ambiente.

Segundo Brasil (2007a, p. 18) as repostas correspondem à “análise das intervenções humanas - políticas, ações, programas, repostas adaptativas etc. - adotadas atualmente frente aos problemas enfrentados, suas causas e conseqüências.”

Conhecer as formas por meio das quais a sociedade responde aos problemas ambientais, demanda um trabalho maior de análise e interpretação por parte da equipe local. Os instrumentos incluídos nesta dimensão da matriz procuram responder à questão: *O que estamos fazendo a respeito?* (PNUMA, 2004).

Magalhães Júnior (2011, p. 176), considera que, para a identificação de impactos e intervenções sobre a realidade, “os indicadores têm tido seu campo de aplicação especialmente valorizado no diagnóstico de políticas públicas, no sentido de sua formulação (intenções) ou aplicação (resultados).”

Mello (2011), por exemplo, avaliou em seu trabalho a possibilidade de utilização e aplicação de indicadores para análise de planos diretores municipais, frente à utilização de instrumentos de controle e gestão do uso do solo no que se refere à gestão de recursos hídricos e saneamento básico. Neste caso a autora pretendeu avaliar os planos frente aos instrumentos previstos, e não necessariamente como uma resposta à determinado(s) cenário(s). Ao final, a autora atribuiu notas aos planos diretores analisados a partir da aplicação dos indicadores selecionados, além de gerar um ranking dos documentos com base na agregação dos indicadores sob a forma de índice.

Sobre as respostas inseridas no contexto da matriz *PEIR*, Segnestam (2002) aborda que, as decisões tomadas com base nas informações coletadas com a ajuda dos indicadores de pressão, estado e impacto precisam ser monitoradas. Os indicadores de resposta podem, portanto, serem utilizados para monitorar três aspectos das mudanças sociais: 1 - Quais políticas ou investimentos são introduzidas para reduzir a pressão?; 2 - As medidas mitigadoras propostas são implementadas corretamente?; 3 - O comportamento dos atores envolvidos e as atividades que exercem pressão se alteram como o esperado?

Ariza e Neto (2010) indicam a possibilidade de se avaliar as respostas, e a tomada de decisão, frente aos outros componentes da matriz, sendo importante o conhecimento dos fatores de cada um destes elementos. Assim, “é possível avaliar e adaptar as respostas para os problemas encontrados, bem como sugerir medidas para a melhoria da qualidade do meio.” (ARIZA e NETO, 2010, p. 133).

Como exemplos de indicadores de resposta, temos:

- a) *Fiscalização ambiental*: expressa o número de vistorias realizadas pela atividade de fiscalização ambiental das administrações municipais e/ou estadual. Consiste em um indicador que demonstra o alcance e a magnitude da atividade de fiscalização ambiental. O grau de preservação dos recursos naturais, além das possibilidades de

regeneração do ambiente, está intimamente relacionado à eficácia dos mecanismos de controle do poder público (IPP, 2005). O seu cálculo corresponde ao total de vistorias realizadas nas mais diversas atividades.

- b) *Recursos financeiros para o meio ambiente*: avalia se o órgão público recebeu recursos financeiros específicos para o meio ambiente, bem como o seu direcionamento (GUIMARÃES, 2008). É relevante ao demonstrar o potencial de investimento para a prevenção e correção de problemas ambientais, permitindo analisar quais ações e para quais sub-áreas os investimentos são direcionados. O seu cálculo consiste na análise das receitas e despesas do órgão público.
- c) *Atendimentos da Defesa Civil relacionados ao meio ambiente*: corresponde ao número de registros de atendimento pela Defesa Civil Municipal, em casos de ocorrência de impactos ambientais. Neste sentido, este indicador acaba por detectar as ocorrências provocadas por alterações das condições do meio físico, tais como deslizamentos e inundações (impactos). Configura assim, uma resposta diretamente atrelada ao impacto. No entanto, o mesmo pode constituir subsídio para formulação de propostas de controle das atividades causadoras do risco (pressões), tal como a ocupação irregular, e conseqüentemente a redução de danos e de despesas (IPP, 2005). A mensuração deste indicador envolve a contabilização das ocorrências a partir do banco de registros dos órgãos de Defesa Civil em um determinado período de tempo.
- d) *Ampliação da cobertura vegetal*: avalia o aumento e a localização de áreas reflorestadas. O indicador demonstra a preocupação com ações corretivas. Seu cálculo consiste na área ampliada (m^2 / km^2), e quantidade de mudas de árvores plantadas em determinado período de tempo (SÃO PAULO, 2004; ARIZA, 2010).

2.2.5 Experiências, potencial e limitações na utilização de indicadores e modelo PEIR

Modelos e/ou sistemas de avaliação podem ser criticados com base nos princípios da complexidade ambiental, a qual nega a relação linear causa-efeito, segundo a recursividade

organizacional²⁷. Tal crítica fundamenta-se na idéia de que a causalidade é necessariamente recursiva, de modo que uma causa produz um efeito, que se torna causa novamente, e assim por diante (ALMEIDA, 1997).

Schneider et. al. (2010, p. 72) apontam que o modelo *PEIR* “expõe vínculos entre causas e efeitos, mas numa lógica linear, avaliando o problema (efeito) em função de sua causa, e a partir desta, a busca da solução”, podendo, para os autores, levar a uma interpretação simplificada dos fenômenos avaliados.

Segundo Bossel (1999), na abordagem *PEIR* os seus componentes, de causa e efeito, são identificadas por um determinado problema ambiental e indicadores correspondentes são monitorados. Ou seja, em um ciclo são definidos os indicadores de pressão, estado, impacto e resposta, em uma lógica sequencial frente a uma questão analisada. Um exemplo do que se chama de “ciclo” é oferecido pelo autor: Emissões de CO₂ (pressão); concentração de CO₂ na atmosfera (estado); temperatura global (impacto); taxa de carbono (resposta).

Para Bossel (1999, p. 14, tradução nossa), “múltiplas pressões e impactos não são considerados em uma cadeia” (ou ciclo), e ainda, segundo este autor, “as relações reais, geralmente não lineares entre os diferentes componentes de uma cadeia, não podem ser contabilizadas.”²⁸

Compartilham deste entendimento Guimarães e Feichas (2009, p. 309) ao destacarem que:

[...] a complexidade dos fenômenos sociais e ambientais não é captada por simples parâmetros e relações de causalidade. Para que esta condição seja incluída nos processos de mensuração de maneira efetiva e real, é preciso agregar uma interpretação que considere questões qualitativas, históricas e também institucionais. Outro aspecto importante é o fato de as interações e dos ciclos da natureza não funcionarem no tempo dos processos econômicos, culturais e sociais. Isto torna a valoração do meio ambiente um exercício difícil.

Bossel (1999) e Tayra e Ribeiro (2006) argumentam que este tipo de sistema de indicadores possui algumas deficiências tais como a falta de estrutura teórica conceitual que consiga refletir a operacionalidade e viabilidade da totalidade do sistema, e o fato das escolhas refletirem as especificidades e a área de interesse de seus autores. Por fim, avaliam que, como

²⁷A Recursividade organizacional, a qual sustenta a idéia de causa-efeito-causa, é um dos princípios reitores que comandam a noção de complexidade de Edgar Morin (MORIN, 2000b). Este princípio se associa a outros, como a dialógica (entende os fenômenos como simultaneamente concorrentes, antagônicos e complementares) e o hologramático (concebe o todo a partir da concepção das partes, e as partes a partir do todo) (ALMEIDA, 1997).

²⁸ O texto em língua estrangeira é: “Multiple pressures and impacts are not considered. The real, usually non linear relationships between the different components of a chain cannot be accounted for.”

consequência, tendem a ser densos em algumas áreas (múltiplos indicadores para uma mesma preocupação) e esparsos ou mesmo vazios em outras áreas também importantes.

Porém, há de se mencionar que tais críticas são mais aplicáveis à forma de apropriação de um modelo, do que aos modelos em si. A matriz *PEIR* é cíclica, e deve ser entendida como avaliação de um todo. Tais características do modelo *PEIR*, se inseridas em uma contextualização do todo e da sustentação das partes frente ao todo, se aproximam dos princípios da noção de complexidade, apresentada por Morin (2000a).

Ariza e Neto (2010, p. 136), julgam ser “importante salientar que a matriz, como um conjunto de indicadores, é uma forma de organizar o trabalho de avaliação do ambiente local, não pretende ser a cópia fiel das interações entre o meio natural e o urbano, o que é impossível captar na totalidade.”

Magalhães Júnior (2011) indica que, em relação ao modelo *PEIR*, devido a inevitáveis riscos de um indicador inserir-se em mais de uma categoria, dependendo do ponto de vista considerado, a estrutura pode ser utilizada mais como metodologia de análise que uma categorização rígida a partir de seus elementos. Bossel (1999) exemplifica ao indicar que, os impactos podem constituir pressões em um determinado ciclo, e em outro podem ser estados, e vice-versa.

Segundo Segnestam (2002), no modelo *PEIR*, os indicadores de impacto podem ser incluídos na categoria de indicadores de estado, por exemplo, o que pode, por vezes, dar menos orientação quando da tomada de decisão. Já Bellen (2007) menciona que, ao adotar esta divisão entre o “estado” e o “impacto”, o modelo pode não estar de acordo com um dos critérios principais que seria o de simplificar ao máximo os indicadores para a sua comunicação aos tomadores de decisão.

Meadows (1998) alerta que, apesar de importantes, os indicadores são perigosos visto que estão no centro do processo de tomada de decisão. Para a autora a ação é tomada dependendo da discrepância entre o estado pretendido (objetivo) e o estado percebido. O estado percebido é o indicador - este não pode ser exato, mas pode medir proximamente. Porém, pode também ser acidentalmente ou deliberadamente tendencioso. Por fim, se um indicador for escolhido erroneamente, as decisões nele baseada não serão efetivas. Neste caso, os indicadores enganosos causarão sobre ou sub-reações. As respostas identificadas frente aos indicadores de pressão e de impacto, irão, por certo, tornarem-se “causas” novamente, compreendendo a idéia de recursividade.

A matriz *PEIR* é um modelo de organização de informações, no qual um ciclo depende da aplicação de distintos indicadores classificados segundo seus componentes de

maneira concatenada. Sendo assim, este processo envolve a seleção, classificação e mensuração dos mesmos. Uma característica, e diferencial, deste modelo é a possibilidade de se trabalhar com indicadores de diferentes perfis.

A integração de indicadores sociais e ambientais, além do resultado de sua análise, tornam-se medidas promissoras para uma efetiva interpretação da realidade, ao rever processos interativos que envolvem natureza e sociedade (CONCEIÇÃO, 2008). Logicamente, a integração destes depende da correta seleção e mensuração de cada indicador, isoladamente.

No processo de estabelecimento de indicadores devem-se levar em consideração alguns aspectos tais como a relevância política do mesmo, a sua mensurabilidade, consistência analítica, facilidade de compreensão, transparência, confiabilidade (credibilidade técnico-científica), transversalidade, universalidade, cobertura, periodicidade, desagregabilidade, e disponibilidade de dados (JANUZZI, 2001; PNUMA, 2004).

Segundo São Paulo (2004, p. 4), os indicadores “devem ser objetivos, confiáveis e mensuráveis, sendo desejável que seus componentes sejam continuamente coletados, por suas respectivas instituições geradoras e, ainda, regularmente disponibilizados.”

Tais aspectos podem e devem facilitar a comunicação destes. No entanto:

Não existe indicador passível de crítica. Todos os indicadores podem ser questionados em relação aos argumentos axiomáticos usados, à incerteza dos processos de medição e aos propósitos da aplicação. Esta limitação, entretanto, nem de longe deve servir de impedimento ao desenvolvimento de novos e inovadores processos de informação sobre as complexas relações entre a sociedade e o ambiente que a abriga. Ao contrário, deve servir de estímulo à crítica reflexiva e ao processo de recriação dos vínculos fundamentais do homem ao meio. (BOLLMANN, 2009, p. 18).

Meadows (1998) alega ser tentador adiar os resultados a espera de mais pensamentos, modelagens e acordos sobre o assunto, ou seja, a espera da perfeição. A autora julga ser importante o uso de indicadores preliminares, buscando se fazer o melhor com eles no momento, e, assim enquanto se avalia e faz correções há um processo de aprendizado.

No entanto, deve-se atentar “que os indicadores não garantem resultado, mas os resultados são impossíveis sem indicadores adequados. Indicadores adequados, neles mesmos, podem produzir resultados”²⁹ (MEADOWS, 1998, p. 93, tradução nossa). Fiori, Orth e Rossetto (2007, p. 12) reforçam:

²⁹ O texto em língua estrangeira é: “Indicators don’t guarantee results. But results are impossible without proper indicators. And proper indicators, in themselves, can produce results.”

A escolha de indicadores é um processo contínuo, onde a discussão deve ser constante. Com o advento do uso sistemático de indicadores, medidas corretivas para eventuais imperfeições na proposição e na eleição de indicadores, podem ser fundamentadas na interpretação dos desvios negativos obtidos através deste tipo de avaliação.

Segundo Batata (2004), a confiabilidade de um indicador está vinculada à confiabilidade dos dados que lhe serviram de suporte e aos critérios que foram utilizados em sua elaboração. Neste sentido, os critérios empregados para a seleção de indicadores variam conforme os objetivos pretendidos, como a construção de cenários ambientais, e a qualidade dos dados vinculados. A mensuração de um indicador envolve, por exemplo, a quantificação de dados. Porém, isto dependerá da sua forma de medição, unidade de medida e recorte de aplicação.

A partir desta visão, deve-se atentar às dificuldades no contexto brasileiro com relação à existência, disponibilidade e confiabilidade dos dados, necessários à construção de indicadores e efetiva visualização dos fenômenos avaliados. Ou seja, a aplicação de um indicador pode ser impedida pela inexistência do dado. Quando existente, o mesmo nem sempre está disponível, e, quando disponível, nem sempre é confiável (TAYRA e RIBEIRO, 2006).

Nesse contexto, deve-se salientar que, conforme exposto por São Paulo (2004), embora a concepção do modelo GEO Cidades tenha como pressuposto o uso primordial de dados secundários, a não obtenção ou ausência de algumas informações consideradas essenciais (ou mesmo a presença não qualificada ou insuficiente de outras) pode e deve exigir a necessidade de aquisição, tratamento e produção de alguns dados primários.

As dificuldades mais expressivas na aquisição de dados se relacionam ainda com a temporalidade dos dados. As séries temporais são recentes, e seus intervalos ainda grandes. Os dados demográficos advindos do censo, por exemplo, constituem informações confiáveis, porém limitadas pelo intervalo de dez anos para o seu levantamento, o que é uma faixa viável dada a coleta por todo o território nacional.

Atenta-se ainda ao fato de que alguns dados podem ser disponibilizados temporalmente, mas não para o recorte espacial pretendido. É comum a existência de dados relativos a séries temporais para unidades territoriais (políticas e administrativas) mais extensas (GUIMARÃES, 2008). No entanto, Besserman (2008) indica que as técnicas atuais permitem organizar informações, como às relativas aos últimos censos, em unidades territoriais menores.

Em contrapartida aos dados quantitativos, observa-se uma lacuna quanto ao levantamento de dados qualitativos diretamente relacionados às análises ambientais. A periodicidade dos dados é prejudicada pelas dificuldades metodológicas e o custo de seu levantamento. Isto é latente em órgãos vinculados às prefeituras municipais, que, muitas vezes, não possuem recursos tecnológicos e humanos para o levantamento de dados de forma padronizada (COSTA e CONCEIÇÃO, 2012).

Segundo Besserman (2008), o IBGE acrescentou, em 2002, um suplemento de informações ambientais ao levantamento básico relacionado aos municípios brasileiros, constituindo uma promissora linha de investigação. Esta iniciativa coincide com o início da publicação, pelo próprio IBGE, de documentos que sistematizam os “Indicadores de Desenvolvimento Sustentável” no Brasil, contemplando as dimensões ambiental, social, econômica, e institucional (IBGE, 2012).

No entanto, apesar desta iniciativa, Besserman (2008, p. 95) avalia que “no Brasil, que se destaca pela qualidade de sua produção estatística, a produção de dados que informem sobre a saúde de ecossistemas locais é um deserto.”

Sobre tal situação, em âmbito nacional, têm-se que:

Atualmente, existe uma lacuna na produção de informações de natureza ambiental, apesar dos esforços do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE de assegurar a consolidação das informações de natureza estatística - no âmbito social, econômico e demográfico - e de natureza geográfica, geodésica, cartográfica e territorial nas esferas federal, estadual e municipal. Sendo assim, considera-se importante que o MMA e entidades vinculadas estabeleçam um conjunto de indicadores que permita o acompanhamento do estado do meio ambiente e, dessa forma, avaliar as políticas ambientais promovendo a eficácia do processo de gestão ambiental (BRASIL, 2011b).

Um dos eixos estruturantes de atuação do SINIMA, vinculado ao MMA, corresponde ao fortalecimento do processo de produção, sistematização e análise de estatísticas e indicadores relacionados com as atribuições do MMA. Neste sentido, criou-se um Grupo de Trabalho sobre indicadores, cujo objetivo “é facilitar as atividades transversais relacionadas às diferentes dimensões metodológicas da informação ambiental e fortalecer as estratégias de obtenção, tratamento estatístico e geração de produtos voltados para as diferentes demandas de informações a sociedade.” (BRASIL, 2011b, p. 5).

No âmbito do Comitê Gestor do SINIMA atua o Sub-Comitê de Estatísticas e Indicadores Ambientais, “enquanto espaço de interação e definição de conceitos, padrões e metodologias que promovam a produção, sistematização, disseminação e análise de estatísticas e indicadores ambientais úteis ao SISNAMA.” (BRASIL, 2011b, p. 7).

O avanço na utilização de indicadores para avaliação do estado do meio ambiente, com ênfase para a organização em sistemas de indicadores, como o *PEIR*, pode ser percebido a partir da adoção destes instrumentos por órgãos governamentais em estudos locais, contribuindo não somente à discussão e disseminação de indicadores ambientais como à disponibilização de dados aplicados no âmbito de seus territórios.

No Brasil, ainda que o IBAMA e o MMA tenham disseminado o Projeto GEO e matriz *PEIR*, muitos órgãos vem adotando o modelo PER para a geração de estudos e levantamento de indicadores no âmbito de seus territórios, em nível estadual e local. O município do Rio de Janeiro, por exemplo, por meio de sua secretaria de meio ambiente e do reconhecido Instituto Pereira Passos (IPP), promoveu em 2005 a elaboração de um relatório contemplando os indicadores ambientais para a cidade, frente ao modelo PER. A publicação (IPP, 2005) tem como característica a efetiva aplicação dos indicadores e o alto nível de organização dos dados e referenciais.

O INEA organizou, a partir de um esforço gerado desde a sua criação, a sua publicação de indicadores ambientais referentes ao Estado do Rio de Janeiro, também com adoção do modelo PER (RIO DE JANEIRO, 2011a). Apesar da grande diversidade de temas refletindo a dinâmica do território fluminense, a publicação não chega a definir com exatidão os indicadores e suas características (por vezes busca-se entender o que é indicador e o que é índice, dentre as aplicações), o que acaba por não gerar contribuição à carta de indicadores universalmente aceita. Ainda assim, a iniciativa é de extrema relevância devido ao fato de que muitos municípios do estado carecem de informações básicas, mesmo que em escala regional.

O modelo *PEIR* se fez presente, principalmente, a partir da publicação dos Informes GEO Rio de Janeiro (CRESPO e LA ROVERE, 2002), GEO Manaus (VELOSO, 2002), GEO Goiás (GALINKIN, 2003), GEO São Paulo (SÃO PAULO, 2004), GEO Beberibe (BARROSO, 2010), GEO Piranhas (LINS, 2010), GEO Ponta Porã (OLIVEIRA, 2010), e GEO Marabá (RAIOL, 2010).

Os primeiros Informes (Rio de Janeiro e Manaus) apresentam publicações semelhantes quanto ao uso da matriz *PEIR*. Tais publicações se organizam a partir da identificação dos denominados vetores³⁰ de pressão e seus problemas relacionados, sugerindo múltiplas causas e efeitos, mas sem necessariamente propor ciclos específicos, assim como exemplificado por Bossel (1999).

³⁰ Segundo Bellen (2007, p. 46) pode-se denominar como vetor “um número de indicadores apresentado simultaneamente, mas não agregado, para dar um retrato das condições ambientais.”

O GEO Rio de Janeiro buscou realizar um diagnóstico do território da cidade, apresentando uma carta de indicadores *PEIR* contendo diversas associações entre os mesmos. Neste relatório foram identificados como principais vetores de pressão: déficit de habitação; uso e ocupação do solo em áreas ambientalmente frágeis; déficit crescente de infraestrutura sanitária; sistema de transporte urbano deficiente; localização inadequada de atividades impactantes. Dentre os problemas ambientais, destacam-se: degradação de ecossistemas; poluição da água de abastecimento e corpos receptores; áreas vulneráveis a desastres naturais e provocados por ação antrópica, originando as denominadas áreas de risco de inundação, deslizamento de encostas; poluição do ar; contaminação dos recursos naturais por resíduos sólidos. A proposição de políticas e recomendações para o ambiente urbano do Rio de Janeiro pautou-se conforme as estratégias e diretrizes propugnadas pela Agenda 21 Brasileira (CRESPO e LA ROVERE, 2002).

Em Manaus citam-se como principais vetores de pressão: intenso crescimento da população urbana; avanço descontrolado das fronteiras urbanizadas; ocupação irregular das áreas de preservação ambiental; déficit crescente da infraestrutura sanitária. Dentre os problemas ambientais figuram: a redução da cobertura vegetal; perda da biodiversidade, ampliação de áreas vulneráveis; e poluição dos corpos hídricos. As recomendações apresentadas correspondem a propostas contidas na Agenda 21 Brasileira e Plano Diretor Urbano de Manaus. No entanto, o documento disponibilizado para Manaus não apresentou sua carta de indicadores anexada (VELLOSO, 2002).

O GEO de Goiás apresenta um diagnóstico geral do estado do meio ambiente no Estado, sem necessariamente organizar uma carta de indicadores *PEIR*. No entanto, as associações frente ao modelo ocorrem a partir da avaliação de tendências atuais segundo temas diversos, na qual cada pressão (re)conhecida pode gerar distintos impactos (denominada matriz Pressão-Impacto). Percebe-se também outro modo de associação nas recomendações do relatório, onde os impactos, agrupados por temas, são associados a distintas respostas, dentre programas e legislações pertinentes (denominada Matriz Impacto-Resposta). Os temas abordados foram atmosfera, recursos hídricos, águas subterrâneas, florestas, biodiversidade, recursos marinhos, pesca, solos, subsolo, qualidade de vida, saúde e desastres (GALINKIN, 2003).

O GEO São Paulo consiste em uma experiência interessante quanto ao uso de indicadores, ao introduzir a sua classificação em fundamentais e transversais, além da aplicação de dados primários e secundários na mensuração destes. Sua carta de indicadores *PEIR*, organizada sem associações específicas entre seus componentes, representa situações

referentes aos temas (problemas ambientais): poluição do ar; alterações microclimáticas; disponibilidade e qualidade da água; coleta de esgotos; erosão e assoreamento; enchentes e inundações; escorregamentos; resíduos e áreas contaminadas; perda de biodiversidade; arborização urbana; dentre outros. O documento se caracteriza ainda por demonstrar o potencial de desagregabilidade dos indicadores (aplicação de dados em diferentes níveis administrativos, tais como distritos). A sua carta traz ainda informações precisas quanto aos parâmetros (unidades de medida) a serem utilizados na mensuração dos indicadores (SÃO PAULO, 2004).

Os relatórios GEO Beberibe, GEO Piranhas, GEO Marabá e GEO Ponta Porã se caracterizam por apresentarem um diagnóstico geral do estado do meio ambiente a partir das pressões, estado, impactos e respostas estabelecidos frente aos seus problemas ambientais. Tais diagnósticos contribuíram à elaboração de planos municipais, a exemplo dos planos diretores, em um processo participativo (BARROSO, 2010; LINS, 2010; OLIVEIRA, 2010; RAIOL, 2010). Neste sentido, fica clara a possibilidade de utilização do modelo em contribuição ao direcionamento de políticas.

Dentre estes relatórios pode-se destacar o GEO Piranhas, o qual avança na estruturação, aplicação e síntese de indicadores, além de apresentar uma sistematização das discussões, redundando em ciclos específicos, parcialmente aplicados, representativos de associações estruturadas com base no modelo *PEIR*, frente aos temas ambientais de ar, água (segurança hídrica), solo, biodiversidade, ambiente construído e sítio tombado (LINS, 2010). Por sua vez, o GEO Marabá assemelha-se ao GEO Piranhas por apresentar uma síntese dos indicadores, sem, no entanto, criar vínculos explícitos entre os mesmos (RAIOL, 2010).

Já o GEO Ponta Porã estabelece, como diferencial no uso do modelo *PEIR*, a composição de resumos dos quadros associados às pressões, estado, impactos e respostas para cada tema geral levantado no relatório - água, biodiversidade, ar, ambiente construído, e solos (OLIVEIRA, 2010).

Algumas experiências de utilização do modelo *PEIR*, no âmbito acadêmico-científico, também podem ser mencionadas, a exemplo dos trabalhos de Conceição (2006; 2008), Santos (2007), Chagas (2009) e Ariza (2010).

Conceição (2006) adequou a utilização do modelo *PEIR* para o nível de bairro, gerando um ciclo aplicado contendo indicadores mensurados quantitativamente, a exemplo da densidade populacional e da renda média, vinculados à evolução da ocupação urbana em áreas valorizadas (pressão), e dos percentuais de uso urbano e de cobertura vegetal (estado); e a partir de reflexões teóricas, pautadas na saturação do espaço urbano e deterioração do meio

ambiente construído (impacto). Tais indicadores foram sugeridos a partir de análise do documento referente ao GEO Rio de Janeiro (CRESPO e LA ROVERE, 2002). Neste trabalho foram reconhecidas as dificuldades de levantamento de dados em escala local (intra-bairro) durante a adaptação dos indicadores para a aplicação neste recorte. No entanto, a agregação de dados e informações em nível de setores censitários³¹ (vinculados ao banco de dados demográfico do IBGE) e a consulta ao banco de dados municipal do Rio de Janeiro (contemplando informações desagregadas) possibilitaram a visualização da distribuição espacial das pressões, estado e, até mesmo, das respostas, avaliados para o bairro.

Já em 2008, o autor supracitado avaliou a possibilidade de comparação de realidades territoriais distintas, considerando as denominadas Áreas de Planejamento da cidade do Rio de Janeiro, a partir da aplicação de ciclos *PEIR* contendo vetores comuns e diferenciados para cada componente do modelo (pressão, estado, impacto e resposta). Ao fim, constatou-se a necessidade de aplicação de indicadores diferenciados, principalmente de impacto e resposta, devido à grande disparidade relacionada aos contextos histórico e territorial vivenciados em cada Área de Planejamento avaliada, o que denota a pertinência do modelo *PEIR* no âmbito do planejamento e direcionamento de ações frente às situações críticas específicas de cada localidade. Neste caso, os indicadores de impacto e resposta foram levantados de acordo com as características de cada porção, ainda que os vetores de pressão fossem os mesmos (evolução da ocupação urbana). O estado envolveu o monitoramento do uso do solo para ambas as áreas, reforçando a importância do levantamento de mapeamentos de uso do solo para ciclos de avaliação baseados no uso e ocupação territorial (CONCEIÇÃO, 2008).

Santos (2007) também propôs a elaboração de uma matriz de indicadores ambientais urbanos, tendo como recorte espacial de aplicação a área urbana do município de Nossa Senhora das Dores (SE), compondo assim, segundo o autor, um instrumento de avaliação contínua do estado do meio ambiente em cidades de pequeno porte. Como base para a seleção de indicadores o autor pautou-se na análise de trabalhos que se utilizaram do modelo *PEIR*, a exemplo do GEO São Paulo (SÃO PAULO, 2004), observando a necessidade de seleção de indicadores frente à realidade do município avaliado, ou seja, em processo de urbanização. Por fim, foram aplicados conjuntos de indicadores relacionados a cada componente do modelo em pauta, expressos quantitativamente (de maneira geral, e sem diferenciações espaciais) ou sob a forma de conjecturas ou reflexões teóricas.

³¹ IBGE (2011a, p. 3) define setor censitário como “a menor unidade territorial, formada por área contínua, integralmente contida em área urbana ou rural, com dimensão adequada à operação de pesquisas” relacionadas ao censo demográfico.

No rol de experiências no que se refere à adaptação e aplicação da metodologia *PEIR* em novos recortes territoriais emerge o trabalho de Chagas (2009), o qual objetivou subsidiar o processo de planejamento de uma UC urbana, a denominada Área de Proteção Ambiental (APA) Morro do Urubu, localizada em Aracaju-SE, por meio da seleção de indicadores de qualidade ambiental. Este processo envolveu o estudo e caracterização da paisagem, enquanto síntese dos aspectos físicos e sociais, redundando na identificação de distintos cenários ambientais em unidades de paisagem da referida UC. Os indicadores de pressão, estado, impacto e resposta selecionados e não aplicados, representativos destes cenários, foram então considerados como parâmetros de qualidade ambiental na área protegida, sendo sistematizados frente às funções ecológicas, sociais e econômicas da APA.

Ariza (2010) também abordou a questão da qualidade ambiental em área urbana (tendo como recorte a cidade de Águas Lindas de Goiás), no entanto com foco na gestão de recursos hídricos. Assim como Santos (2007) o trabalho também teve como principal referência o GEO São Paulo (SÃO PAULO, 2004) no que se refere à escolha de indicadores ambientais, tendo sido os mesmos adaptados de acordo, por exemplo, com a disponibilidade de dados. Neste caso, os indicadores selecionados de estado e impacto se caracterizaram pelo forte relacionamento com temas associados aos recursos hídricos, a exemplo da disponibilidade e qualidade da água. Devido ao leque de indicadores diversos, as unidades de medição adotadas foram igualmente diversas, observando dados e informações de natureza quantitativa e vinculados espacialmente à área total do município ou aos seus distintos substratos territoriais, de maneira pontual ou areal.

2.3 Indicadores e avaliação de APPs

Dada a importância das APPs para o meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem comum a todos previsto pela Constituição Federal, urge a necessidade de avaliação destas no meio urbano, no qual figuram processos conflitantes entre a preservação e a ocupação do solo. A avaliação neste caso envolve a realização de diagnósticos para a tomada de decisão: direcionar o planejamento corretivo/preventivo e/ou realizar intervenções nas áreas preservadas, com possibilidade de recuperação, ou mesmo degradadas.

No entanto, é importante que estas faixas sejam avaliadas no âmbito de um recorte físico, como o de bacia / sub-bacia hidrográfica, onde os processos, físicos e humanos, interagem uns sobre os outros.

É possível que na elaboração de um estudo haja a liberdade de se propor a incorporação, e inclusive a criação ou adaptação, de indicadores que reflitam de maneira mais apropriada as características do ecossistema local, de forma a preservar suas especificidades (PNUMA, 2004; CONCEIÇÃO, 2008). São muitos os processos desencadeados em faixas de APP, ou mesmo transversais a estas, e os indicadores devem representar estas questões de maneira integrada e local.

Muito se discute sobre a questão política das APPs e isso se reflete nos trabalhos sobre o tema. Há uma grande disponibilidade ainda de estudos baseados na delimitação destas faixas, compreendendo questões técnicas, ou voltados à identificação de não-conformidades. Porém, é necessária a incorporação de diagnósticos mais profundos, com a implementação de instrumentos relativos à avaliação ambiental.

Neste sentido, o tema pode ser explorado sob a perspectiva de agregação/proposição de indicadores ambientais para avaliação destas faixas, enquanto recurso metodológico. O estabelecimento de indicadores depende de discussões, experiências e aprimoramento.

No que se refere ao tratamento de APPs, grande contribuição para a discussão da temática vem ocorrendo no âmbito da organização de seminários nacionais sobre APPs em meio urbano, com edições em 2007 e 2012. A estruturação de eixos temáticos nestes eventos possibilita a ampliação das discussões frente a complexidade de seu tratamento, bem como emerge como potencial para a proposição de metodologias quanto à avaliação destas faixas.

O evento realizado em 2007 teve por objetivo a promoção de um debate científico sobre os limites entre urbanização e preservação ambiental, especialmente nos casos de APPs em assentamentos urbanos (SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE O TRATAMENTO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE EM MEIO URBANO E RESTRIÇÕES AMBIENTAIS AO PARCELAMENTO DO SOLO, 2007).

Associados a este evento foram identificados alguns trabalhos integrando a avaliação, direta ou indireta, de APPs em meio urbano ao uso de indicadores. Dentre estes, Pequeno e Moreira (2007), por exemplo, objetivaram a discussão do processo de expansão da favelização sobre as APPs urbanas na Região Metropolitana de Fortaleza, a partir da identificação de suas respectivas variáveis e construção de indicadores representativos das pressões e dos impactos (a exemplo de favelização, densidade demográfica, infraestrutura das construções, tipologias sócio-espaciais, vulnerabilidade social, áreas de risco, etc.). Neste

sentido, a pesquisa em tela versa sobre a vulnerabilidade social e os riscos associados à ocupação destas faixas, buscando subsidiar a discussão acerca da indicação de áreas de risco como prioritárias para intervenção.

Já Schlee (2007, p. 1) objetivou a análise do processo de transformação da paisagem na bacia do rio Carioca e a avaliação de seus efeitos na qualidade ambiental urbana local, considerando questões relacionadas ao modelo urbanístico de ocupação em sub-bacias “com vistas a promover a regeneração ambiental e paisagística ao longo dos corpos d’água nesta interface espacial.” Segundo a referida autora, as encostas, as quais concentram categorias de APP tais como as de declividade acentuada e de margem de rios, “são áreas que desenvolvem funções geo-hidro-ecológicas fundamentais para a manutenção do suporte físico ambiental”, e a sua ocupação pode alterar toda esta dinâmica. Sendo assim, a autora buscou avaliar indicadores ilustrativos destas alterações, podendo ser citados: a “qualidade da água”, o “uso do solo e cobertura vegetal”, a “dinâmica populacional”, e a “faixa de fronteira entre a floresta e a malha urbana.” SCHLEE (2007, p. 2). A partir da aplicação destes e configuração de um diagnóstico socioambiental, redundando no mapeamento de fragmentos paisagísticos e de padrões ambientais, a autora (op. cit., p. 7) defende que “quanto maior a transformação na paisagem, conforme os padrões de urbanização existente, mais intensos e negativos os efeitos na qualidade ambiental local.” Neste sentido, pode-se dizer que, o estado do meio ambiente (considerando que a maioria dos indicadores utilizados pela autora se vincula a este componente do *PEIR*) é, em potencial, um indicativo da configuração, ou não, original de uma APP (sua legitimidade); e os impactos indicam a descaracterização com relação à manutenção de suas funções, dentre elas a de segurança do bem-estar das populações humanas, por exemplo.

Cesar e Medeiros (2007) contribuem ao tema, em uma visão paisagística, ao avaliarem indicadores do processo de impacto das atividades antrópicas sobre a biodiversidade. Os autores objetivaram a análise da paisagem natural na orla do Lago Paranoá (DF), avaliando o processo de ocupação urbana e degradação dos recursos naturais (principalmente no que se refere à fragmentação de ecossistemas). Os indicadores selecionados referem-se, basicamente, ao estado da vegetação, estado do solo e à acessibilidade ou barreiras aos ciclos de vida (dispersão de espécies e troca gênica), sendo os mesmos decompostos em variáveis e pontuados conforme o grau de degradação que causam à paisagem. Neste sentido, o trabalho abarca a utilização, mais explícita, daquilo que Magalhães Júnior (2011) entende como padrões para referenciar a interpretação dos indicadores.

Por fim, o trabalho de Fiori, Orth e Rosetto (2007) ressalta a importância da utilização de indicadores para a compreensão do ambiente urbano, em cada realidade. A pesquisa em tela objetivou a avaliação de indicadores de abrangência e qualidade da infraestrutura urbana, propostos pelo denominado Sistema Integrado de Gestão do Ambiente Urbano, para o município de Passo Fundo (RS). O referido sistema baseia-se no princípio de causa-efeito e se utiliza do modelo PER para sistematização das informações. Dentre os indicadores selecionados destacam-se o grau de impermeabilização e o número de áreas alagáveis. Os indicadores foram avaliados, a partir de pontuação em processo participativo, segundo os critérios de relevância, disponibilidade da informação e de clareza na comunicação, tendo os resultados expressado a necessidade, em alguns casos, de adaptação ou de eliminação de indicadores. Os autores atentam para a necessidade de definição de termos técnicos (conceitos e unidades de medição, por exemplo) e das fontes geradoras de informação, entre outros aspectos, para melhor compreensão dos indicadores. O trabalho ainda demonstrou a possibilidade de utilização de indicadores de pressão em comum, a exemplo da taxa de urbanização, para diferentes conjuntos (ciclos) temáticos.

Em 2012, a segunda edição do evento científico sobre APPs em meio urbano, pautado em abordagens, conflitos e perspectivas nas cidades brasileiras, representou “uma oportunidade de avançar na compreensão das especificidades da APPs no meio urbano e na estratégia de seu planejamento e gestão, considerando os temas de modo localizado, gestão, impactos e formas de mediação, comunidade e participação social.” (SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE EM MEIO URBANO, 2012, p. 12).

Dentre os trabalhos apresentados neste evento cita-se o trabalho de Costa, Silva e Filgueira (2012). Objetivando contribuir à gestão de riscos e de áreas ambientalmente frágeis, como as APPs, no Município de Pendências (RN), os autores levantaram indicadores voltados à identificação e redução de riscos, ao manejo de desastres e à governabilidade e proteção financeira. Tais indicadores foram avaliados segundo um processo de análise hierárquica, envolvendo os gestores, com o intuito de serem definidas ações prioritárias. Neste sentido, não foram discutidos e nem aplicados indicadores integrados de avaliação ambiental, mas sim indicadores de gestão, com perfil voltado às respostas. Dentre tais indicadores destacam-se a implementação de técnicas de proteção e controle de inundação, o melhoramento de moradia e relocação de assentamentos, a integração do risco na definição de usos do solo e no planejamento urbano e a intervenção de bacias hidrográficas. A consideração de tais indicadores, ainda que revestidos sob a forma de indicadores mais amplos, mensurados a

partir de análise de planos diretores urbanos e planos de bacias hidrográficas, pode contribuir à análise da efetividade das respostas frente aos impactos representativos da associação entre áreas de risco e APPs, por exemplo, em um ciclo *PEIR* integrado.

Considerando o estado da arte com relação a produção científica sobre APPs, em geral, destaca-se ainda o trabalho de Rovedder (2007), com um perfil diferenciado do acima exposto, ao integrar a técnica para delimitação e caracterização de faixas protegidas com base na proposição de indicadores, que, mesmo sem a pretensão de uma avaliação integrada (buscando associações causais), instiga algum tipo de raciocínio sobre o conceito, relevância e cálculo de indicadores voltados a avaliação “na” e “para” a faixa de APP (dentre outros tipos de áreas protegidas avaliadas no trabalho).

O recorte espacial de Rovedder (op. cit.) configura o município de Torres (RS), sendo a sua aplicação, envolvendo a identificação de utilização e exploração de recursos, incidente sobre as APPs e UC associadas ao território municipal. Desta forma os indicadores expressaram o tipo de recurso, processos predominantes, funções associadas, usos predominantes, tipo de impacto, área de abrangência, número de ocupações clandestinas, e parâmetros da legislação para cada categoria de APP e UC. Por se tratarem de indicadores especialmente voltados para as áreas protegidas, estes podem ser utilizados para avaliação do conjunto de categorias de APP, ou para cada categoria de maneira isolada. Verifica-se no trabalho o levantamento genérico de informações para indicadores como processos e usos predominantes, o que, quando da integração entre indicadores, pode não revelar associações.

Ainda nesta perspectiva pode ser citado o trabalho de Freitas et. al. (2013, p. 444), o qual objetivou a seleção de indicadores “a partir da análise integrada de dados do meio físico de uma bacia hidrográfica com a finalidade de gerar informações para priorizar a recuperação das áreas de preservação permanente.” Apesar de não introduzirem a utilização de sistemas de indicadores, os autores recomendam a avaliação conjunta dos indicadores selecionados e aplicados para a gestão ambiental de APPs em uma bacia hidrográfica.

A aplicação do trabalho supramencionado ocorreu na bacia do rio Jundiá-Mirim (SP). Os autores avaliam que o estudo das condições ambientais da bacia permitiu a geração de informações necessárias à seleção dos indicadores: “Uso e ocupação na APP”; “Proximidade da APP à vegetação nativa”; “Proximidade da APP às áreas urbanas”; “Proximidade da APP à malha viária”; “Risco de erosão em APP”; “Capacidade de sustentação da vegetação na APP”; “Classificação da APP segundo sua hierarquia fluvial”; e, por fim, “Categoria de APP” (FREITAS et. al., 2013).

Já Soares, Lins e Cândido (2009, p. 6) propõem um diagnóstico ambiental de APPs localizadas no estuário do rio Ceará-Mirim (RN), utilizando para tal o sistema de indicadores PER. Os autores ressaltam que o trabalho não objetivou a criação de um índice valorativo que representasse o estado de degradação/preservação ambiental do estuário analisado e suas APPs, mas sim, por meio de uma abordagem descritiva/qualitativa, “levantar os prováveis impactos ambientais ocorrentes na área de estudo, suas causas, conseqüências e medidas que devem ser tomadas para mitigar ou acabar seus efeitos negativos sobre o ambiente estuarino.”

Os indicadores de pressão selecionados correspondem às principais atividades econômicas desenvolvidas no estuário, responsáveis pela pressão exercida sobre os ecossistemas e APPs existentes na área de estudo. Já os indicadores de estado levantados correspondem, segundo os autores, aos impactos ambientais causados pelas atividades econômicas e formas de ocupação humana da área, como conseqüências dos indicadores de pressão. Neste caso, pode-se demonstrar o nível de generalização imposto pelo modelo PER no que se refere às condições do meio ambiente (estado) e suas conseqüências (impactos). Os indicadores de resposta escolhidos configuraram medidas necessárias para reverter o quadro ambiental de antropização do estuário e suas APPs, e não necessariamente ações efetivamente implementadas pelas autoridades competentes.

A carta apresentada por Soares, Lins e Cândido (2009) generaliza os indicadores de pressão às atividades de carcinicultura, agrícola e ocupação urbana, e as associações de estado e resposta ocorrem com relação a estes três grupos de atividades. Os dados apresentado são, em suma, descritivos.

No que se refere ao tratamento e quantificação dos elementos relacionados às funções ambientais das APPs, algumas discussões gerais, em âmbito científico, podem ser apresentadas, principalmente no que diz respeito à mensuração de dados e informações voltados ao estudo da paisagem, dos recursos hídricos e da biodiversidade.

Segundo Lang e Blaschke (2009, p. 13), “detectamos as paisagens sob forma de arranjos espaciais com determinadas feições.” Os autores consideram ainda que as características estruturais da paisagem podem ser observadas, descritas e quantificadas. Nesta perspectiva, os indicadores de avaliação quanto à preservação da paisagem devem ser variados, abrangendo distintos aspectos humanos e naturais. Assim sendo, e considerando os trabalhos desenvolvidos nesta temática, há um grande potencial na disponibilidade de indicadores para este fim.

Ao se pensar em indicadores para questões mais específicas, a exemplo da preservação dos recursos hídricos ou da biodiversidade podemos nos deparar com situações diferentes. Há

atualmente uma forte tendência de valorização do recurso água enquanto bem a ser monitorado e gerido para a sustentação das atividades humanas e do equilíbrio ecológico. De acordo com Magalhães Júnior (2011) os Índices de Qualidade da Água (IQA) são os indicadores sobre água mais disseminados no mundo. O autor revela ainda que, no Brasil, o levantamento de indicadores demonstra uma priorização de informações voltadas ao aumento da oferta de disponibilidade de água, a partir da expansão do saneamento. Apesar das lacunas informacionais (espaciais, temporais, etc.), é comum se deparar com tentativas de mensuração para questões mais complexas no âmbito de bacias hidrográficas.

Já no que se refere à avaliação da biodiversidade, Segnestam (2002) reconhece uma maior dificuldade em se definir e desenvolver indicadores para tal. Segundo a autora esta dificuldade envolve fatores políticos, conceituais, técnicos e institucionais. Os fatores políticos se relacionam, basicamente, ao baixo interesse no direcionamento de recursos para o monitoramento da biodiversidade, devido ao não reconhecimento de um retorno mais direto à sociedade em geral. Os fatores conceituais envolvem a complexidade e amplitude implícita ao próprio termo (bio-diversidade) tornando igualmente complexa a definição de parâmetros e sua medição. Conseqüentemente, a falta de dados, recursos humanos e instrumentais se relacionam aos fatores técnicos e institucionais.

No presente capítulo foi abordada não só a existência de um rol de possibilidades envolvendo a adoção de indicadores para avaliação do estado do meio ambiente em APPs, considerando, inclusive, suas funções ambientais distintas, como também o desafio da adaptação de um modelo conceitualmente complexo e de difícil viabilização prática, que pode ocorrer por meio de ciclos *PEIR* de indicadores aplicados de maneira integrada e sequencial, devido, em parte, ao fator disponibilidade de dados. Neste sentido, se buscará promover no próximo capítulo a discussão conceitual a respeito de novas tecnologias capazes de auxiliar no levantamento e tratamento de dados espaciais, de suma importância à investigação ambiental.

3 GEOTECNOLOGIAS

Este capítulo busca apresentar, sucintamente, os conceitos relacionados às geotecnologias, enfatizando inicialmente a diferenciação entre tais terminologias. Será conferido um peso maior à apresentação conceitual da ferramenta denominada Sistema de Informação Geográfica (SIG) e suas funcionalidades (desde o levantamento à análise e classificação temática de dados espaciais), a qual, nesta pesquisa, se constituiu base para o desenvolvimento de um perfil aplicado da mesma. Serão apresentados e discutidos ainda trabalhos envolvendo a utilização de geotecnologias frente à temática de APPs, de forma a se apontar caminhos metodológicos e balizar a discussão sobre as técnicas empregadas nesta pesquisa para a avaliação ambiental integrada de APPs.

3.1 Geoprocessamento e investigação ambiental

Atualmente, com o avanço das tecnologias (satélites, computadores, sistemas, etc.), o homem pode representar o mundo real sistematicamente, imprimindo aos produtos o necessário rigor cartográfico e com um nível de complexidade sem precedentes. As chamadas geotecnologias englobam diversas tecnologias para aquisição, tratamento e manipulação de dados geográficos, a exemplo dos Sistemas de Informação Geográfica (SIGs), do Sensoriamento Remoto (SR) e do *Global Positioning System* (GPS) ou Sistema de Posicionamento Global. Podemos vincular a utilização das geotecnologias a um processo denominado geoprocessamento, no que envolve a necessidade de processamento da informação geográfica a partir de dados coletados e tratados por estas tecnologias (CONCEIÇÃO e COSTA, 2011).

Há de ressaltar que, como afirma Xavier-da-Silva (2009) o geoprocessamento não deve ser confundido com tais geotecnologias. Segundo o autor “existem sobreposições entre esses ramos do saber, porém suas finalidades principais diferem.” O SR e o GPS, por exemplo, “estão nítida e profundamente envolvidos com a geração e qualidade dos dados, enquanto o geoprocessamento centra-se na geração da informação ambiental.”

O SR pode ser definido como sendo o processo de captura de informação sobre um objeto, sem que tenha contato direto com o mesmo, ou seja, utilizando sensores remotos (à

distância) que podem ser transportados a bordo de satélites (sensores orbitais) ou a bordo de aviões (câmeras fotográficas) e em sensores terrestres (ROCHA, 2000; FLORENZANO, 2007; CONCEIÇÃO e COSTA, 2011).

Atualmente, uma das formas mais utilizadas para obtenção de dados espaciais em campo consiste no uso de sistemas de posicionamento por satélite. No Brasil o sistema de posicionamento mais utilizado é o GPS, o qual é constituído pelos segmentos espacial (satélites), de controle (estações terrestres), e de usuários (receptores, ou aparelhos de GPS) (ROCHA, 2000; FITZ, 2008a).

Segundo Xavier-da-Silva (2001, p. 2) geoprocessamento corresponde então a “um conjunto de técnicas computacionais que opera sobre bases de dados (que são registros de ocorrências) georreferenciados, para os transformar em informação (que é um acréscimo de conhecimento) relevante.”

Fitz (2008a, p. 24) considera que o geoprocessamento “possibilita a manipulação, a análise, a simulação de modelagens e a visualização de dados georreferenciados”, os quais correspondem àqueles embutidos de localização espacial. Neste caso, os dados (georreferenciados, ou ainda espaciais ou geográficos) estão associados a um sistema de coordenadas, que possibilita, segundo Fitz (2008b), o posicionamento de um ponto em um sistema de referência por meio de valores angulares ou lineares.

Segundo Francisco (2005) os dados espaciais podem ser classificados de acordo com o conjunto de técnicas e métodos empregados no seu levantamento, resultando nos seguintes grupos:

- Plani-altimétricos: determinam a posição do objeto em relação à localização (X, Y) e à altura ou altitude (Z). Os métodos de levantamento podem ser divididos em topográficos, geodésicos, aerofotogramétricos, por posicionamento por satélites, e por imagens de satélites;
- Ambientais: coletam dados qualitativos ou quantitativos de fenômenos, bem como a sua expressão espacial, a partir de uma variedade de métodos que podem ser agrupados em contínuos (especialmente) ou pontuais;
- Cadastrais: definem o número de ocorrências (contagem) e os atributos destas ocorrências, por amostragem ou total do universo, envolvendo métodos de observação ou aplicação de questionários.

De acordo com Rocha (2000, p. 18) “o geoprocessamento procura abstrair o mundo real, transferindo ordenadamente as suas informações para o sistema computacional.” Segundo Fitz (2008a, p. 70) “a passagem dos dados do mundo real para um mundo virtual deverá se dá a partir da utilização de modelos, os quais deverão seguir padrões conceituais vinculados à maneira como o indivíduo concebe o espaço observado.”

Xavier-da-Silva (2001) analisa a contribuição das investigações projetadas com o uso de modelos sistêmicos auxiliadas por geoprocessamento ao progresso da pesquisa ambiental. O autor identifica ainda proposições universalmente aceitas no âmbito dos procedimentos de investigação espacial do meio ambiente relativas à localização, extensão, correlação e evolução dos fenômenos registráveis.

Todo fenômeno é passível de ser localizado, através da criação de um referencial conveniente; todo fenômeno tem sua extensão determinável, a partir de sua inserção no referencial escolhido; todo fenômeno está em constante alteração; todo fenômeno apresenta-se com relacionamentos, não sendo registrável qualquer fenômeno totalmente isolado (XAVIER-DA-SILVA, 2001, p. 17).

Estas proposições subsidiam uma visão sistêmica no tratamento complexo de questões ambientais, com o auxílio de geoprocessamento. Neste sentido, o processamento da informação geográfica, subjugado a estas proposições, atende aos preceitos da matriz *PEIR* com relação à interligação entre os fenômenos inseridos na lógica de encadeamento entre os componentes do modelo (correlação dos fenômenos), bem como sua aplicabilidade em uma realidade territorial (localização e extensão dos fenômenos), e ainda considerando a sua recursividade organizacional (evolução dos fenômenos e novas interpretações).

O geoprocessamento, de maneira simples, é voltado à coleta e ao tratamento de informações espaciais frente a um objetivo específico, com base em algum tipo de raciocínio. Assim sendo, os recursos (ferramentais e humanos), dados espaciais e métodos disponíveis em geoprocessamento devem auxiliar na aplicação de indicadores integrados, em uma medida de diagnóstico.

Segundo Conceição e Costa (2011) os programas computacionais para geoprocessamento podem ter funções específicas ao processamento da informação geográfica, ou mesmo integrar várias funções relacionadas e de suporte. Dentre a específica, há programas voltados exclusivamente ao cruzamento e análise de dados, já outros, integram, além disso, funções voltadas à manipulação e extração de dados a partir das imagens de satélite (produtos do SR), por exemplo. Estes podem ainda se comunicar com o GPS, para a transferência de dados do aparelho ao computador.

Porém, podemos dizer que um tipo de sistema é o mais representativo enquanto ferramenta do geoprocessamento: o chamado Sistema de Informação Geográfica (SIG), e suas derivações conceituais. Ele é o mais representativo pelo fato de agregar em sua estrutura básica, muitas das funções que atendem à extração da informação geográfica e análises associadas.

3.1.1 – Sistema de Informação Geográfica (SIG)

Para Davis e Câmara (2001, p. 1) o termo SIG “é aplicado para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos e recuperam informações não apenas com base em suas características alfanuméricas [como fazem os sistemas convencionais], mas também através de sua localização espacial.” Segundo Miranda (2010), em um SIG o dado espacial é usado para providenciar uma referência para o dado atributo. Assim, conforme indicam Davis e Câmara (op. cit.), a geometria (forma gráfica espacial do dado) e os atributos (alfanuméricos) dos dados em um SIG devem estar georreferenciados.

Segundo Rocha (2000, p. 48), SIG corresponde a:

[...] sistema com capacidade para aquisição, armazenamento, tratamento, integração, processamento, recuperação, transformação, manipulação, modelagem, atualização, análise e exibição de informações digitais georreferenciadas, topologicamente estruturadas, associadas ou não a um banco de dados alfanuméricos.

A estrutura topológica citada pelo autor representa os relacionamentos espaciais entre as suas entidades. As relações topológicas, a exemplo da proximidade e da interseção, correspondem às relações espaciais entre os elementos geográficos, representados por feições geométricas (ROCHA, 2000; FRANCISCO, 2005).

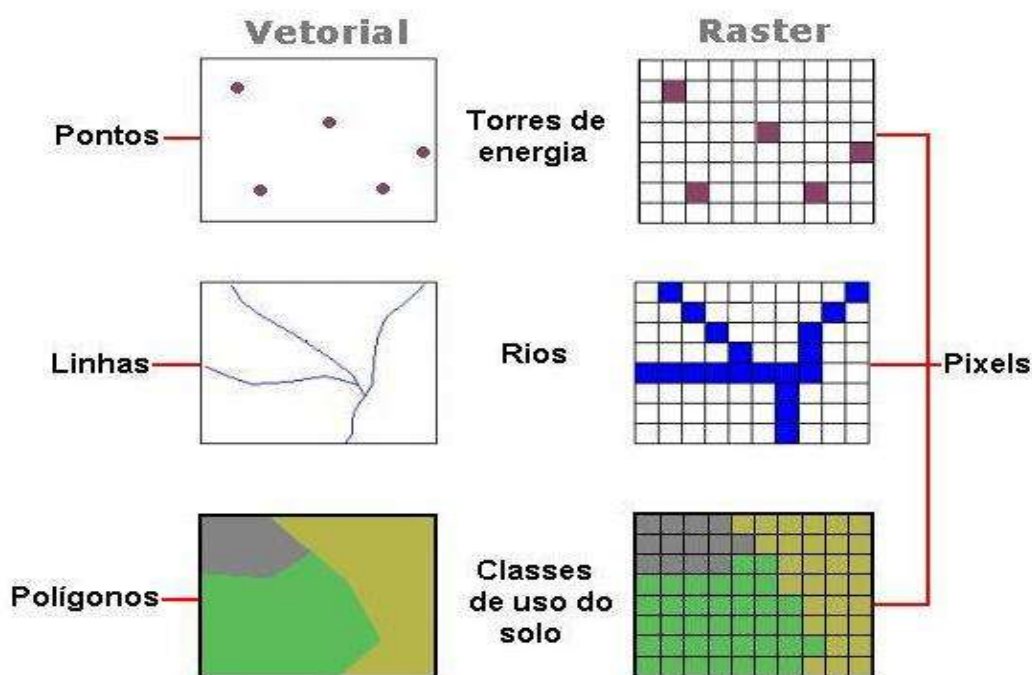
Na prática, os SIGs podem ser utilizados de distintas maneiras: como ferramenta para produção de mapas (sobreposição e/ou representação dos dados); como suporte para análise espacial de fenômenos (cruzamento); e/ou como um banco de dados geográficos, com funções de armazenamento e recuperação de informação espacial (consulta) (DAVIS e CÂMARA, 2001).

Todo SIG possui uma arquitetura com componentes básicos, também identificados como os subsistemas de entrada, gerência dos dados, análise e saída. A entrada compreende as

funções que coletam e pré-processam dados espaciais ou convencionais de várias fontes. A função do subsistema de gerência de dados é organizá-los e permitir a sua recuperação, atualização e edição, com relação à componente gráfica e alfanumérica da base de dados. A análise permite a extração de informação a partir da agregação, desagregação e/ou modelagem dos dados. O subsistema de saída tem por função mostrar toda ou parte da base de dados em forma de mapa, tabela ou gráfico (MIRANDA, 2010).

Em um SIG, os dados geográficos são visualizados em planos de informação, também denominados de camadas. Uma camada pode ser composta por uma ou mais feições geométricas armazenadas e representadas por vértices. Em outros casos, em uma camada as feições podem ser reconhecidas sob a forma de imagem digital, constituída por células ou *pixels*. (FRANCISCO, 2005; CONCEIÇÃO e COSTA, 2011). Sendo assim, os modelos de representação de dados correspondem ao formato vetorial e ao matricial, ou raster (Figura 3).

Figura 3 - Comparação entre representações de diferentes objetos do mundo real por meio de vetores e *pixels*



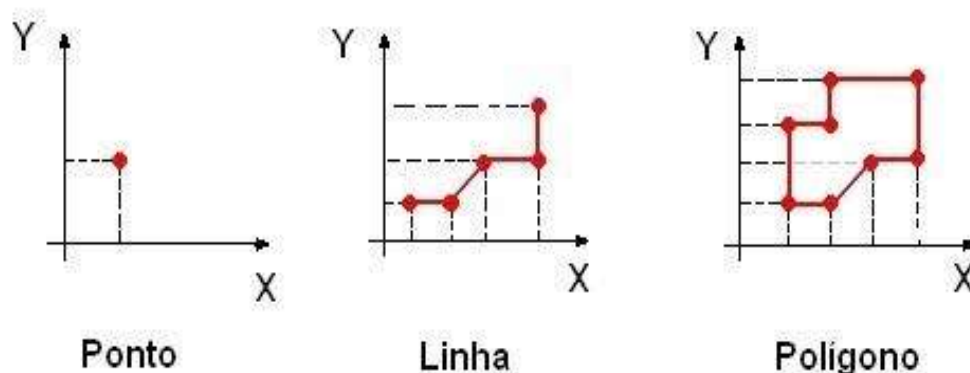
Legenda: Na figura observa-se a representação de objetos espaciais como as torres de energia (por meio de pontos), rios (por meio de linhas), e classes de uso do solo (por meio de polígonos) em ambos os formatos de dados espaciais (1ª coluna: vetorial, sob a forma gráfica; 2ª coluna: matricial, sob a forma de imagem digital).

Fonte: CONCEIÇÃO e COSTA, 2011, f. 217.

O modelo vetorial compreende a representação gráfica de objetos do mundo real por meio de pontos, linhas e polígonos em um mapa, permitindo que todas as posições, comprimentos e dimensões possam ser definidos de maneira exata. Em um SIG estes elementos gráficos são representados por vértices definidos por pares de coordenadas (X, Y) (ROCHA, 2000; MIRANDA, 2010).

Conforme percebe-se na figura 4, os pontos constituem-se de um único vértice, sendo, usualmente, símbolos relacionados a qualquer entidade geográfica impossibilitada de ser representada em sua dimensão (área). As linhas, ou arcos, descrevem segmentos, com, no mínimo, dois vértices conectados, sendo utilizada para representar entidades que tem apenas a dimensão em comprimento, ou como limites de polígonos. Os polígonos compreendem a representação de áreas (limitadas por arcos), sendo construídos por, no mínimo, três vértices conectados (FRANCISCO, 2005).

Figura 4 – Estrutura de dados vetorial: vértices de ponto, linha e polígono



Legenda: Os círculos em vermelho indicam a localização de vértices: na representação de ponto verifica-se apenas um vértice definido por um par de coordenadas para o elemento em questão; na representação linear exemplificada constam 5 (cinco) vértices e consequentemente 5 (cinco) pares de coordenadas associados à feição; e por fim, na representação poligonal constam 8 (oito) vértices e pares de coordenadas associadas à feição.

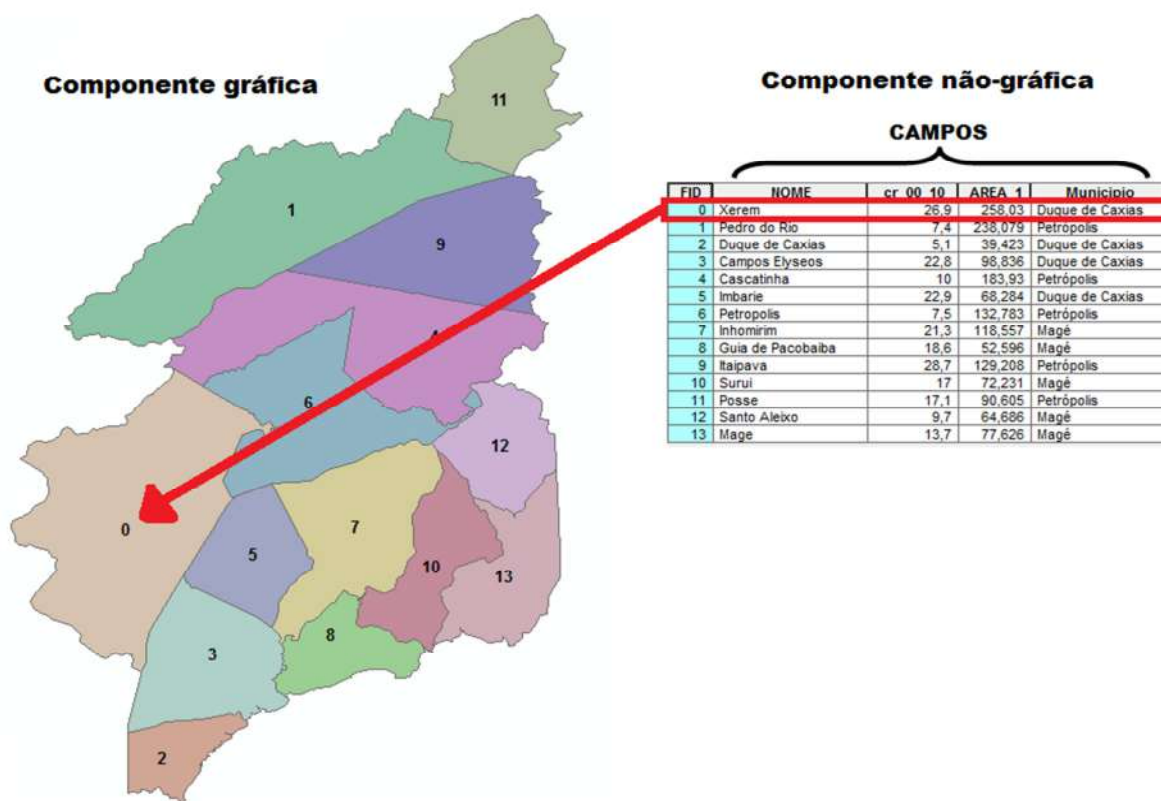
Fonte: O autor, 2013.

Bases de dados em modelo vetorial são reconhecidas por possuírem registros espaciais (a malha contendo as feições geométricas - gráficas) e alfanuméricos (tabular ou não-gráfica). Sendo assim, este modelo apresenta duas estruturas de armazenamento em SIG. Cada linha na tabela corresponde a uma feição no mapa, e vice-versa (MIRANDA, 2010; CONCEIÇÃO e COSTA, 2011).

Segundo Pina (2000), o método mais comum de se estabelecer relacionamentos entre dados gráficos e não-gráficos é por meio do armazenamento de identificadores comuns a cada grupo. Estes indexadores podem ser códigos que os relacionem univocamente, denominados geocódigos (Figura 5). Sobre isto, Lang e Blaschke (2009, p. 53) explicam:

Dados temáticos, ou seja, dados de atributos, são armazenados em tabelas e organizados. O conteúdo da tabela está associado com os dados de geometria em forma de uma chave inequívoca, isto é, a um *feature* geográfico corresponde um registro (*record*) na tabela. As colunas individuais da tabela, que contém os diversos atributos, são designadas campos (*fields*). Tal como em outros programas de cálculo de tabelas, os campos podem ser ordenados de modo ascendente ou descendente e os registros serem selecionados.

Figura 5 – Relacionamento entre as componentes gráfica e não-gráfica de uma base dados



Legenda: Neste exemplo, observam-se as correspondências entre as componentes gráfica e não-gráfica da base de dados referente aos distritos que compõem os municípios de Duque de Caxias, Magé e Petrópolis – RJ. Os geocódigos estão representados na figura por meio de rótulos nas feições gráficas e na coluna “FID” (realçada em azul) da componente não-gráfica, a qual abarca ainda diversos campos contemplando atributos tais como, o nome do distrito, o seu percentual de crescimento de domicílios, sua área, e o município a qual vincula-se, nesta ordem.

Fonte: O autor, 2013.

A vetorização compreende o processo de criação de um desenho gráfico (atrelado a uma base de dados espacial) em meio digital. Este processo pode envolver a criação ou edição de feições geométricas, sendo amplamente realizado utilizando imagens de origem digital, como as imagens de satélite, por exemplo (CONCEIÇÃO e COSTA, 2011).

O modelo matricial ou raster representa a realidade por meio de superfícies projetadas com um padrão regular. Sendo assim, este modelo abarca uma matriz de células (*pixels*), às quais estão associados valores. No caso de dados raster temáticos, os valores de células correspondem às manifestações de um atributo, ou seja, cada célula armazena um valor de atributo (ROCHA, 2000; LANG E BLASCHKE, 2009; MIRANDA, 2010).

O tipo de objeto representado e a área ocupada por cada célula estão relacionados à resolução espacial do arquivo raster. A resolução espacial é representada pela área da célula, sendo inversamente proporcional ao tamanho das células. Ou seja, quanto maior o tamanho do *pixel*, menor será a resolução (PINA, 2000; ROCHA, 2000).

No que se refere à aquisição de dados, um SIG pode auxiliar desde o levantamento de dados primários até o tratamento de dados espaciais secundários. Por exemplo, a aquisição e incorporação de uma imagem de satélite em ambiente SIG com posterior vetorização de informações a partir da mesma, ou ainda o inventário em campo e alimentação de dados em SIG fazem parte do processo de levantamento de dados primários. Já os dados secundários são aqueles adquiridos junto a fontes de produção responsáveis pelo levantamento e disponibilização dos mesmos. Sobre isto Conceição e Costa (2011, p. 242) nos indicam:

Os dados primários podem ser levantados (adquiridos) em paralelo, ou depois, ao levantamento dos dados secundários. Em um primeiro momento deve ser atestado que as fontes secundárias não possuem tal dado (ou o possuem parcialmente), para que assim ocorra o levantamento próprio (quando possível). Por exemplo, considerando a inexistência dos dados necessários a um estudo específico - seja em um recorte temático, temporal ou espacial -, será imposto o levantamento destes dados a partir de métodos organizados e fidedignos, que garantam a confiabilidade dos mesmos.

Dependendo do objetivo da aplicação, uma simples sobreposição de planos de informação, ou mesmo a geração de um mapa temático a partir da representação de dados pré-existentes, com uma simbologia associada (reprodução gráfica), podem auxiliar em determinada aplicação em SIG.

Em alguns casos, torna-se necessário, no entanto, a realização de operações ou análises básicas a partir de um ou mais objetos relacionados a uma camada, ou ainda mesmo, considerando um conjunto de camadas sobrepostas.

Segundo Miranda (2010, p. 119) “as funções de análise de um SIG podem ser desenvolvidas de forma independente ou simultânea nos dois elementos: atributo e localização geográfica.” Câmara et. al (1996) citam assim operações desenvolvidas sobre geo-campos, sobre geo-objetos, ou sobre ambos.

Segundo Rocha (2000) existem várias ferramentas analíticas no SIG, a exemplo da consulta ao banco de dados. De acordo com Francisco (2005) as operações de consulta visam a recuperação da informação a partir da formulação de condições, que podem ser estabelecidas com base nos atributos ou na localização dos elementos geográficos (consulta espacial).

As consultas à tabela de atributos são baseadas em expressões, compostas por campos da tabela, operadores lógicos (a exemplo do “*and*” [“e”] e do “*or*” [“ou”]) e os valores de atributos. Já as consultas espaciais são concebidas a partir de condições baseadas na localização, na forma e nas relações topológicas dos elementos geográficos.

Como resultado das consultas, elementos geográficos são selecionados e, sobre eles, outras operações podem ser executadas, tais como a criação de uma nova camada contendo apenas os elementos selecionados.

Podem-se destacar ainda outras operações analíticas em SIG, complementares à consulta ou independentes, tais como a reclassificação e a sobreposição. As operações de reclassificação transformam a informação do atributo associada com um só mapa, permitindo a substituição de valores de entidades gráficas por outros, conforme a necessidade do usuário (FITZ, 2008a; MIRANDA, 2010).

As operações de sobreposição envolvem a combinação de dois ou mais mapas de acordo com condições de interesse. Neste caso, será produzido um mapa que reunirá as duas (ou mais) condições. A sobreposição pode ser: lógica, ao se fazer uso de operadores lógicos (análise booleana), a exemplo da interseção e da união; ou aritmética, quando são utilizados operadores matemáticos, a exemplo da adição ou subtração (ROCHA, 2000; FITZ, 2008a; MIRANDA, 2010).

Ainda no rol de operações básicas, figuram a vizinhança e a contextualização, as quais correspondem à exploração das características do entorno do espaço analisado. Dentre as funções de vizinhança pode-se destacar a de proximidade (ou *buffer*), a qual configura uma medida de distância pré-determinada entre elementos. Com relação à contextualização, obtém-se um novo mapa baseado na informação do mapa existente e no contexto em que cada característica é encontrada (ROCHA, 2000; FITZ, 2008a; MIRANDA, 2010).

Segundo Câmara et. al. (1996) as operações sobre dados geográficos em SIG podem ser classificadas, quanto ao seu resultado, em: operações de construção, ao se criar novos objetos; operações de atualização, ao se modificar os valores de atributos dos objetos; operações escalares, ao se obter um valor escalar; e em operações booleanas, ao se obter um valor booleano.

Como visto, é possível indicar, dentre as principais características de SIGs, a inserção, sobreposição e integração de dados geográficos (em formato vetorial ou raster), os quais podem ser representados espacialmente como mapas temáticos ambientais e cadastrais, ou sob a forma de Modelo Digital do Terreno (MDT), dentre outros (CÂMARA e MONTEIRO, 2001; FRANCISCO, 2005).

Segundo Fitz (2008b, p. 48), o objetivo básico dos mapas temáticos é “fornecer uma representação dos fenômenos existentes sobre a superfície terrestre, por meio de uma simbologia específica.” Os mapas temáticos geralmente utilizam outros mapas como base, a exemplo do topográfico, o qual deverá assumir um papel de referência adequado a acomodar o tema (MARTINELLI, 2007; FITZ, 2008b).

Os mapas temáticos podem ser construídos levando-se em conta métodos apropriados às características e à forma de manifestação dos fenômenos considerados em um tema. As representações qualitativas, por exemplo, “são empregadas para expressar a existência, a localização e a extensão das ocorrências dos fenômenos, atributos em sua diversidade, que se caracterizam pela sua natureza, espécie, podendo ser classificados por critérios estabelecidos pelas ciências que os estudam.” (MARTINELLI, 2007, p. 37).

Para a representação de elementos pontuais e lineares recorre-se basicamente à utilização de distintas variações visuais, como forma e cor (ligadas à simbologia). Nas ocorrências zonais, o procedimento para a construção da representação, denomina-se método corocromático, o qual atribui valores nominais para as áreas, por meio de cores diferentes (admitindo-se ainda o uso de texturas). Por exemplo, em um mapa de uso e cobertura vegetal, cada classe de uso, envolvendo uma ou mais feições variando espacialmente no mapa, será representada por uma cor diferente (CRUZ e PINA, 1999; MARTINELLI, 2007).

As representações quantitativas são empregadas para evidenciar a relação de proporcionalidade entre objetos junto à realidade. Dentre os métodos de representação citam-se as figuras geométricas proporcionais, recomendado para a representação quantitativa de fenômenos localizados (pontuais); e o método coroplético, no qual os valores são associados a áreas. Por meio do método coroplético, as diferenças nas cores, ou nas tonalidades de uma mesma cor, denotam as diferenças na intensidade do fenômeno, e deixam perceber uma

estrutura hierárquica nos dados. Por exemplo, em um mapa de densidade demográfica, cada classe de densidade, representativa de um intervalo de valores associados às feições do mapa, será representada por uma das cores (ou tonalidades) da paleta de graduação em ordem crescente ou decrescente (CRUZ e PINA, 1999; MARTINELLI, 2007).

A partir do exposto, pode-se recorrer então às definições apresentadas por Francisco (2005):

- Mapa Temático Ambiental: representa dados qualitativos, gerados nos levantamentos ambientais contínuos. Os mapas temáticos podem ser representados vetorialmente ou matricialmente. Quando representados por matrizes, os atributos dos *pixels* correspondem a um código que está associado a uma classe de tema. No modelo vetorial, o elemento geográfico representa a ocorrência espacial da classe do tema em estudo;
- Mapa Temático Cadastral: representa dados quantitativos ou qualitativos, gerados por levantamentos cadastrais, que formam um banco de dados alfanuméricos associado a uma unidade territorial pré-definida, como município, distrito, bairro, etc., diferentemente dos ambientais onde a ocorrência espacial do atributo não é pré-definida. A estrutura vetorial é o formato mais apropriado de representação. Os atributos são expressos espacialmente de acordo com simbologia definida a partir de intervalos de classes.

Por fim, os dados geográficos também podem ser representados espacialmente como MDT, o qual pode ser definido, de maneira simples, como “a representação matemática de uma superfície, através das coordenadas X, Y, e Z.” (ROCHA, 2000, p. 187).

Segundo Barros (2006) existe uma variedade de terminologias para designar modelos digitais. O autor, bem como Francisco (2005), diferenciam o denominado Modelo Digital de Elevação (MDE) de MDT pelo fato do primeiro conter apenas altimetria enquanto o segundo pode conter outras feições, além da altimetria.

Rocha (2000) avalia que o processo de geração de um MDT, ou de um MDE, envolve a aquisição e edição de dados, para posterior geração do modelo em si. De acordo com Barros (2006), os sistemas de manipulação de dados espaciais possuem funcionalidades voltadas à geração destes modelos.

Os programas de geoprocessamento representam os modelos digitais sob a forma de grades, que podem ser regulares (*Grid*) ou irregulares (*TIN- Triangular Irregular*

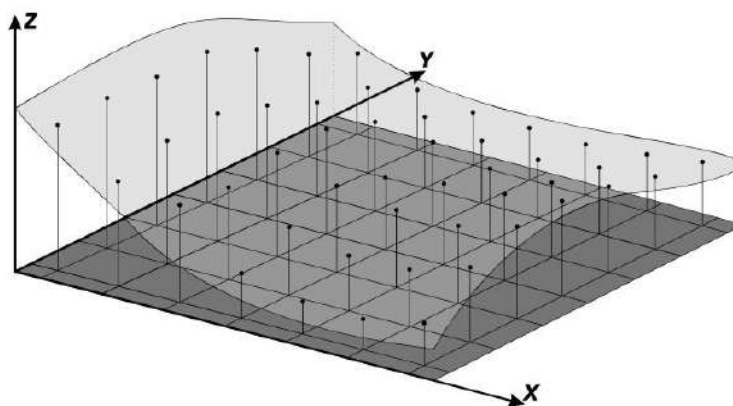
Network). Normalmente estas grades são obtidas a partir de alguma forma de interpolação a partir de amostras pontuais e/ou lineares. Cada tipo de grade apresenta vantagens e desvantagens, devendo a escolha se dar em função da aplicação. É bastante comum, que para fins de processamento a grade regular seja utilizada, o que pode levar a se usar geração de um *TIN* e, em seguida, sua conversão para *Grid* (BARROS, 2006, p. 27).

Miranda (2010, p. 265) define interpolação como um processo que envolve a determinação de “valores desconhecidos, ou não amostrados, de um atributo contínuo usando valores conhecidos ou amostrados.” Ainda segundo o autor, “a qualidade do resultado da interpolação depende da precisão, número e distribuição dos pontos amostrados e de quão bem a função matemática corretamente modele o fenômeno.” Segundo Fitz (2008a), a interpolação é realizada *pixel a pixel* no caso de arquivos matriciais; e ponto a ponto, no caso de arquivos vetoriais.

Para Rocha (2000, p. 189) as grades regulares (Figura 6) correspondem a:

[...] representações matriciais onde cada elemento da matriz se encontra associado a um valor numérico. Em sua geração são usados interpoladores matemáticos, a partir de um conjunto de pontos originais, para estimar os valores para as células que não possuem elevação, considerando-se os pontos vizinhos.

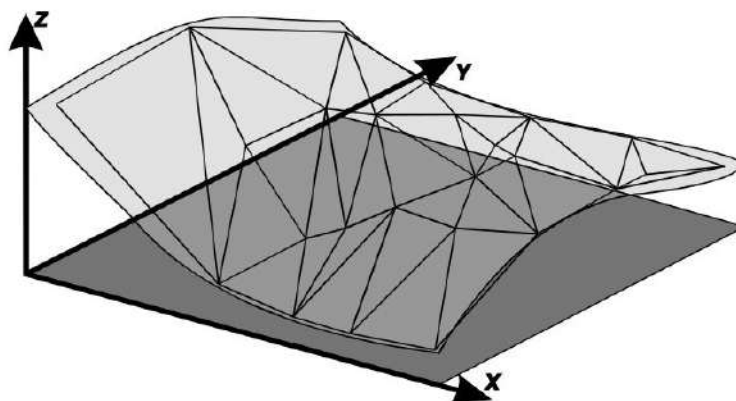
Figura 6 – Superfície e grade regular correspondente



Legenda: Na imagem percebe-se o uso das células da matriz.
Fonte: Namikawa, 1995 apud ROCHA, 2000, f. 190.

A grade triangular (Figura 7) é formada a partir da conexão entre as amostras utilizando, em geral, uma triangulação representada por uma estrutura vetorial com topologia do tipo arco-nó. Para cada um dos vértices dos triângulos são armazenadas as coordenadas de localização e o atributo Z, representando um valor temático qualquer (ROCHA, 2000; FRANCISCO, 2005).

Figura 7 – Superfície e malha triangular correspondente



Legenda: Na imagem percebe-se o conjunto de faces triangulares interligadas.

Fonte: Namikawa, 1995 apud ROCHA, 2000, f. 191.

Cumprir dizer que, estes modelos também podem redundar em mapeamentos temáticos, por meio, por exemplo, da classificação temática da declividade (em graus ou percentual) e hipsometria (em metros).

Um dos sistemas para manipulação, análise e representação de dados georreferenciados mais difundidos no mercado e no meio acadêmico pertence à família de programas comerciais ArcGIS, desenvolvida pela empresa americana *Environmental Systems Research Institute* (ESRI) e distribuída no Brasil pela empresa Imagem – Soluções de Inteligência Geográfica.

O ArcGIS consiste em uma plataforma de programas e extensões voltada a manipulação de dados espaciais (ESRI, 2013). Sua versão integral pode ser considerada um SIG. A plataforma permite a operacionalização de procedimentos vinculados aos sub-sistemas de um SIG: entrada de dados (criação, edição, tratamento), consulta ao banco de dados, classificação temática, análises espaciais e estatísticas por meio de extensões, e saída de informações (geração de mapas e gráficos). Sua versão *Desktop* denominada “10” tem ainda como característica a possibilidade de agregação de imagens de alta resolução (a exemplo das imagens de satélite e de sombreamento do relevo) disponíveis em sua plataforma *on line* (ARCGIS ONLINE, 2013).

Dentre os programas ou conjunto de extensões da plataforma, citam-se:

- ArcCatalog –Permite o acesso e gerenciamento de dados geográficos armazenados em diretórios de trabalho. Os dados podem ser copiados, movidos, apagados e visualizados antes de serem adicionados a um projeto de mapa;
- ArcMap – Permite ao usuário visualizar e obter informações de mapas vinculados a um projeto. Com esse programa é possível criar mapas temáticos, além de executar uma série de tarefas de análise espacial;
- ArcToolBox – Fornece um ambiente para a execução de operações de geoprocessamento, ou seja, operações que envolvem a alteração ou a extração de informações.

Para Lang e Blaschke (2009, p. 53) “um formato bastante corrente para dados vetoriais é o assim chamado *shapefile* (*.shp).” Esta extensão é adotada pelo Sistema ArcGIS, o qual utiliza ainda o formato *dbase* (*.dbf) para gerenciar os dados de atributos. Um shapefile completo constitui-se de dados de geometria (*.shp), dados de atributos (*.dbf) e um arquivo de associação (*.shx). No Sistema ArcGIS podem ser inseridos dados em outros formatos e extensões, como o *GeoTIFF* (*.tif) em formato raster.

Os SIGs, a exemplo do ArcGIS, vêm sendo amplamente utilizados em diferentes setores (governamental, empresarial, acadêmico, etc.) e com distintos objetivos, tais como a disseminação da informação espacial, o cadastro, as pesquisas, e a gestão (CONCEIÇÃO e COSTA, 2011). No âmbito das pesquisas ambientais estes sistemas podem atender a diversas finalidades, vinculadas a procedimentos de diagnóstico e prognóstico. Os resultados destas pesquisas podem contribuir para o planejamento e gestão do território (unidades físicas e políticas). Cabe ainda mencionar que os sistemas de informação estão sendo cada vez mais incorporados como instrumentos de gestão vinculados às políticas públicas, apresentando uma estrutura aplicada (DORNELLES e CAMPOS, 2010; FITZ, 2008a).

Ainda nesta perspectiva de aplicação, segundo Segnestam (2002) um SIG facilita a sobreposição e análise de grandes quantidades de dados de diferentes fontes, simplificando a identificação e análise de potenciais inter-relações entre causas e efeitos. Esta ferramenta permite a incorporação de, por exemplo, considerações sobre o desenvolvimento sócio econômico, ambiental e sustentável, no processo de tomada de decisão.

Reproduzindo esta linha de raciocínio, Freitas et. al. (2013, p. 444) dissertam que:

O uso de sistemas de informação geográfica (SIG) em estudos sobre indicadores permite o estudo das inter-relações entre os dados econômicos, sociais e ambientais de forma integrada e georreferenciada. Nesta condição o SIG permite a manipulação

de grandes quantidades de dados, avaliar elementos de interesse e ainda auxiliar no desafio de tornar as informações mais compreensíveis ao usuário final.

Segnestam (op. cit.) atenta ainda para o fato de que os SIGs permitem a visualização de dados, indicadores e informações em diferentes níveis de análise (regional, nacional, ou local). Porém, deve-se atentar para a escala de levantamento e visualização destes.

Dentre as desvantagens relacionadas à geração de produtos cartográficos a partir da utilização de um SIG, ou qualquer sistema para simples manipulação de dados espaciais, cita-se, por exemplo, a incapacidade de um mapa demonstrar uma relação onde a causa de um problema não pode ser encontrada dentro da mesma área do impacto (SEGNESTAM, 2002). No entanto, a geração de um banco de dados mais completo em SIG, contendo dados espaciais mais abrangentes (territorialmente e temporalmente), além do levantamento de dados e informações convencionais atrelados aos produtos cartográficos, podem auxiliar em um diagnóstico preliminar que permita tal correlação, ainda que de forma não quantitativa.

Apesar do avanço na utilização de sistemas que manipulam dados espaciais, como os SIGs, há uma grande dificuldade no tratamento destes, ainda maior do que de dados convencionais (ou tabulares). O levantamento de dados espaciais exige uma confiabilidade técnica ainda maior, pois o dado passa a possuir localização exata na superfície terrestre. No entanto, cabe ainda ressaltar que, a forma de tratamento analítico da informação, envolvendo, por exemplo, a utilização de funções em SIG, é tão importante quanto a própria qualidade dos dados disponíveis ao longo do processo de resolução de um problema complexo qualquer (VILAS BOAS, 2005).

Sobre a temporalidade dos dados, Lang e Blaschke (2009) reforçam que, a proteção da natureza, por estar relacionada ao espaço geográfico, tem uma grande necessidade de dados espaciais atualizados. Os autores exemplificam:

Dados atuais de uso e cobertura do solo são necessários tanto como base na tomada de decisões para o planejamento de medidas relevantes de proteção à natureza, como também para o controle sobre o êxito de tais medidas. Para os órgãos federais e estaduais, que, em princípio, são responsáveis por essas tarefas, em razão do elevado custo de detecção e manutenção desses dados, é importante o seu levantamento de modo eficiente e a baixo custos (LANG E BLASCHKE, 2009, p. 344).

Deve ser ainda revista a disponibilidade de dados espaciais com resolução/escala compatível com o objeto estudado. Devem ser consultados a existência e o acesso a fontes primárias (ortofotos ou imagens de alta resolução, por exemplo) e secundárias (mapeamentos pré-existent). No entanto, com relação aos dados secundários, é comum se deparar com a

existência de dados espaciais em escalas compatíveis com o nível regional, não condizentes com a visualização de objetos de expressão local (CONCEIÇÃO e COSTA, 2011; COSTA e CONCEIÇÃO, 2012). Frente a isto, torna-se necessária a incorporação de medidas voltadas ao levantamento de dados primários envolvendo a utilização de, por exemplo, técnicas de GPS, integradas aos SIGs.

Segundo Miranda (2010), os aparelhos GPS podem vir acompanhados de programas aplicativos para a manipulação de dados coletados em campo devendo-se ressaltar, no entanto que, tais programas não configuram SIGs, mas sim, dependendo da necessidade de aplicação, programas intermediários.

Dentre os programas computacionais com capacidade de interface com unidades receptoras GPS destaca-se o GPS *TrackMaker* (GTM), desenvolvido e distribuído pela empresa Geo Studio Tecnologia Ltda. Atualmente há a disponibilidade de uma licença comercial (profissional) e uma gratuita do GTM. Esta última possibilita além do gerenciamento dos dados coletados, a realização de funções básicas (como o cálculo de comprimento entre objetos mapeados) e suporte à marcas distintas de aparelhos receptores (TRACKMAKER, 2013).

Por fim, os dados coletados, transferidos para o computador e gerenciados por programas como o GTM podem ser incorporados ao SIG (por meio de exportação direta ou conversão de formatos e/ou extensões, a depender dos recursos disponíveis no programa intermediário). Segundo Rocha (2000), no SIG estes dados podem ser incorporados ao banco de dados espacial, como nova(s) camada(s), possibilitando inclusive a associação de dados alfanuméricos (atributos), a realização das análises pretendidas, ou a implantação de pontos de apoio e cotejo para funções de SIG integradas ao SR (a exemplo da interpretação visual de imagens).

3.1.1.1 – Interpretação visual de imagens em SIG

Rocha (2000) explicita que, além dos sensores, o SR compõe-se de equipamentos para transmissão, recepção, armazenamento e processamento de dados. O autor indica ainda que os SIGs permitem integrar a informação derivada de SR às de outras fontes.

Fitz (2008a), por sua vez, considera que a interpretação de imagens e sua classificação traduz, dentre outras possibilidades, a interação do SR com as demais geotecnologias. Neste

sentido, as imagens obtidas por SR podem ser manipuladas por sistemas processadores de imagens (voltados ao tratamento e classificação de imagens) ou mesmo por SIGs, os quais contemplam, como visto, diversas funções. Atualmente, muitos SIGs, a exemplo do ArcGIS, abarcam ferramentas para a classificação automática de imagens e/ou ainda de suporte à interpretação visual das mesmas.

Segundo Conceição e Costa (2011) as imagens de satélite de alta resolução são produtos do SR com alto valor comercial agregado para sua aquisição. No entanto, atualmente, existem diversos bancos de imagens que disponibilizam tais imagens, ainda que limitadas para consulta.

O *Google Earth*, por exemplo, é, segundo Miranda (2010) um sistema de navegação geográfica, em duas ou três dimensões, contemplando mosaicos de imagens de satélites (advindas do Ikonos II, e de outros satélites/sensores) cobrindo todas as regiões do planeta. O próprio ArcGIS, como dito, disponibiliza imagens com 1m de resolução (provenientes da missão Ikonos II) para consulta por meio de sua plataforma *on line*.

Segundo Fitz (2008a, p. 129) “a classificação de uma imagem nada mais é do que a identificação de determinados elementos nelas presentes pela associação de cada um de seus *pixels* a uma determinada classe preestabelecida.” Dentre os métodos de classificação automática de imagens digitais citam-se a classificação supervisionada e a não supervisionada, onde o usuário possui maior e menor participação, respectivamente.

Já na interpretação visual, de imagens orbitais ou de fotografias aéreas, a classificação de todas as feições e objetos é realizada manualmente, sem a utilização de algoritmos de classificação automática, via interpretação visual na tela do computador. Neste caso, o suporte de determinado sistema utilizado se limita, por exemplo, à disponibilidade de ferramentas de vetorização (desenho de polígonos, linhas ou plotagem de pontos representativos dos objetos ou feições identificados frente à legenda de classificação pré-definida).

Segundo Florenzano (2007), na interpretação visual de imagens devem-se levar em consideração distintos elementos básicos de análise, os quais auxiliam na elaboração de chaves de interpretação. Dentre tais elementos destacam-se a tonalidade, a cor, a textura, o tamanho, a forma, o padrão e a localização (Quadro 3).

Quadro 3 – Descrição dos elementos básicos para interpretação de imagens

Elemento	Descrição
TONALIDADE	Elemento usado na interpretação de imagens em preto e branco. As variações da cena são representadas por diferentes tonalidades, ou tons de cinza, que variam do branco ao preto.
COR	Elemento usado na interpretação de imagens coloridas, nas quais as variações da cena imageada são representadas por diferentes cores.
TEXTURA	Refere-se ao aspecto liso ou rugoso dos objetos em uma imagem.
TAMANHO	Relativo ao tamanho dos objetos em função da comparação entre os mesmos na imagem.
FORMA	Refere-se à linearidade ou geometria de objetos contidos na imagem. Tal elemento é usado na identificação de objetos com formas regulares (indicando objetos artificiais) e irregulares (objetos naturais).
PADRÃO	Refere-se ao arranjo espacial ou à organização dos objetos em uma superfície registrada na imagem.
LOCALIZAÇÃO	Associa-se às informações características de determinado objeto frente à sua localização geográfica.

Fonte: Adaptado de FLORENZANO, 2007.

Ainda de acordo com Florenzano (2007, p. 43) “quanto maior a resolução, e mais adequada a escala, mais direta e fácil é a identificação dos objetos em uma imagem.” Ainda, no que se refere às características espectrais de uma imagem a ser interpretada visualmente, de acordo com Fitz (2008a, p. 123):

As imagens obtidas por meio das radiações refletidas pela superfície terrestre (ou pela atmosfera) dentro da faixa do visível trazem consigo todas as características típicas observadas naturalmente pelo ser humano. Estas são, portanto, de grande importância para o intérprete, pois as feições nelas contidas são semelhantes àquelas por ele observadas em seu dia-a-dia.

Moreira (2011) atenta ainda para a necessidade de experiência do intérprete, no que se refere ao conhecimento do problema, da técnica e da região. O conhecimento do problema envolve o levantamento da importância que a variável investigada desempenha e dos métodos de estimativa da mesma. O conhecimento da técnica envolve a apropriação do conceito e prática em SR (tipos de sensores, características das imagens, etc.). O conhecimento da região auxilia na identificação dos tipos de alvos e cotejo das informações.

3.2 Geotecnologias como suporte à avaliação de APPs

Os parâmetros de definição espacial de APPs se tornam complexos e de difícil aplicação quando confrontados, por exemplo, com a extensão territorial do recorte analisado. Para a delimitação destas faixas o uso de recursos do geoprocessamento, e sua ferramenta SIG, bem como de produtos do SR, emerge em potencial.

Segundo Reis et. al. (2009, p. 5.397):

O mapeamento dessas áreas não é uma tarefa trivial, exigindo, em alguns casos, esforços muito grandes, além de envolver pessoas especializadas com informações detalhadas da unidade em análise. Os sistemas de informações geográficas (SIG) atuais apresentam novos recursos para uma modelagem numérica precisa e detalhada dessas APPs.

Ribeiro et. al. (2005) e Louzada et. al. (2009) atentam para a substituição de métodos manuais ou exclusivamente em campo, na determinação de APPs, por uma abordagem com base em produtos derivados a partir de técnicas automatizadas. Para os autores com tais técnicas pode-se obter o mesmo nível de exatidão em um tempo menor.

Pode-se dizer que, o nível de automatização e complexidade na produção de mapeamentos das APPs pode variar segundo suas categorias. Ribeiro et. al. (2009), por exemplo, entendem que, devido à facilidade de delineamento no campo ou a partir de mapeamentos detalhados, a categoria relacionada à preservação de faixas marginais de rios constitui a grande maioria das APPs demarcadas.

No que se refere às categorias de APP ligadas ao relevo de altitude parece haver um consenso quanto à complexidade na execução do mapeamento, exigindo uma automatização ainda maior (RIBEIRO, et. al., 2005; LOUZADA, et. al., 2009; REIS et. al., 2009). Neste sentido, autores como Hott, Guimarães e Miranda (2004), Ribeiro et. al. (2005), e Victoria (2010), em seus trabalhos aplicados, optaram pela utilização de interpoladores em SIG objetivando a geração de modelos digitais de elevação, além de operações de cálculo e de reclassificação, para a determinação de APPs de topo de morro e declividade.

De acordo com Louzada et. al. (2009, p. 2) a eficácia desses procedimentos, integrada às informações produzidas pelas imagens de satélite, ou mesmo ao suporte de campo (utilizando para tal o GPS), “fortalecem as ações ambientais de monitoramento e como suporte para os instrumentos jurídicos de controle e fiscalização desses ambientes.”

Quando da necessidade de caracterização das APPs, há uma grande dificuldade de análise a partir de escalas cartográficas médias e pequenas, caracterizadas pelo pouco detalhamento e pela supressão de informações. Observa-se ainda, por exemplo, uma dificuldade de plotagem, nestas escalas, da faixa de 30 metros, estabelecida pela legislação vigente.

Atualmente encontram-se trabalhos voltados ao levantamento de dados primários obtidos a partir do processamento ou interpretação de imagens, além de suporte de GPS em campo, integrados ao SIG, para o mapeamento de uso do solo em escala de detalhe e/ou de outros objetos espaciais necessários à caracterização das APPs, indo além de sua delimitação. Desta maneira, podem ser identificadas transgressões em faixas destinadas às APPs e o seu grau de preservação.

Rovedder (2007), por exemplo, identificou em seu trabalho usos predominantes em APPs a partir do processamento digital de imagens. Com o uso de uma imagem de alta resolução (Ikonos II), ao autor procedeu a segmentação da mesma, ou seja, a divisão da imagem com base em suas características, para, após, proceder a classificação supervisionada. Neste processo o autor reconheceu a importância do domínio sobre o comportamento espectral de feições da imagem, a exemplo das edificações, vegetação, cultivo, etc. Tal técnica foi adotada pelo autor devido à rapidez para execução do mapeamento auxiliando no monitoramento e controle das intervenções nas faixas avaliadas. No entanto, o autor ressalta a dificuldade na separabilidade entre determinadas classes de uso, demonstrada pela matriz de confusão, como resultado parcial na utilização do método.

Já Souza, Ferreira e Oliveira (2009), objetivando o diagnóstico da cobertura vegetal da bacia hidrográfica do rio das Ostras, bem como a identificação de conflitos de uso em APPs, adotaram o método de interpretação visual de imagem por meio da vetorização de polígonos sobre as áreas representativas de cada classe de uso da terra. Para o reconhecimento das formações vegetais e dos diferentes tipos de uso do solo, foram considerados os elementos visuais: brilho, cor, forma, tamanho, textura, contexto, padrão e sombra.

Proposta próxima ao trabalho acima descrito foi estabelecida anteriormente por Nascimento et. al. (2005), que objetivaram identificar conflitos de uso em APPs na bacia hidrográfica do rio Alegre (ES). O processo de interpretação visual de imagem também foi procedido pelos autores para a composição do mapeamento de uso das terras, com o suporte ainda de GPS para a aferição das informações obtidas da imagem. Segundo Nascimento et. al. (op. cit., p. 210), foram realizadas visitas a campo, por meio da seleção de pontos de controle,

“objetivando identificar a fidedignidade das categorias de uso da terra geradas na classificação preliminar e também para eliminar possíveis dúvidas.”

No que concerne à caracterização das APPs frente ao seu estado atual de usos, percebe-se, dentre os trabalhos voltados a esta temática, a utilização de operações de sobreposição em SIG. Ou seja, a partir de sobreposição de camadas (uso do solo e APPs) podem ser quantificados os percentuais de uso. Souza, Ferreira e Oliveira (2009), por exemplo, realizou tal procedimento cruzando dados primários levantados em sua própria pesquisa. Já Nowatzki et. al. (2006) procederam tal operação a partir de dados secundários referentes ao uso do solo.

No que se refere ao potencial de espacialização de indicadores em APPs, parece ser óbvia a necessidade de desagregabilidade dos dados, que representa um dos critérios de seleção de indicadores apresentados por Januzzi (2001). Segundo este autor a desagregabilidade está elacionada à construção de indicadores referidos a espaços geográficos reduzidos. Na prática, isto somente será possível a depender do perfil do indicador quanto à variabilidade dos dados dentro do recorte de aplicação.

De maneira exemplificativa, pode-se recorrer à experiência realizada por Pequeno e Moreira (2007, p. 303) em seu estudo sobre o processo de favelização em APPs urbanas, no qual os autores explicitam que, “a redução da escala para o estudo tendo o setor censitário como unidade espacial de análise permitirá identificar diferenças entre as áreas de risco no que se refere ao seu conteúdo sócio-habitacional.” Neste caso, o setor censitário seria uma unidade de análise mais indicado aos estudos em que a diferenciação de estratos dentro de um recorte territorial maior se torne necessária.

Para que um indicador mantenha a sua confiabilidade durante sua execução, o ideal é que se definam os recursos técnicos e metodológicos em seu levantamento e aplicação. Neste sentido pode-se recorrer à utilização de geotecnologias, de maneira combinada, ou não, como forma de levantamento de dados prevista na base de cálculo do indicador.

Metodologicamente, Rovedder (2007), Soares, Lins e Cândido (2009) e Freitas et. al. (2013) recorreram ao uso de técnicas computacionais para o levantamento e espacialização de dados e informações a respeito da aplicação de indicadores nas APPs. Basicamente, os trabalhos se assemelham no que se refere à composição de mapeamentos ligados ao uso do solo e cobertura vegetal (como informações básicas para a composição do estado atual do meio ambiente). No entanto, apenas o trabalho de Freitas et. al. (op. cit.) apresenta uma quantificação espacial explícita de todos os indicadores avaliados.

No que se refere à aplicação conjunta de indicadores com perfis diferenciados, porém associados de maneira lógica, as geotecnologias devem ser pensadas em direção à perspectiva de levantamento e cruzamento de dados de fontes diversas. Por exemplo, Pequeno e Moreira (2007, p. 303), em uma análise sobre a evolução dos procedimentos metodológicos em sua pesquisa, avaliam que, no sentido de identificação de pressões e impactos em APPs (inseridas no recorte metropolitano em estudo), “tem-se buscado organizar bases de dados associando o quadro de demandas junto à defesa civil às bases cartográficas e censitárias do IBGE e às imagens aerofotogramétricas, como antigas fotos aéreas e imagens recentes disponibilizadas pelo *Google Earth*.”

Sendo assim, emerge como uma possibilidade, para a mensuração de indicadores integrados, o uso de dados espaciais secundários (demográficos, ambientais, etc.), além de recursos amplamente disseminados e disponíveis para o levantamento de dados primários. O SIG tem a capacidade de compor e gerenciar um banco de dados em potencial para a aplicação de um conjunto de indicadores frente a um objetivo.

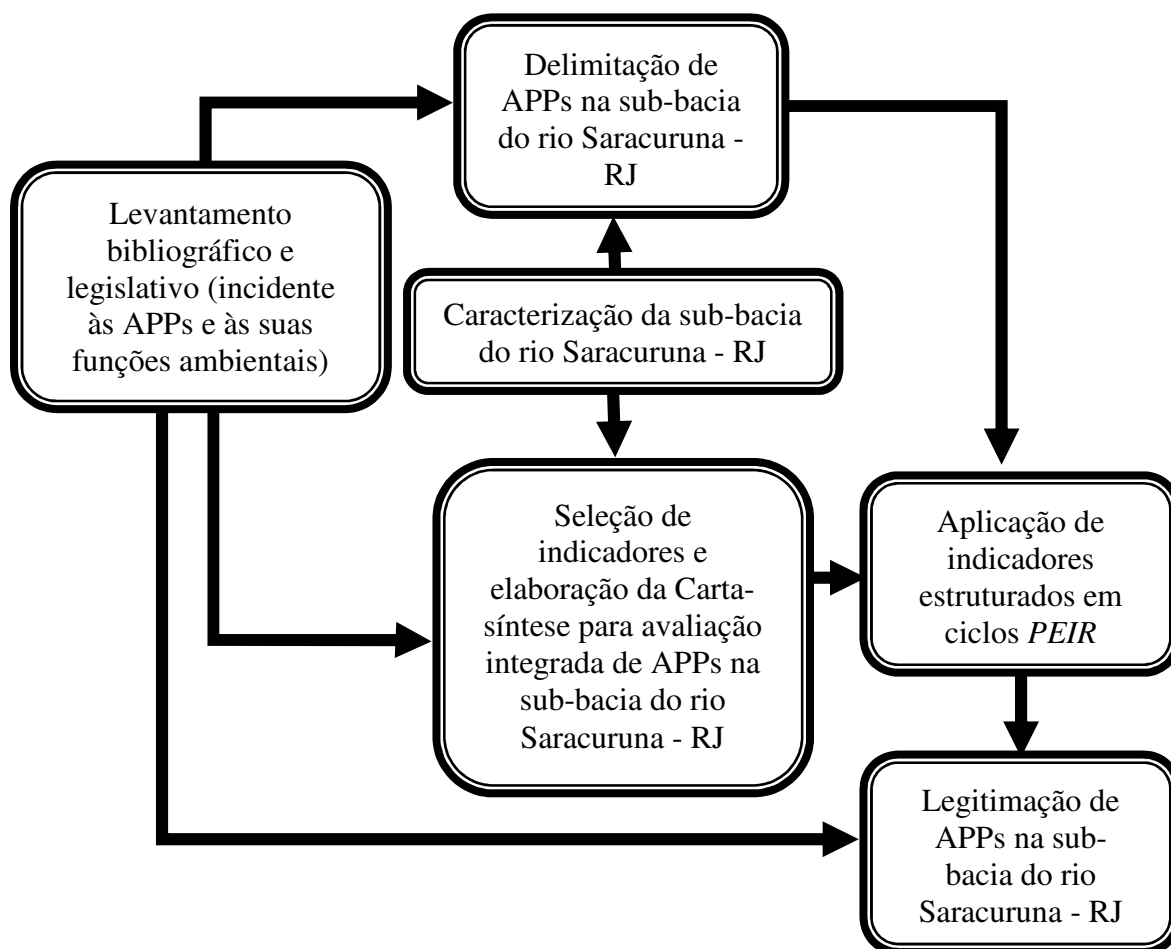
Os SIGs podem auxiliar não somente à geração de mapas temáticos representativos de indicadores ou à quantificação da informação espacial a partir destes, mas também possibilitam a sobreposição destes mapeamentos redundando na geração de mapas sínteses, com informações agregadas. A exemplo, os resultados obtidos por Cesar e Medeiros (2007), no que tange a análise de indicadores de estado propostos em sua pesquisa, formaram mapas temáticos sobrepostos conforme a técnica de “*overlayers*” (sobreposição de camadas) redundado em um mapeamento de suporte à tomada de decisão.

Este capítulo objetivou apresentar os fundamentos e as descrições das principais técnicas, instrumentos e funções utilizados nesta pesquisa, subsidiando o entendimento dos procedimentos descritivos relacionados à caracterização da área de estudo, delimitação de APPs, e aplicação e integração dos indicadores ambientais.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

No presente capítulo serão descritos e utilizados distintos materiais (publicações científicas; bases de dados espaciais tanto em papel, como em meio digital; imagens de satélite disponíveis junto ao *ArcGIS Online* e *Google Earth*; GPS; dentre outros) e métodos (revisão e análise de textos; uso de distintas ferramentas e de grupos pertencentes às extensões do ArcGis 10 - *Spatial Analyst*, *3D Analyst*, *Analysis Tools*; trabalho de campo; dentre outros), voltados para a delimitação e caracterização da sub-bacia do rio Saracuruna, identificação e delimitação das APPs na área de estudo, seleção de indicadores ambientais, utilização e aplicação de indicadores integrados e elaboração dos mapeamentos vinculados à legitimação de APPs. A estruturação geral da pesquisa é ilustrada junto ao fluxograma 2.

Fluxograma 2 – Estrutura geral da pesquisa



Fonte: O autor, 2013.

A pesquisa em tela envolveu, em termos gerais, o resgate bibliográfico, compreendendo, além do estado da arte dos temas e instrumentos avaliativos discutidos, o levantamento de todo o arcabouço jurídico ambiental pertinente às APPs; a caracterização física e sócio-econômica da sub-bacia do rio Saracuruna, subsidiando diretamente a delimitação e pré-avaliação das APPs contidas neste recorte físico; a seleção de indicadores ambientais voltados à avaliação integrada de APPs, bem como a mensuração de parte destes indicadores estruturados em ciclos *PEIR* exemplificativos (aplicados e parcialmente aplicados), envolvendo a análise integrada e sequencial de indicadores de pressão, estado, impacto e resposta; e, por fim, a legitimação das faixas de APP, em suas diversas categorias avaliadas em grupos, com base no mapeamento-síntese elaborado a partir de ciclos aplicados para cada grupo avaliado.

Para o levantamento bibliográfico, os materiais utilizados compreenderam as leis disponibilizadas digitalmente via depositário de legislação na *internet* e os trabalhos científicos, em meio digital e impresso, disponibilizados em diferentes bancos de trabalhos digitais (a exemplo dos bancos de teses e dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES) e bibliotecas físicas da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) e Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Especificamente sobre o levantamento da legislação, os procedimentos envolveram a consulta a uma lei principal: o Código Florestal de 2012 (além de suas edições, leis, anteriores), e, a partir desta, a consulta às leis transversais ao instituto das APPs.

4.1 Delimitação e caracterização da sub-bacia do rio Saracuruna

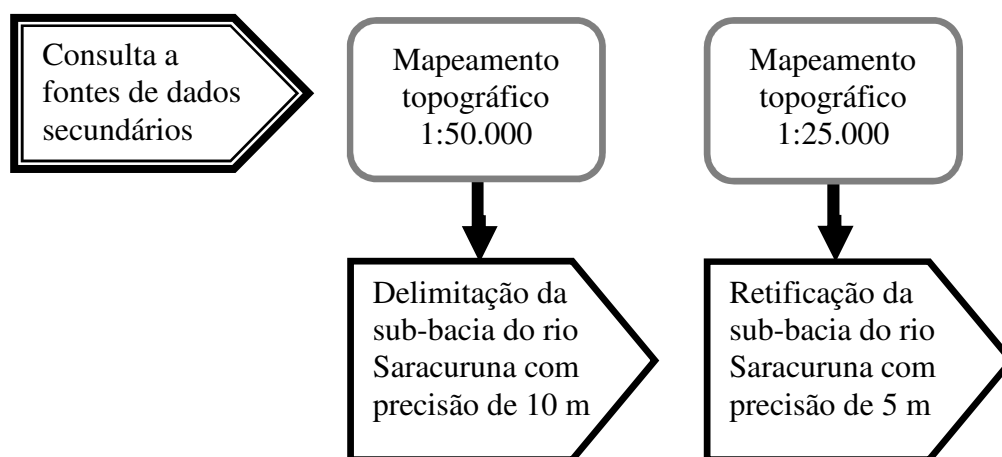
Apoiando-se em Castro da Costa, et al. (2008), Nowatzki, De Paula e Santos (2009), e Vieira e Becker (2010), adotou-se o recorte físico de sub-bacia hidrográfica como o mais apropriado para se pensar no gerenciamento de categorias de APP.

Neste sentido, em um primeiro momento, tornou-se necessário o levantamento da área da sub-bacia do rio Saracuruna. Dentre as diversas fontes secundárias de dados cartográficos, considerando a consulta a órgãos governamentais como o IBGE e o INEA, não se obteve a disponibilidade do mapeamento de compartimentações de bacias hidrográfica em nível de sub-bacia para o Estado do Rio de Janeiro. No entanto, obteve-se o limite vetorial da bacia do rio Estrela, vinculado à base de dados de bacias hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro,

junto ao Centro Estadual de Estatísticas, Pesquisas e Formação de Servidores Públicos do Rio de Janeiro (CEPERJ, 2011b).

Sendo assim, para esta pesquisa buscou-se identificar e delimitar a área da sub-bacia do rio Saracuruna, com vistas à geração do mapa base da sub-bacia, a partir de consulta a fontes de dados espaciais em potencial; e manipulação das bases digitais vinculadas, basicamente, aos mapeamentos topográficos disponibilizados pelo IBGE, em diferentes escalas (Fluxograma 3). Tais ações redundaram no mapeamento da área da sub-bacia, chegando a uma precisão de 5 metros na representação espacial da mesma.

Fluxograma 3 – Etapas e materiais utilizados na delimitação da sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



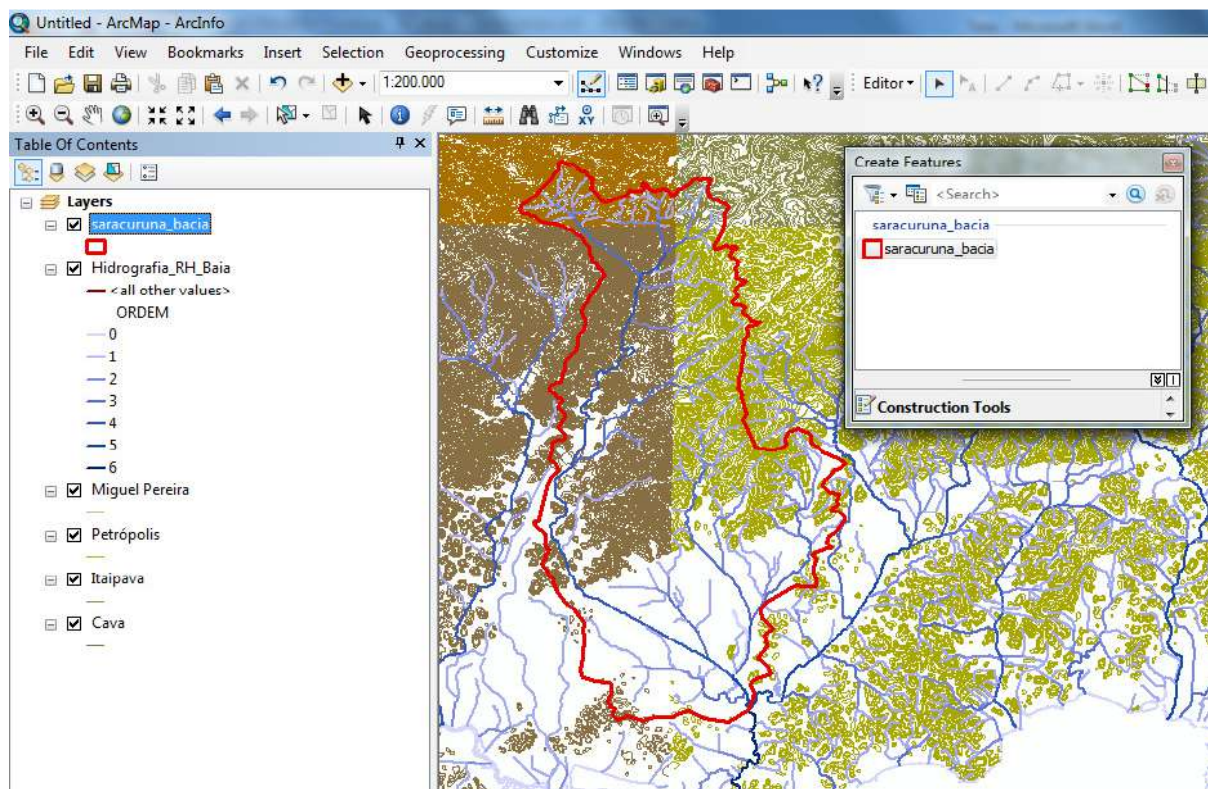
Fonte: O autor, 2013.

Inicialmente foram utilizados os mapeamentos do IBGE, em meio digital, compreendendo folhas da articulação das cartas topográficas na escala de 1:50.000 do Estado do Rio de Janeiro, disponíveis do Laboratório de Geoprocessamento (LAGEPRO) do Instituto de Geografia da UERJ. A área a ser delimitada estava inserida parcialmente nas folhas de Cava (27451), Petropolis (27452), Miguel Pereira (27153) e Itaipava (27154). Foram ainda utilizados como suporte dados secundários referentes ao limite da bacia do rio Estrela (CEPERJ, 2011b) e a hidrografia da RHBG+SLMJ³² (INEA, 2011c), ambos disponíveis já em formato vetorial na escala de 1:100.000.

³²O banco de dados espaciais do INEA, contendo bases de dados diversas da Baía de Guanabara, Estado do Rio de Janeiro, compreende mapeamentos em escala regional disponibilizados via Gerência de Geoprocessamento e Estudos Ambientais do INEA (Solicitação 147 de 2011).

Por meio do carregamento das cartas digitais de curvas de nível (com equidistância de 20 metros) e da hidrografia pôde-se realizar a vetorização manual da sub-bacia, atentando para a criação de um polígono da área drenante ao Saracuruna, compreendendo rios de 0 a 5ª ordem³³ (Figura 8), a partir do reconhecimento visual de feições como as cabeceiras de drenagem, interflúvios, topos e cumeadas. Tal operação foi realizada digitalmente no ArcGIS 10³⁴, o qual envolve as funcionalidades de entrada, edição e tratamento de dados espaciais vetoriais, a exemplo do procedimento realizado (“*Create Features*” ou “criar feições”). Especificamente, a ferramenta utilizada foi “*Straight Segment*”, vinculada ao grupo de “*Feature Construction*”, para a inserção livre e manual dos vértices (“*vertex*”).

Figura 8 – Tela parcial do ArcGIS contendo limite da sub-bacia do rio Saracuruna, RJ, vetorizado a partir das folhas topográficas de 1:50.000 do IBGE



Legenda: Em vermelho, o limite cartografado da sub-bacia do rio Saracuruna sobreposto ao carregamento da malha de curvas de nível referente às quatro folhas da articulação de 1:50.000 que recobrem a sub-bacia (cada qual diferenciada em tons de verde e marrom), e à hidrografia (em tons de azul, classificada de acordo com a ordem de drenagem).

Fonte: O autor, 2013.

³³ A 6ª ordem engloba rios como o Estrela, caracterizando a compartimentação maior da bacia do rio Estrela.

³⁴ Licença comercial pertencente ao Instituto de Geografia da UERJ.

No entanto, para o reconhecimento das APPs na área cartografada tornou-se necessária a adoção de uma escala maior, com um nível menor de generalização, para identificação de determinados objetos, a exemplo dos cursos d'água menos expressivos do que aqueles presentes no levantamento de 1:50.000.

Em um mapeamento na escala de 1:50.000 (na qual 1 cm equivale a 500 metros no terreno), considerando a precisão gráfica 0,2 mm³⁵ da representação, obtém-se uma precisão real de 10 metros. Este valor acaba sendo um tanto grosseiro ao se levar em consideração que as APPs constituem faixas com largura mínima de 30 metros, dentre as categorias que se utilizam de parâmetros fixos. Assim sendo, o erro gráfico admissível nesta escala corresponde a um terço da faixa.

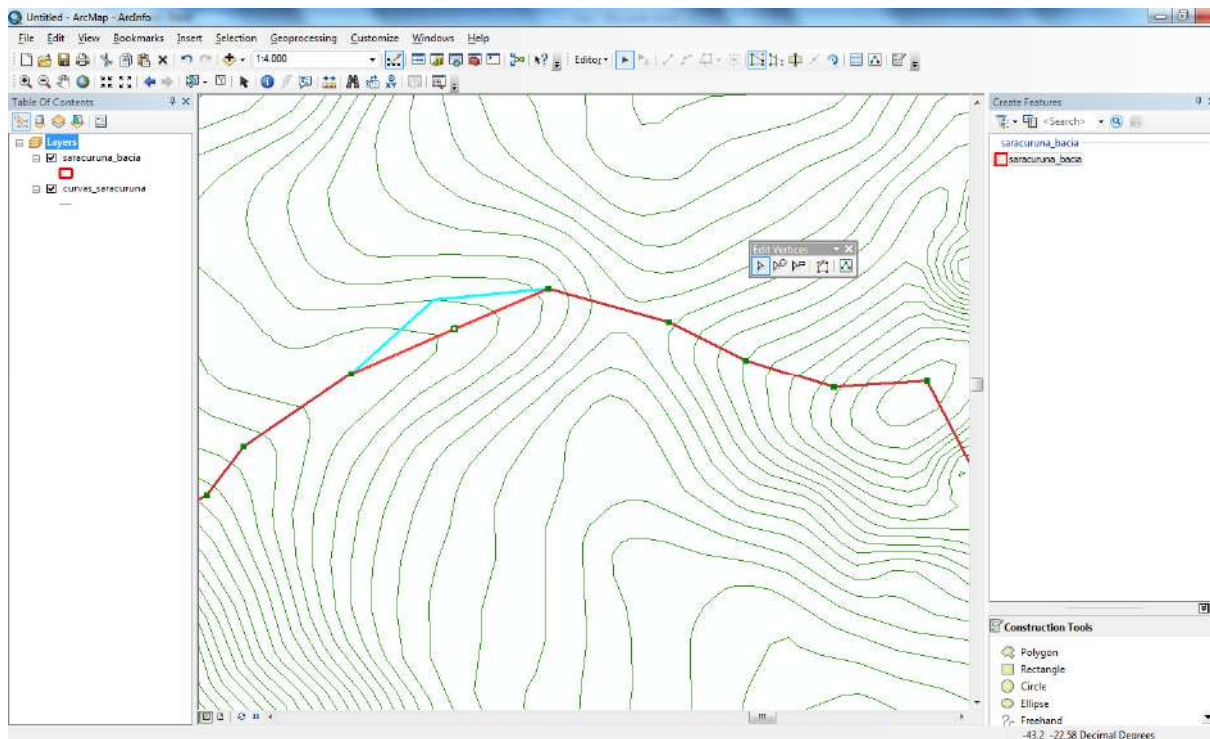
Com base nisto, e reconhecendo que o IBGE vem trabalhando na escala de detalhe de 1:25.000, com precisão real de 5 metros, em parceria com a Secretaria de Estado do Ambiente (SEA) no âmbito do território fluminense (IBGE, 2013d), buscou-se adquirir os levantamentos de curvas de nível e hidrografia em meio vetorial, além das ortofotos (levantamento de 2006) que recobrem a área (sendo este material explorado para o estabelecimento do mapeamento de uso do solo e suas derivações).

No banco de dados espaciais na página do IBGE ainda não constam todas as folhas referentes ao levantamento vetorial mencionado (disponível para transferência via *File Transfer Protocol* – FTP ou Protocolo de Transferência de Arquivos), em vias de consolidação. Sendo assim, em contato com funcionários da Diretoria de Geociências do IBGE, no Rio de Janeiro, pôde-se adquirir as bases de curvas de nível e hidrografia na referida escala para o quadrante externo da sub-bacia do Saracuruna (vetorizada em 1:50.000).

A partir disto, iniciou-se um processo de adequação de escala com base na edição dos limites da sub-bacia, resultando em pequenos ajustes, visto que a equidistância do levantamento de curvas de nível agora seria de 10 metros. Para tal foram utilizada a ferramenta de “*Modify sketch vertices*” (opção do grupo de “*Edit Vertices*”, em “*Edit Sketch Properties*”), vinculadas ao módulo de edição do ArcGIS (Figura 9).

³⁵ O valor de 0,2 mm é adotado como a precisão gráfica percebida pela maioria dos usuários e caracteriza o erro gráfico vinculado à escala de representação (ROCHA, 2000).

Figura 9 – Tela do ArcGIS contendo a edição do limite da sub-bacia do rio Saracuruna, RJ, vetorizado em escala de 1:50.000 e adaptado para 1:25.000



Legenda: Em vermelho, o limite cartografado da sub-bacia do rio Saracuruna sobreposto ao carregamento da malha de curvas de nível referente ao levantamento de 1:25.000 (em verde claro). Os pontos verdes identificados junto ao limite da sub-bacia correspondem aos vértices da linha vetorial, os quais podem ser movidos manualmente de acordo com a necessidade de ajuste frente à identificação das feições topográficas na nova escala trabalhada. O fragmento linear em azul claro representa o antigo traçado da linha, indicando a última modificação na posição de determinado vértice realizada.

Fonte: O autor, 2013.

A seguir, procedeu-se a caracterização da sub-bacia do rio Saracuruna objetivando, basicamente, demonstrar a situação ambiental da área e sustentar a seleção de indicadores para avaliação de suas APPs. Para tal, foi realizado um diagnóstico inicial da área estudo, com base na consulta de trabalhos (COSTA et. al., 1995; SANTOS, 2006; CONCEIÇÃO e DORNELLES, 2011) versando sobre a referida sub-bacia e seus aspectos ambientais, histórico de ocupação e características físico-topográficas.

Devido a incipiente disponibilidade de pesquisas e relatórios de trabalhos específicos à área a utilização de recursos de geoprocessamento, mais especificamente de sua ferramenta SIG, foi fundamental no que diz respeito ao tratamento de bases de dados espaciais do Estado do Rio de Janeiro, oriundas de órgãos governamentais, em escala de semi-detulhe / detalhe e

contemplando a área da sub-bacia. Foram então gerados mapas temáticos a fim de enriquecer a descrição da área em estudo.

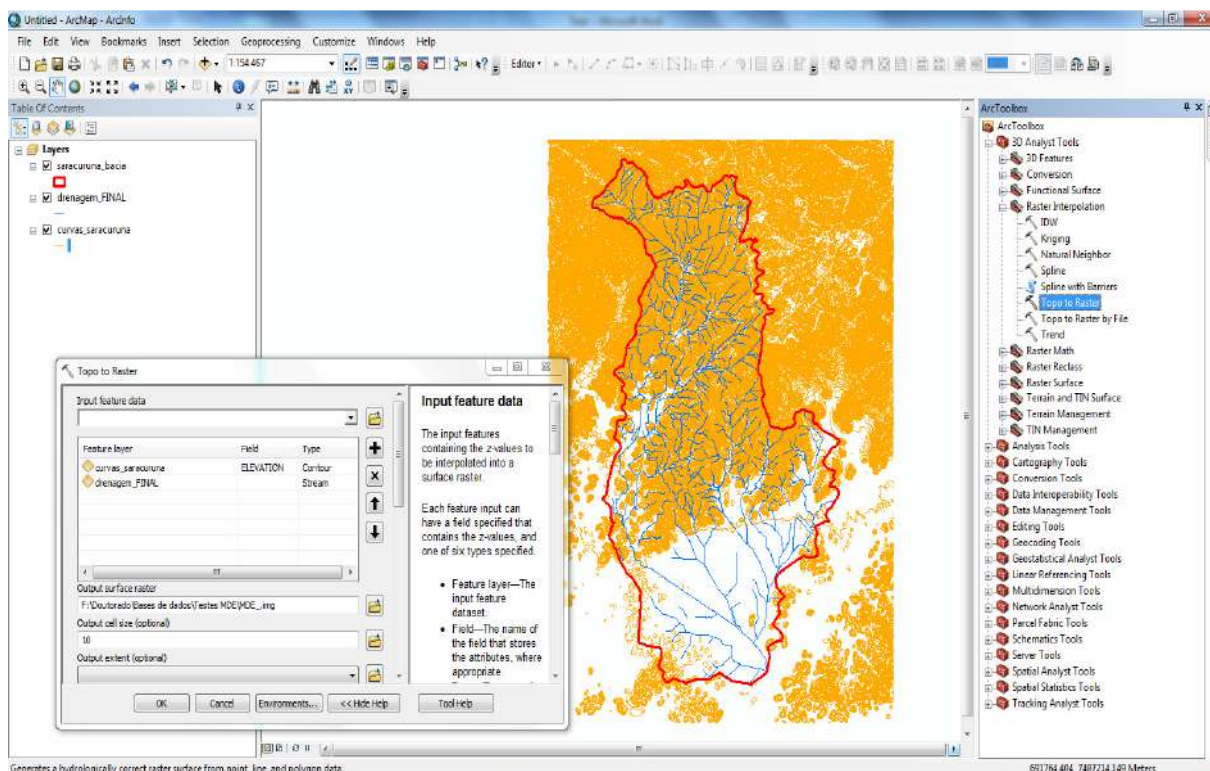
Um procedimento em comum na geração dos produtos em SIG nesta pesquisa diz respeito à inserção de temas (associados à bases cartográficas específicas) em um mapa base da sub-bacia, contemplando, além do limite da sub-bacia do rio Saracuruna, o limite de distritos que compõem a área, os reservatórios d'água artificiais e os principais rios. Em alguns casos, quando da representação de objetos pontuais, lineares ou poligonais (com transparência) foi utilizada a imagem de relevo sombreado disponibilizado pelo banco de imagens do ArcGIS *online*.

Para a caracterização do meio físico, foram elaborados mapas de hipsometria e declividade a partir do tratamento de dados do IBGE (2013b) no que se refere à geração do Modelo Digital de Elevação para a área da sub-bacia.

O MDE foi elaborado com a resolução espacial de 10 metros a partir das curvas de nível e hidrografia em escala de 1:25.000, com o suporte do grupo de ferramentas do ArcGIS 10 denominado “*3D Analyst Tools*”. Mais precisamente utilizou-se a ferramenta “*Topo to Raster*” do grupo de “*Raster Interpolation*”.

A adoção do interpolador “*Topo to Raster*”, o qual se utiliza de grades regulares, baseou-se no fato de que o mesmo, segundo Saito et. al. (2012, p. 127) configura o “método de interpolação mais apropriado para obtenção de modelos digitais de elevação com uma superior exatidão hidrológica.” Ainda, de acordo com ESRI (2011), este interpolador produz superfícies de maior precisão com menos dados de entrada. Neste caso, por exemplo, foram utilizados apenas os arquivos vetoriais de curvas de nível e hidrografia para a geração do modelo devido à ausência de um arquivo relacionado às cotas altimétricas (Figura 10).

Figura 10 – Tela do ArcGIS contendo o uso do interpolador “*Topo to Raster*” para a geração do MDE da área da sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Legenda: Na imagem observam-se os planos de informação carregados (curvas de nível e hidrografia) necessários ao procedimento. Na janela do interpolador deve ser indicada a coluna contendo os valores de cota de cada feição da base vetorial de curvas de nível.

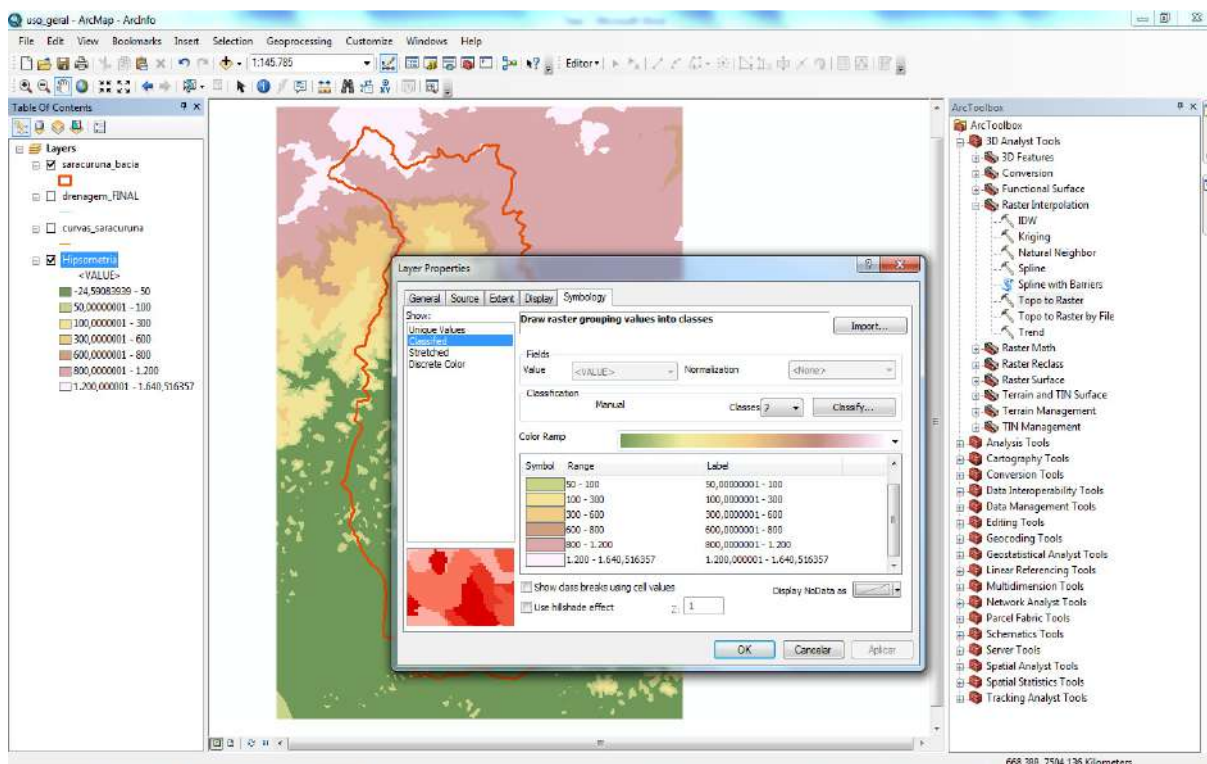
Fonte: O autor, 2013.

O MDE gerado foi classificado de acordo com as classes de altitude estabelecidas para a descrição hipsométrica da sub-bacia, as quais deverão balizar ainda a construção de indicadores voltados à avaliação de APPs ligadas ao relevo de altitude, por exemplo.

Para a composição das faixas de altitude utilizou-se, em “*Symbology*”, opção de “*Layer Properties*” (ou “*Propriedades da camada*”), o método manual para a definição do número de classes e dos intervalos das mesmas. Cumpre mencionar que o sistema se utiliza ainda de operadores estatísticos para a definição automática dos intervalos levando-se em consideração, por exemplo, a distribuição dos valores associados ao mapa.

Por fim, foi aplicada a simbologia adequada às convenções cartográficas no que se refere ao mapeamento físico ligado à altitude (Figura 11). O próprio sistema ArcGIS oferece uma ampla disponibilidade de paletas de cores para representação de diferentes temas.

Figura 11 – Tela do ArcGIS contendo a definição da classificação e simbologia associada ao mapa hipsométrico da sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Legenda: Em “*Layer Properties*” são definidas a classificação e a simbologia utilizada para a representação da camada.

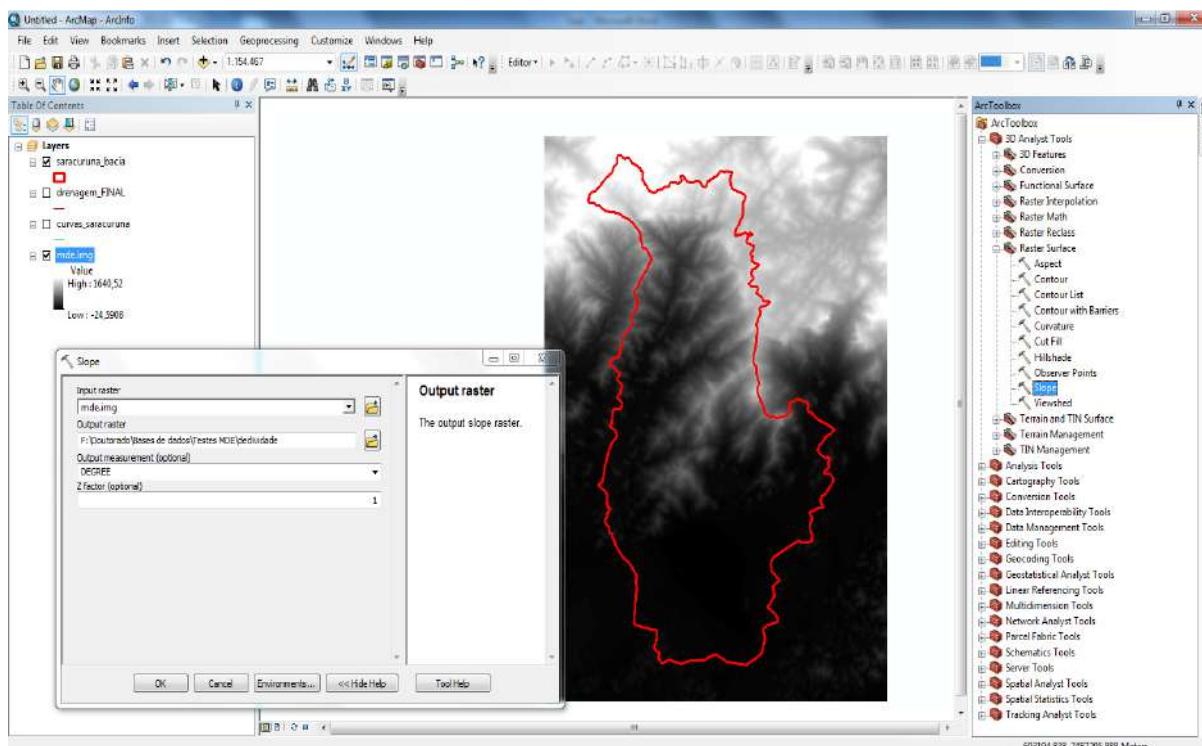
Fonte: O autor, 2013.

O arquivo raster referente ao MDE foi utilizado ainda para a construção morfométrica da declividade por meio da ferramenta “*Slope*”, pertencente ao grupo de “*Raster Surface*” em “*3D Analyst Tools*” (Figura 12). Segundo ESRI (2011) tal ferramenta identifica a inclinação (gradiente, ou taxa de variação máxima de atributo Z) de cada célula, e suas vizinhas, de uma superfície raster. As taxas de variação da superfície nas direções horizontal e vertical da célula central determinam a inclinação.

Ao fim, a declividade gerada foi classificada em graus³⁶ e o intervalo de suas categorias definidas de modo a balizar, basicamente, a descrição da área e a delimitação de faixas de APP ligadas à declividade. A faixa de valores de inclinação em graus pode variar de 0 a 90.

³⁶ A ferramenta “*Slope*” permite a medição da declividade em graus ou em percentual de inclinação.

Figura 12 – Tela do ArcGIS contendo o uso da ferramenta “Slope” para a geração da declividade a partir do MDE da sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Legenda: Na ferramenta “Slope” é carregado o arquivo raster (MDE) e definida a unidade de medição em graus (*degree*).

Fonte: O autor, 2013.

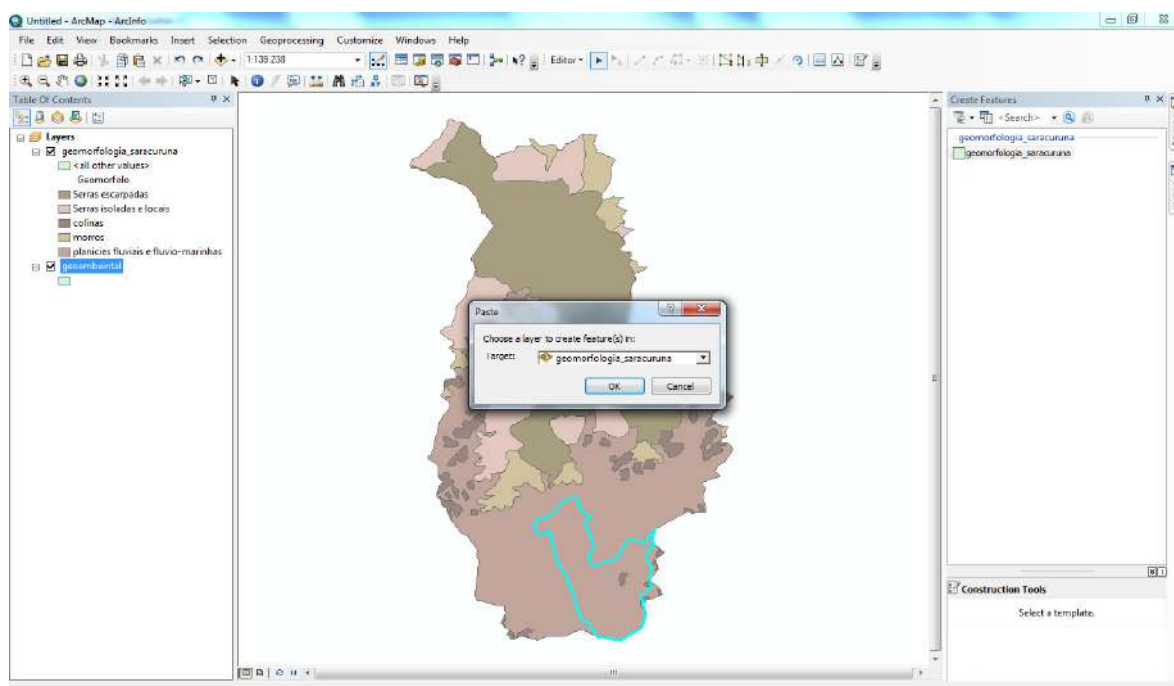
No que se refere à espacialização de dados temáticos e aplicação de simbologia, foram ainda elaborados os mapas de geomorfologia, litologia, e solos, em escalas variando de 1:50.000 a 1:100.000, pautando-se no método de representação corocromático. A geração de tais mapas contou com o suporte da função de simbologia pertencente às “propriedades camada”, junto ao ArcGIS.

Os mapas de geomorfologia e de litologia correspondem à espacialização de dados disponibilizados pelo INEA (2011b)³⁷, tendo sido o primeiro combinado com informações geoambientais (localização e extensão dos brejos e várzeas junto às planícies fluviais e flúvio-marinhas) extraídas de mapas impressos do Consórcio ECOLOGUS-AGRAR (2005), as quais foram vetorizadas e incluídas na composição do mapa final apresentado, sem necessariamente exigir o uso de funções analíticas de sobreposição.

³⁷ A base de dados de geomorfologia foi levantada em parceria com a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), já a base de dados de litologia foi levantada em parceria com o Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro (DRM-RJ), ambas para o estudo “Indicadores Ambientais do Rio de Janeiro” (INEA, 2011b; RIO DE JANEIRO, 2011a).

Tal procedimento foi possível a partir de suporte do grupo de ferramentas de edição, que auxiliaram não somente na criação de novos polígonos das áreas brejosas e várzeas, por meio do “*Feature Construction*”, mas também na junção das novas feições à base de geomorfologia, por meio da função de “*Paste*” do menu “*Edit*” (Figura 13).

Figura 13 – Tela do ArcGIS contendo o uso da função “*Paste*” associado à edição da base de geomorfologia da sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Legenda: A área selecionada associada ao brejo (em azul) será integrada à base de geomorfologia, em modo editável, por meio da função “*Paste*”. Nota-se que este plano de informação (geomorfologia) foi definido como alvo para a ação.

Fonte: O autor, 2013.

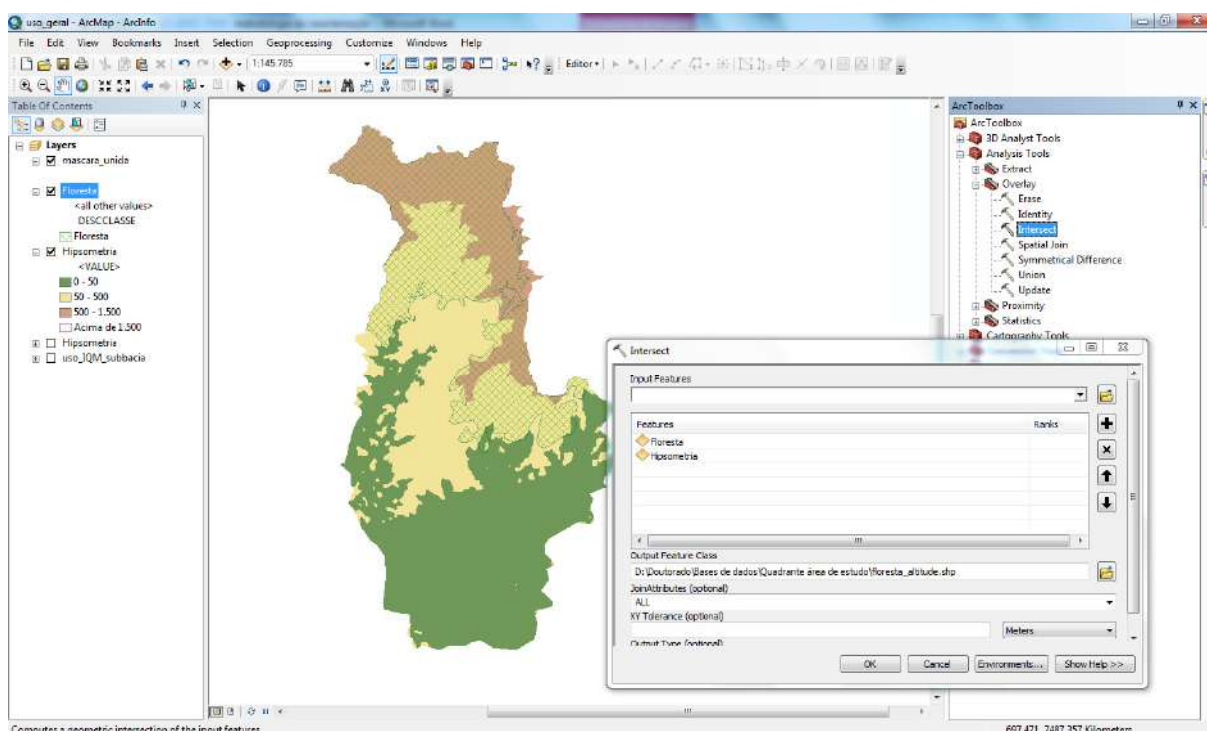
O mapa de solos foi elaborado a partir da base cartográfica digital disponibilizada por INEA (2012b), e a sua simbologia (cores e tons associados a cada classe de solo) corresponde às convenções definidas por IBGE (2007).

Os mapas de isoietas anuais (1:50.000) e de drenagem (1:25.000) foram construídos a partir da representação temática de linhas vetoriais (por classes, no caso do primeiro; e por simbologia única, no caso do segundo), a partir de bases cartográficas disponibilizadas, respectivamente, por Consórcio ECOLOGUS-AGRAR (2005) e por IBGE (2013b).

Com relação à caracterização dos aspectos bióticos na sub-bacia, cita-se a elaboração do mapa de uso e cobertura vegetal. Para tal, foi utilizada a base cartográfica digital de uso do solo disponibilizada pela antiga Fundação Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro (FCIDE, 2003), em escala de 1:100.000, e combinada com dados de altitude referentes ao

mapeamento topográfico do IBGE (2013b), em escala de 1:25.000. Neste caso, objetivando a desagregação da classe de uso “floresta”, por diferentes faixas de altitude (Submontana, 50 – 500 m; Montana, 500 – 1.500 m; e Alto Montana, acima de 1.500 m), conforme consta na descrição realizada por Gonçalves e Guerra (2006), foram sobrepostos os planos de informação de “floresta” (isolado) e de “hipsometria”, tendo sido este último já classificado de acordo com as faixas necessárias para a diferenciação dos tipos de floresta. Para a operação de sobreposição e cruzamento recorreu-se ao uso da ferramenta “*Intersect*” do grupo de funções de “*Overlay*” em “*Analysis Tools*” (Figura 14), tendo sido as novas feições incorporadas ao mapa completo de uso do solo, por meio da ferramenta “*Union*”, do mesmo grupo.

Figura 14 – Tela do ArcGIS contendo o uso da ferramenta “*Intersect*” para a sobreposição de informações de vegetação e hipsometria da sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Legenda: Junto à ferramenta de “*Intersect*” foram selecionadas as bases de “floresta” e “hipsometria”, a serem sobrepostas em uma nova camada.

Fonte: O autor, 2013.

Já o mapa de UCs foi resultado da combinação de mapeamento do NIMA (2009), no que se refere às UCs municipais, e IBAMA (2012), com relação às UCs federais, e o uso de simbologias para a adequada sobreposição visual. Ainda, no que se refere à localização e extensão da Rebio do Parque Equitativa, foram realizados os procedimentos de edição e

vetorização da área da UC, com o suporte do “*Create Features*” a partir das coordenadas geográficas referentes aos limites da UC disponibilizadas por Duque de Caxias (2009).

No que se refere à caracterização socioeconômica da sub-bacia, os mapas de vias de circulação e de atividades exploratórias desenvolvidas na sub-bacia foram resultados da espacialização de informações pontuais e lineares a partir do uso de simbologia adequada, levando-se em consideração as convenções cartográficas e a escala do mapa.

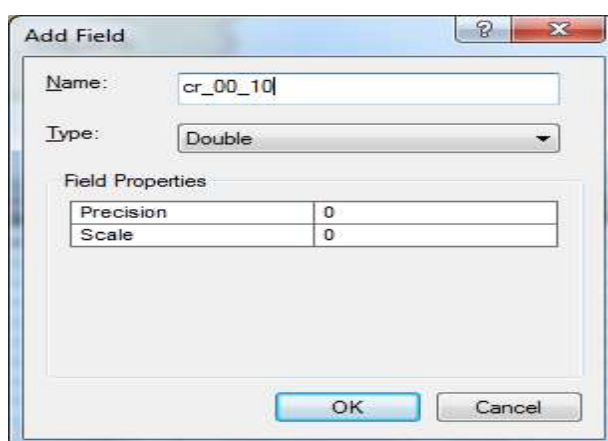
Os mapeamentos de situação dos setores censitários e de aglomerados subnormais na sub-bacia correspondem à espacialização de atributos básicos vinculados à malha cartográfica digital de setores censitários, disponibilizada por IBGE (2013a).

Já o percentual de crescimento de domicílios por distritos envolveu o acesso aos dados agregados do censo 2000 e 2010 referentes ao número de domicílios em cada distrito dos municípios que compõem a sub-bacia do rio Saracuruna. Após, aplicou-se a seguinte fórmula para obtenção da taxa de crescimento:

- $[(N^{\circ} \text{ em } 2010 - N^{\circ} \text{ em } 2000) / N^{\circ} \text{ em } 2000] \times 100.$

Os valores resultantes foram então alimentados na tabela de atributos da malha cartográfica digital de distritos, disponível em IBGE (2013a), a partir da criação de uma nova coluna (“*Add Field*” em “*Table Options*”); início da edição da base de dados (“*Editor*”); e inserção manual dos valores nas células correspondentes a cada distrito, devidamente identificado (Figuras 15 e 16).

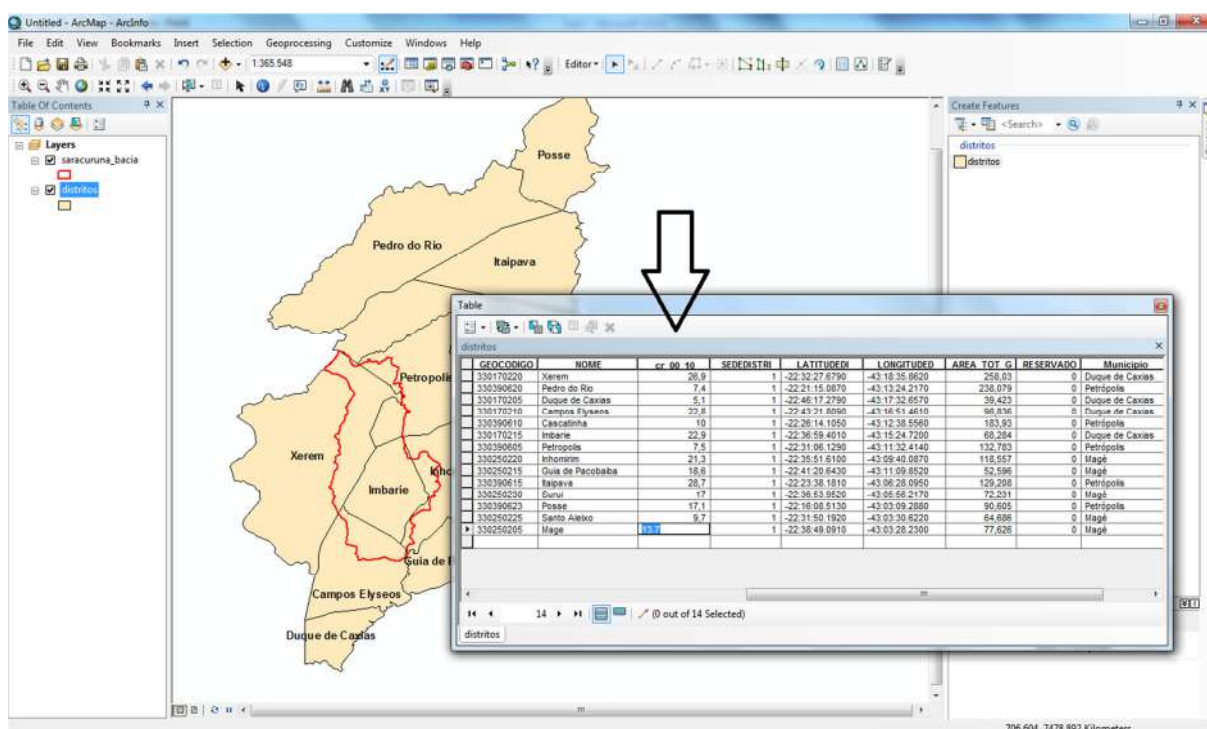
Figura 15 – Tela de “*Add Field*” do ArcGIS



Legenda: Nesta opção foram definidos o nome da coluna (de forma abreviativa) e o tipo, neste caso “*Double*”, o qual permite a inserção de casas decimais.

Fonte: O autor, 2013.

Figura 16 – Tela do ArcGIS contendo a tabela de atributos da malha de distritos e inserção dos valores referentes à taxa de crescimento de domicílios



Legenda: Em destaque a tabela de atributos da base de dados de distritos contendo a coluna recém-criada (indicada pela seta) e inserção dos valores referentes à taxa de crescimento calculada.

Fonte: O autor, 2013.

Por fim, após a finalização da edição, pôde-se gerar o mapeamento quantitativo (método coroplético) por meio da classificação junto às opções de “*Layer Properties*”. O mesmo processo foi estabelecido para a construção dos mapas de densidade de domicílios (em 2000 e 2010), densidade domiciliar média e rendimento médio mensal (em 2010). No entanto, no caso destes mapeamentos as informações especializadas se associam ao nível de setores censitários.

No caso específico do rendimento médio mensal, um novo atributo foi gerado e os dados digitados manualmente, repetindo assim o mesmo processo realizado para a taxa de crescimento. Isto ocorreu devido ao fato de que tais dados foram adquiridos junto ao IBGE de forma direta (acesso via tabela convencional), e já calculados, não sendo necessária, então, a realização de cruzamentos. Os dados foram classificados tendo como referencial o salário mínimo vigente no período (2010).

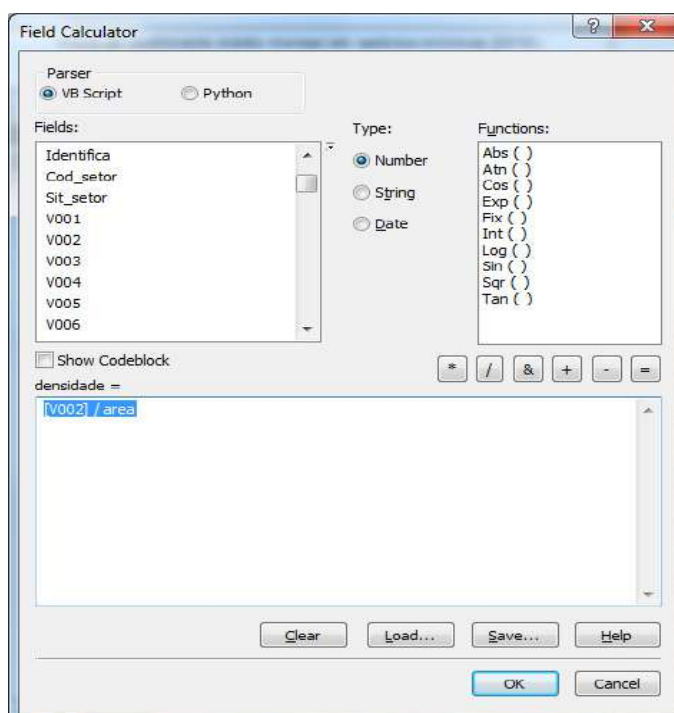
Já com relação à densidade de domicílios e domiciliar, o seu cálculo foi realizado automaticamente, via tabela de atributos no ArcGIS (opção de “*Field Calculator*” – Figura 17), cruzando-se as variáveis relativas aos censos demográficos do IBGE (2011c; 2011d) por

meio da descrição dos códigos contida em IBGE (2011a) para o grupo denominado “básico”.

As fórmulas utilizadas foram:

- Densidade de domicílios: N° de domicílios / Área do setor;
- Densidade domiciliar média: N° de habitantes / N° de domicílios.

Figura 17 – Tela de “*Field Calculator*” do ArcGIS



Legenda: Nesta ferramenta foram selecionadas as colunas “V002” (código da variável do censo referente aos domicílios particulares permanentes) e “área” (a qual contém o valor de área em hectare de cada setor), além dos operadores aritméticos para composição da fórmula.

Fonte: O autor, 2013.

Os mapeamentos ligados à infraestrutura sanitária por setores censitários em 2010 obedeceram a mesma sequência de procedimentos realizados para os mapeamentos de densidade, considerando as seguintes variáveis do grupo de “domicílio01”:

- V002 – Domicílios particulares permanentes;
- V012 - Domicílios particulares permanentes com abastecimento de água da rede geral;

- V013 - Domicílios particulares permanentes com abastecimento de água de poço ou nascente na propriedade;
- V017 - Domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial;
- V018 - Domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via fossa séptica;
- V020 - Domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via vala;
- V021 - Domicílios particulares permanentes, com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via rio, lago ou mar;
- V035 - Domicílios particulares permanentes com lixo coletado;
- V040 - Domicílios particulares permanentes com lixo jogado em terreno baldio ou logradouro;
- V041 - Domicílios particulares permanentes com lixo jogado em rio, lago ou mar.

Ressalta-se que a escolha das variáveis foi com base na expressão espacial ou importância das mesmas frente ao tema analisado na sub-bacia, levando-se em consideração que tais mapeamentos servirão de base para a composição de indicadores.

As fórmulas utilizadas para cada mapeamento são descritas a seguir:

- Percentual de domicílios com abastecimento de água da rede geral: $(V012 / V002) \times 100$;
- Percentual de domicílios com abastecimento de água de poço ou nascente na propriedade: $(V013 / V002) \times 100$;
- Percentual de domicílios com esgotamento sanitário via rede geral de esgoto / pluvial ou fossa séptica: $[(V017 + V018) / V002] \times 100$;
- Percentual de domicílios com esgotamento sanitário via vala ou rio: $[(V020 + V021) / V002] \times 100$;
- Percentual de domicílios com lixo coletado: $(V035 / V002) \times 100$;
- Percentual de domicílios com lixo jogado em terreno baldio, logradouro ou rio: $[(V040 + V041) / V002] \times 100$.

Ao fim foram definidas as legendas (intervalos de classificação) comuns aos tipos de infraestrutura de água, esgoto e lixo considerados adequados por IBGE (2012), para fins de comparação e futura agregação. Os demais mapeamentos, relacionados aos outros tipos de infraestrutura, tiveram sua classificação definida de acordo com a distribuição dos valores em cada mapa, tendo como auxílio o método de “*Natural breaks*”, operador estatístico para classificação junto ao “*Symbology*”, ArcGIS.

4.2 Identificação e delimitação das APPs na área de estudo

Para a definição dos limites das APPs privilegiou-se os parâmetros apresentados pelo Código Florestal atual (de 2012), visto que pretende-se analisar o potencial de utilização de um grupo de indicadores para a avaliação de áreas juridicamente protegidas e sua legitimação quanto as suas características (contribuindo para futuras tomadas de decisões).

Dentre as categorias presentes na sub-bacia do Saracuruna, somente as de topo de elevações e de reservatórios d’água artificiais sofreram modificações quanto aos seus parâmetros. No caso dos topos de elevações, como dito, privilegiou-se os critérios do Código Florestal de 2012 (menos restritivos do que os parâmetros anteriores). Os parâmetros utilizados referentes às APPs de reservatório d’água artificiais são os apresentados pela Resolução CONAMA 302 (30 metros para áreas urbanas e 100 metros para reservatórios situados em áreas rurais), anterior ao Código de 2012, visto que o mesmo determina a consulta à licença ambiental do empreendimento (as quais não se obtiveram acesso).

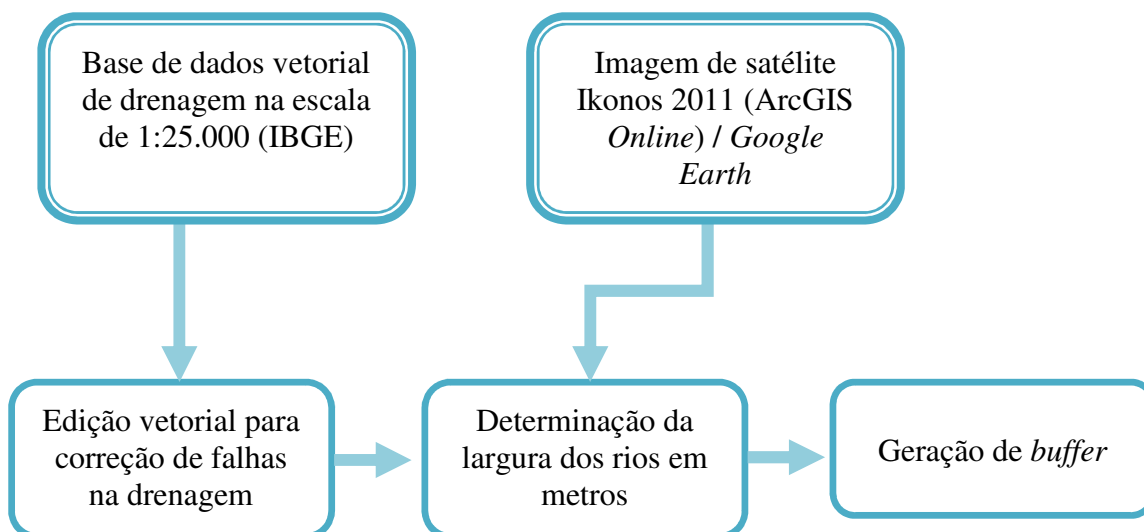
Para efeito de identificação espacial das categorias e sua abrangência no território da sub-bacia foram adquiridas ainda diversas bases de dados espaciais em meio digital, referentes a mapeamentos temáticos, junto aos órgãos competentes, além da utilização de recursos como a consulta gratuita a imagens georreferenciadas. A seguir segue o detalhamento dos materiais utilizados e procedimentos para a delimitação de cada categoria de APP na sub-bacia analisada.

- Faixas marginais de cursos d’água:

O fluxograma 4 sintetiza o rol de materiais e procedimentos adotados para a delimitação de APPs às margens de rios vinculada ao mapa de delimitação das faixas

marginais de rios, entorno de nascentes e de reservatórios d'água na sub-bacia do rio Saracuruna – RJ elaborado.

Fluxograma 4 – Materiais e procedimentos para delimitação de APPs a margem de rios na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



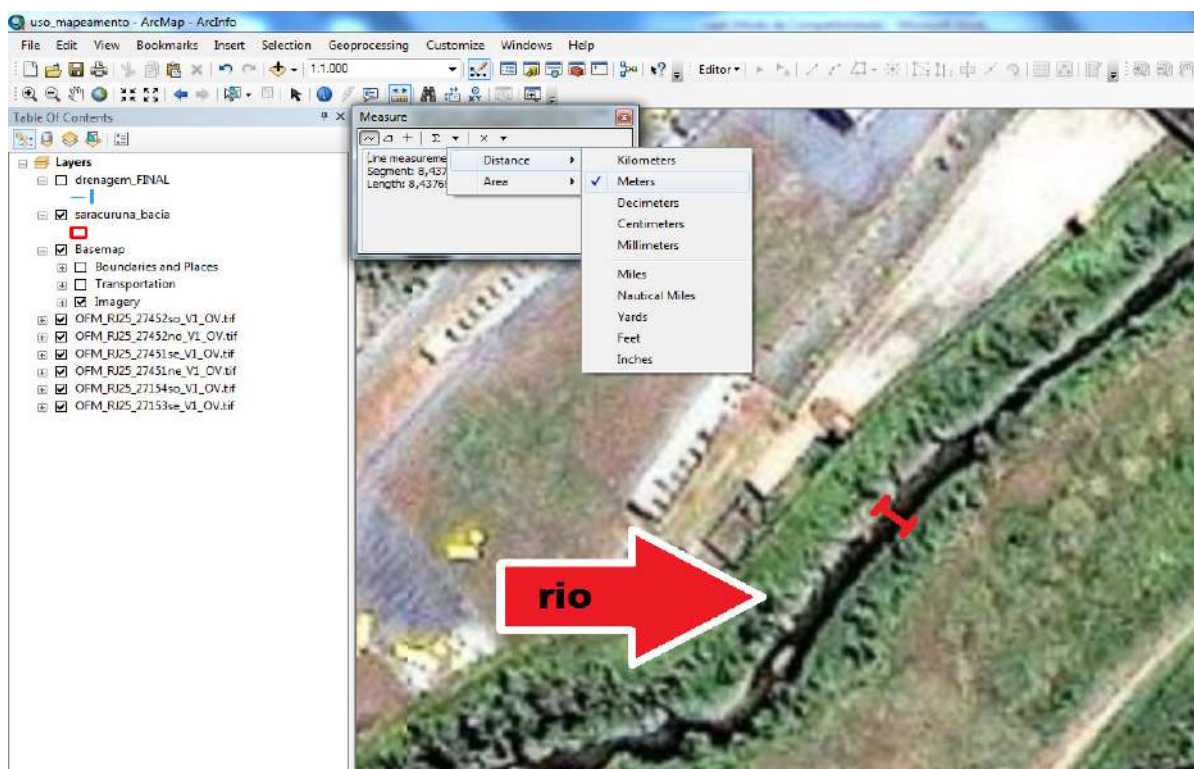
Fonte: O autor, 2013.

A partir da malha hidrográfica digital do IBGE na escala de 1:25.000 foram realizados procedimentos de edição para a correção e ajustes de pequenas falhas relacionadas a descontinuidade ou duplicidade de linhas vetoriais representativas de alguns canais. Para tal recorreu-se, junto ao módulo de edição do ArcGIS, à utilização da ferramenta de “*End point arc segment*” (opção de “*Featrure Construction*” do grupo de “*Create Features*”), nos casos de descontinuidade; e “*Delete*”, nos casos de duplicidade. Cabe ressaltar que a malha foi sobreposta ao mapeamento de curvas de nível e à imagem Ikonos (ArcGIS *online*) para apurar a necessidade de retificação.

Após, procedeu-se a identificação da largura dos cursos d'água presentes na sub-bacia. Isto só foi possível via verificação de cada rio identificável na imagem de satélite Ikonos (com resolução espacial de 1 metro), contanto com o suporte ainda de imagem do *Google Earth* (com resoluções variadas). Tanto o ArcGIS (Figura 18) como o *Google Earth* possuem ferramenta de medição, ajustável a qualquer unidade de medida (neste caso, para metros).

Na própria base de dados de hidrografia foi incluído um novo atributo, denominado “largura”, em sua tabela de atributos junto ao ArcGIS. Os valores obtidos para cada curso d'água foram então classificados em “menos de 10 metros” ou “acima de 10 metros” e preenchidos na tabela, para cada feição de rio.

Figura 18 – Tela parcial do ArcGIS contendo exemplificação de medição da largura de rio na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Legenda: Na tela observa-se a utilização da função de medição (“*measure*”), adaptada para obter valores em metros a partir do enquadramento do rio na imagem Ikonos 2011 carregada. A escala de visualização do quadrante corresponde a 1:1.000.

Fonte: O autor, 2013.

Cumprе mencionar que esta medição é aproximada, visto que na imagem não há como se obter precisão com relação ao leito regular do rio, porém a visualização do corpo hídrico em si e a própria amplitude do intervalo de classificação, segundo os parâmetros legais, amenizaram este quadro.

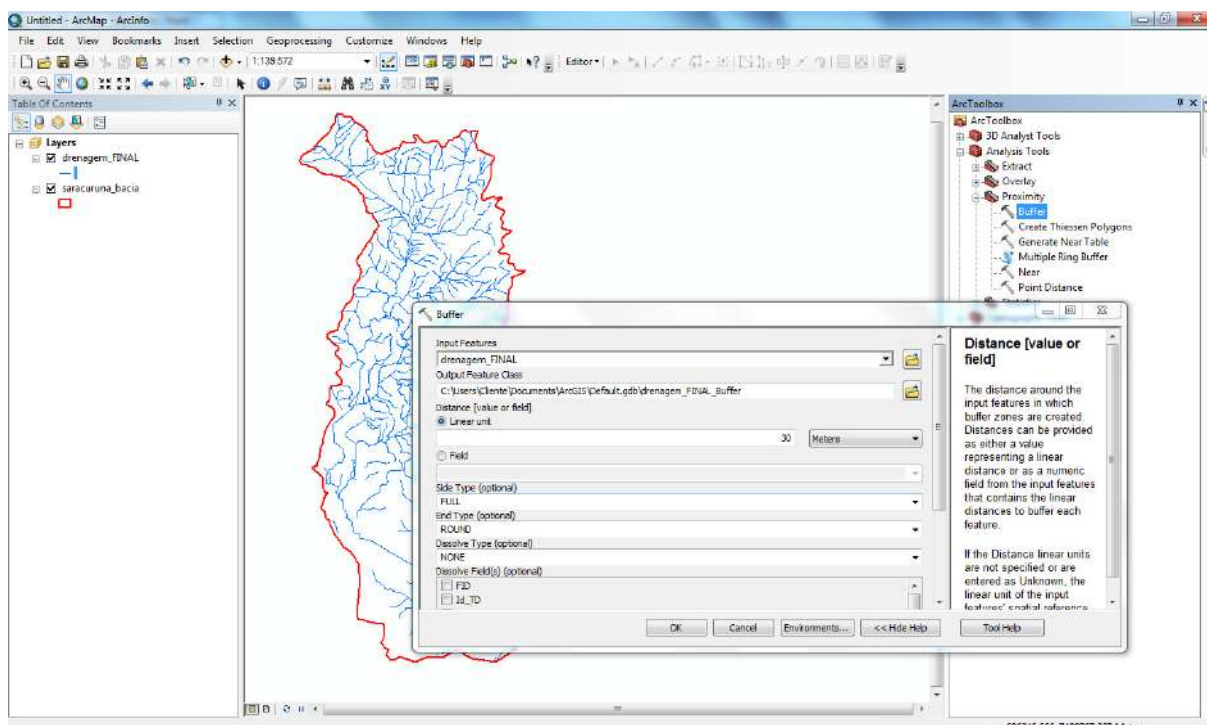
Os cursos d’água principais e mais extensos, ou seja, os que possuem tributários, receberam atenção a parte. Nestes casos os rios foram setorizados a fim de se identificar mudanças de larguras resultando na passagem entre uma classificação e outra. Quando ocorrente, procedeu-se a fragmentação da linha vetorial para que, na tabela, aquele trecho pudesse receber um valor diferenciado.

O trabalho caracterizou-se pela necessidade de detalhamento caso a caso, visto que para cada corpo hídrico foram confrontados valores da medição no ArcGIS e *Google Earth*. Para casos de discrepância maior que 5 metros, ocorrente em raros momentos, uma terceira medição era realizada junto à ortofoto do IBGE. Aliás, este recurso não foi utilizado

inicialmente, pois não recobria toda a sub-bacia, além de ser um material mais defasado em comparação com as imagens privilegiadas para se realizar as primeiras medições.

Após a definição da largura dos cursos d'água procedeu-se a geração da zona de proximidade (“*Buffer*”) junto ao ArcGIS, por meio de sua funcionalidade denominada “*Geoprocessing*” e vinculada também ao grupo de ferramentas de “*Proximity*” em “*Analysis Tools*”. Nesta ferramenta foram definidos os valores em metros para a geração da zona de proximidade a partir da linha vetorial representando os rios (Figura 19).

Figura 19 – Tela do ArcGIS contendo o uso da ferramenta “*Buffer*” para a geração das faixas marginais de rios na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Legenda: Nesta ferramenta foram definidos o valor de distância e a unidade de medida (neste caso, metros), além de seleção do arquivo vetorial (de rios) a partir do qual será procedida a operação de proximidade.

Fonte: O autor, 2013.

Admitindo-se que, o *buffer* seria criado a partir desta linha (que não leva em consideração a área, mas tão somente a posição do curso d'água), foi incluído então, no valor da metragem de geração do mesmo, 5 metros a mais além dos 50 especificados na legislação para o caso dos rios de maior expressão, com mais de 10 metros de largura. Sendo assim, cada

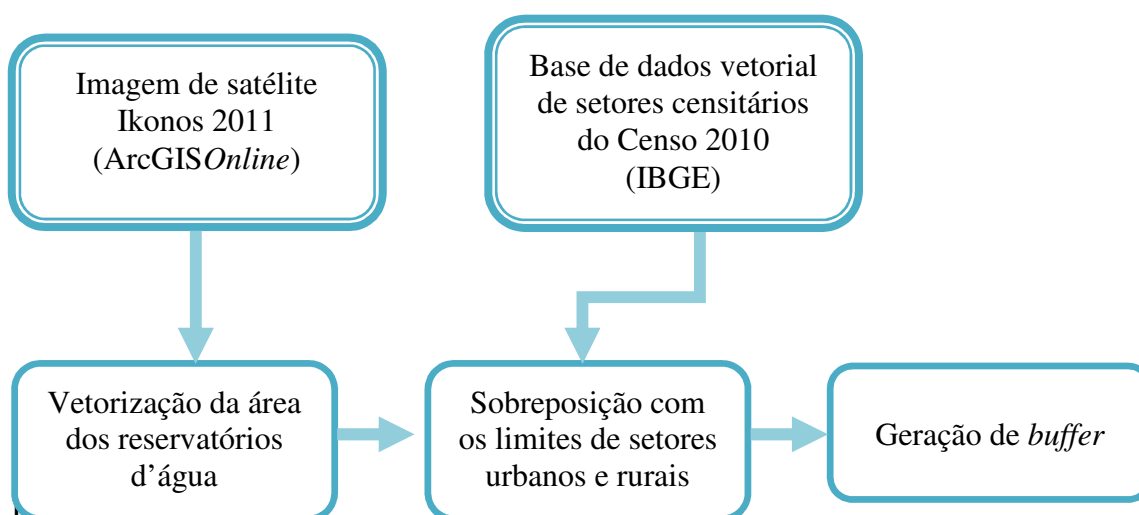
margem obteve 5 metros a mais (em cada lado) com o objetivo de descontar o valor de 10 metros (no mínimo³⁸) relativos à área do corpo hídrico.

Para o caso dos rios com largura inferior a 10 metros não houve a necessidade de nenhum tipo de especificação quando da geração do *buffer*, visto que grande parte destes, localizados a montante, são inexpressivos em termos de visualização nas imagens, com largura média de 5 metros. Este desconto, com relação à faixa de 30 metros de *buffer* gerado, não teria relevância para a escala de visualização dos resultados.

- Entorno de reservatórios d'água:

O fluxograma 5 apresenta uma síntese de todo o processo de delimitação de APPs no entorno de reservatórios d'água, vinculada ao mapa de delimitação das faixas marginais de rios, entorno de nascentes e de reservatórios d'água na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ, elaborado.

Fluxograma 5 – Materiais e procedimentos para delimitação de APPs no entorno de reservatórios d'água artificiais na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Fonte: O autor, 2013.

Com o auxílio da descrição da área em estudo, envolvendo a caracterização dos recursos naturais e dos usos dos mesmos, constatou-se a presença de três reservatórios com localização exata identificável, decorrentes de barramento ou represamento. Os maiores (do

³⁸ Na média geral para a sub-bacia em questão, os rios e canais com largura acima de 10 metros não apresentaram valores distantes disto.

Saracuruna e da Taquara) são facilmente identificados por meio de imagens orbitais devido às suas vastas dimensões. O terceiro, de menor proporção, foi identificado na imagem a partir da localização indicada no Plano de Manejo da Rebio Tinguá. (IBAMA, 2006). No entanto, este último apresentou área inferior a 1 (um) hectare, sendo então desconsiderada a sua delimitação, com base nos preceitos do Código Florestal (APÊNDICE A).

A área dos reservatórios foi vetorizada no ArcGIS a partir da imagem Ikonos (2011) com resolução espacial de 1m. O reconhecimento desta feição envolveu a interpretação visual da imagem a partir dos elementos “cor” (espelho d’água representado pela cor azul escuro) e “forma” (alguns limites da feição são bem definidos) (Figura 20).

Figura 20 – Amostra de reservatório d’água



Legenda: Represa da Taquara (ao centro da imagem) representada pela cor azul e forma bem definida. A escala de visualização corresponde a 1:6.000.

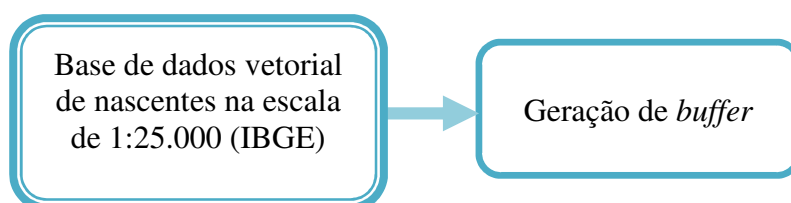
Fonte: ARCGIS ONLINE, 2013.

Após, ao se carregar os polígonos dos reservatórios sobrepostos ao plano de informação de tipo de setores censitários (malha correspondente a 2010) no ArcGIS, pôde-se identificar visualmente que os reservatórios estão inseridos em áreas de classificação rural. Neste caso, foi atribuído o valor de 100 metros na composição do *buffer* correspondente a faixa de APP, segundo os parâmetros da resolução 302. Ressalta-se que na elaboração do *buffer* optou-se pela composição da faixa apenas para fora do polígono (“*outside only*”), restando então somente o entorno da APP e não a área do espelho d’água.

- Entorno de nascentes:

Para o entorno de nascentes os procedimentos de delimitação, vinculados ao mapa de delimitação das faixas marginais de rios, entorno de nascentes e de reservatórios d'água na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ elaborado, limitaram-se à geração de proximidade a partir dos pontos de nascente disponibilizados pelo IBGE por meio do mapeamento ligado a drenagem (Fluxograma 6).

Fluxograma 6 – Materiais e procedimentos para delimitação de APPs no entorno de nascentes na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Fonte: O autor, 2013.

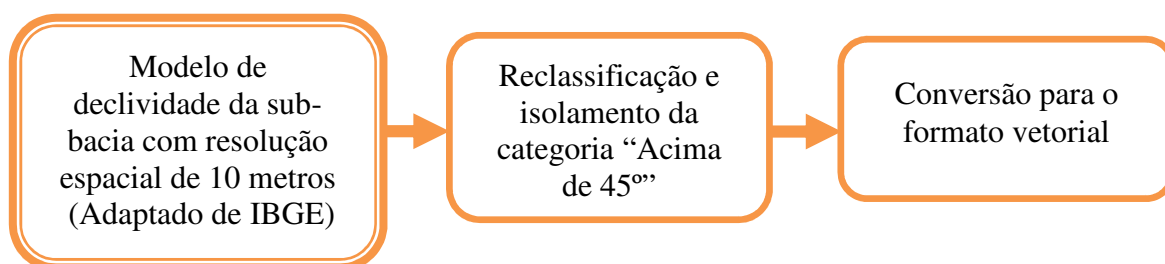
A metragem definida para o *buffer* corresponde a 50 metros, de acordo com os parâmetros do Código Florestal. Neste caso, como as nascentes estão representadas sob a forma de pontos vetoriais, os quais apresentam somente um par de coordenadas (X, Y), o polígono gerado possui uma expressão menor para a escala de visualização da sub-bacia, em comparação aos polígonos referentes às faixas delimitadas para rios e reservatórios (contínuos e mais abrangentes).

Por fim, o mapa de delimitação das faixas marginais de rios, entorno de nascentes e de reservatórios d'água na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ foi elaborado a partir do carregamento dos planos de informação relacionados aos *buffers* gerados para aos rios, reservatórios d'água artificiais e nascentes junto ao mapa base da sub-bacia.

- Encostas com declividade superior a 45°:

O fluxograma 7 apresenta uma síntese de todo o processo de delimitação de APPs em encostas com declividade superior a 45°, vinculada ao mapa de delimitação das faixas de topo de elevações e de declividade acima de 45° na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ, elaborado.

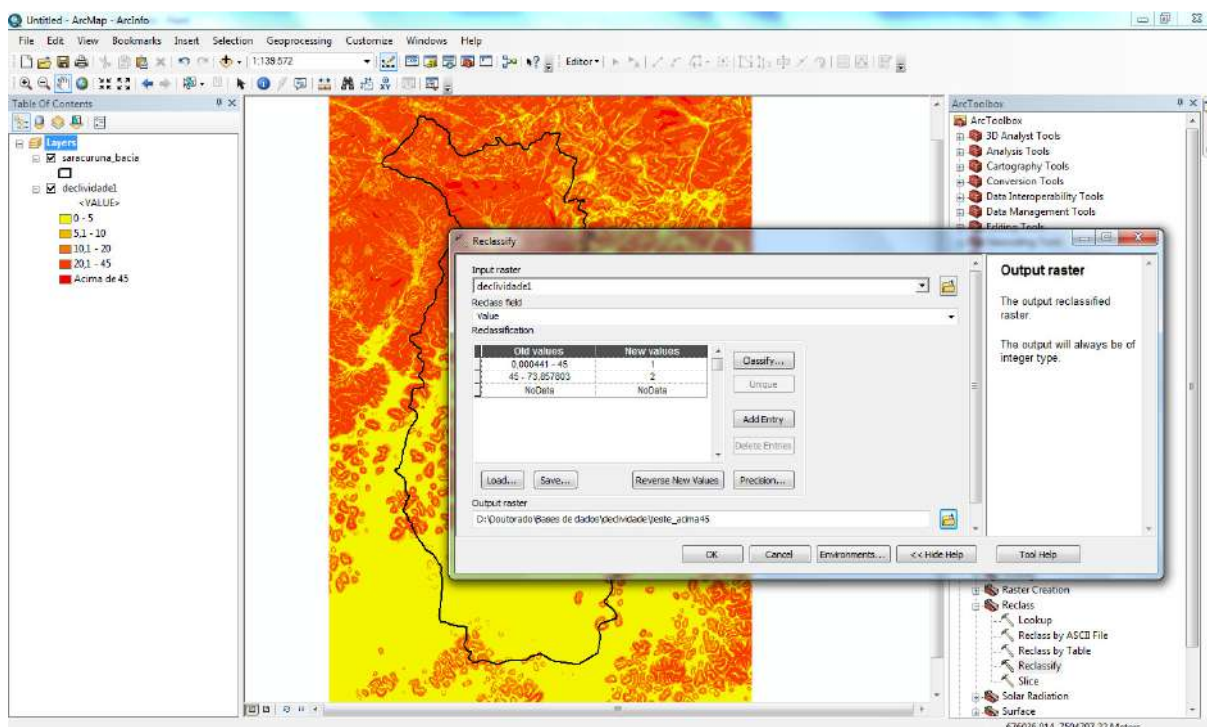
Fluxograma 7 – Materiais e procedimentos para delimitação de APPs de declividade superior a 45° na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Fonte: O autor, 2013.

A partir do MDE ligado ao mapeamento de declividade gerado junto à caracterização da área de estudo, procedeu-se a geração de um novo arquivo raster contendo somente duas classes (“até 45°” e “acima de 45°”). Para tal utilizou-se a ferramenta “*Reclassify*” do grupo de “*Reclass*” da extensão “*Spatial Analyst Tools*” (Figura 21).

Figura 21 – Tela do ArcGIS contendo o uso da ferramenta “*Reclassify*” para o isolamento da declividade superior a 45° na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ

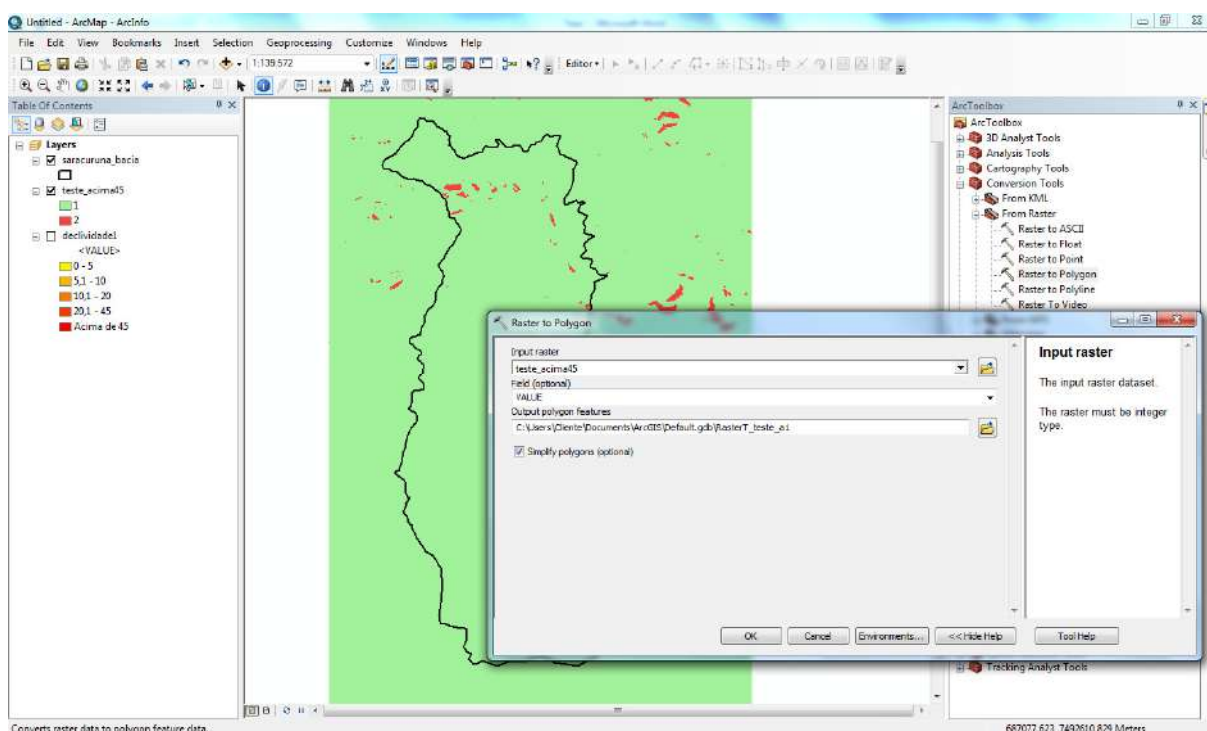


Legenda: Nesta ferramenta definiram-se as classes de saída do novo raster, a partir da generalização dos valores referentes aos *pixels*. Com base na eliminação de entradas mantiveram-se somente as categorias de interesse.

Fonte: O autor, 2013.

Após, o novo raster foi convertido para o formato vetorial (extensão *shape*) utilizando-se a ferramenta “*Raster to polygon*”, vinculada ao grupo de “*From Raster*” em “*Conversion Tools*” (Figura 22). O shape criado pôde então ser editado e todas as entradas com o valor “1” (declividade abaixo de 45°) foram eliminadas da base de dados, via tabela de atributos, restando apenas os polígonos referentes às áreas acima de 45° de declividade.

Figura 22 – Tela do ArcGIS contendo o uso da ferramenta “*Raster to polygon*” para a conversão entre formatos da base de declividade na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



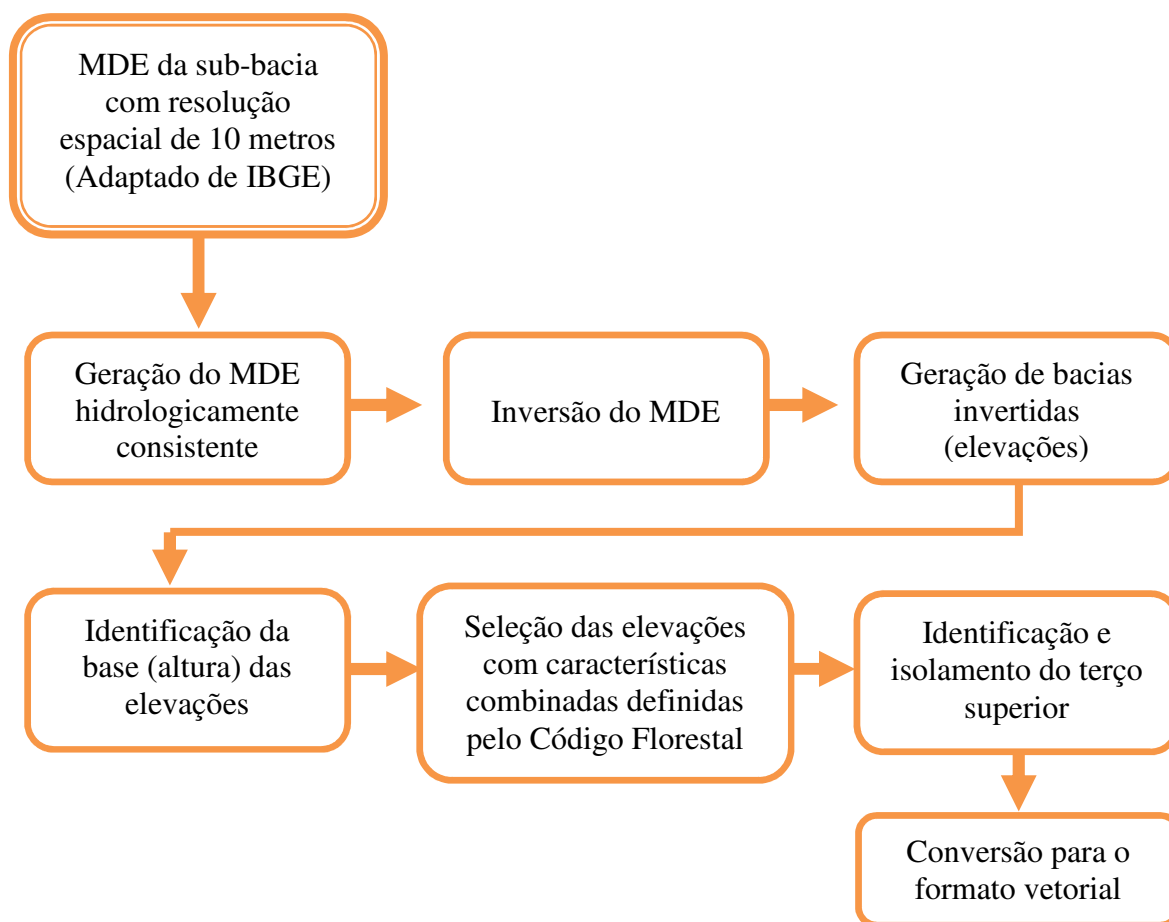
Legenda: Na imagem percebe-se, ao fundo, a visualização do raster contendo os valores generalizados relacionados à declividade. O mesmo foi definido junto à ferramenta de “*Raster to polygon*”, em primeiro plano, como o raster a ser convertido em um novo shape, o qual contemplará as mesmas informações de atributo em sua base alfanumérica.

Fonte: O autor, 2013.

- Topo de elevações:

O fluxograma 8 representa a síntese de todo o processo de delimitação de APPs em topo de elevações, vinculada ao mapa de delimitação das faixas de topo de elevações e de declividade acima de 45° na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ, elaborado.

Fluxograma 8 – Materiais e procedimentos para delimitação de APPs de topo de elevações na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ

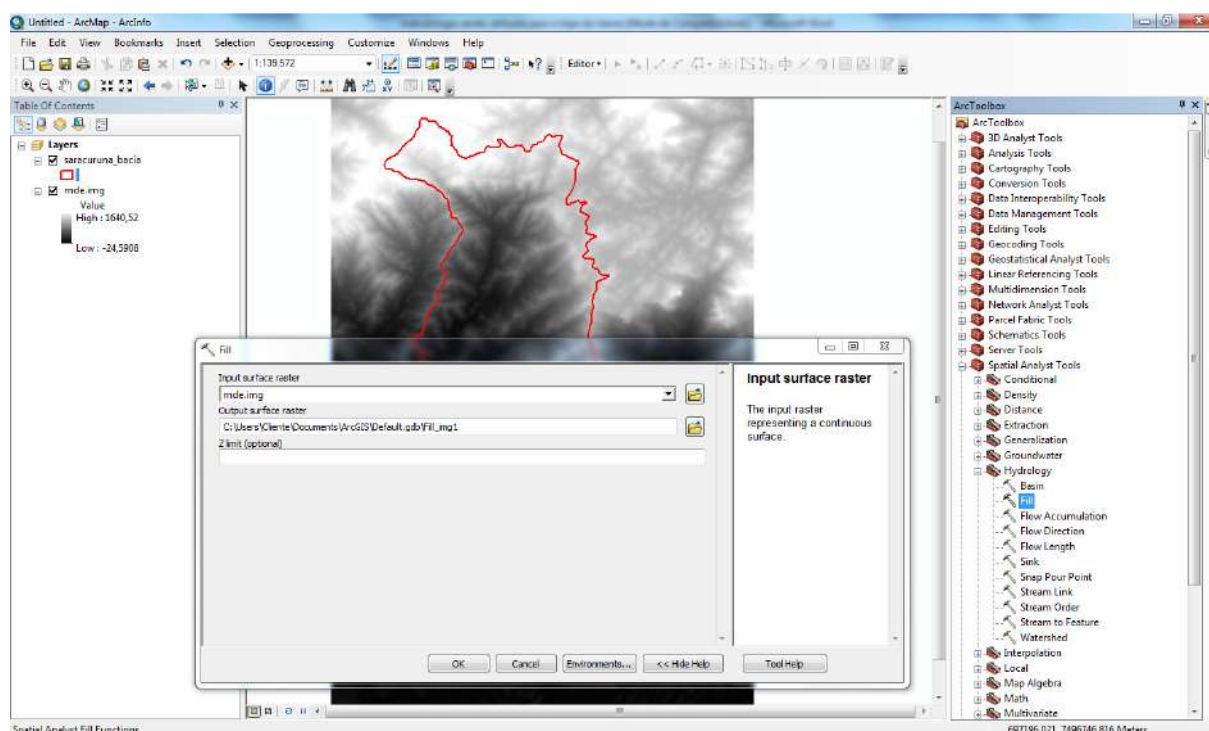


Fonte: O autor, 2013.

A partir do MDE, gerado inicialmente para subsidiar a elaboração dos mapeamentos ligados à caracterização do relevo da sub-bacia do rio Saracuruna, foram realizados alguns dos procedimentos descritos por Victoria (2010) e Gasparini (2011), dentre outros autores, a fim de se obter a área do topo de elevações segundo os parâmetros do Código Florestal. Cumpre mencionar que, nestes trabalhos, anteriores ao Novo Código Florestal (de 2012), os autores levaram em consideração os parâmetros até então vigentes. Sendo assim, para este trabalho houve a necessidade de adaptação ou mesmo proposição de novos procedimentos com o suporte do ArcGIS para atendimento aos novos parâmetros.

Objetivando a identificação das formações de relevo (elevações) a partir da estratégia de compartimentação da sub-bacia em unidades de escoamento e inversão das mesmas, aplicou-se ao MDE, em um primeiro momento, o preenchimento de possíveis imperfeições no modelo a partir da função denominada “*Fill*”, pertencente ao grupo de ferramentas “*Hydrology*”, em “*Spatial Analyst Tools*” (Figura 23).

Figura 23 – Tela do ArcGIS contendo o uso da ferramenta “Fill” para a obtenção do MDE hidrológicamente consistente da sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Legenda: Na janela da ferramenta selecionou-se o arquivo MDE da sub-bacia objetivando a geração de um novo MDE corrigido de imperfeições.

Fonte: O autor, 2013.

Este procedimento foi realizado para eliminar as depressões espúrias no modelo, ou seja, as depressões com valores de células inexistentes e que impedem os cálculos de direção de fluxo do terreno (Figura 24). A partir de sua remoção obtém-se, portanto, um MDE hidrológicamente consistente (MDEHC) (RIBEIRO et. al., 2005; GASPARINI, 2011).

Figura 24 – Ilustração de funcionamento da ferramenta “Fill” do ArcGIS



Legenda: A ilustração demonstra o preenchimento da depressão espúria, em perfil, operacionalizado pela ferramenta “Fill”.

Fonte: Adaptado de ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE, 2011.

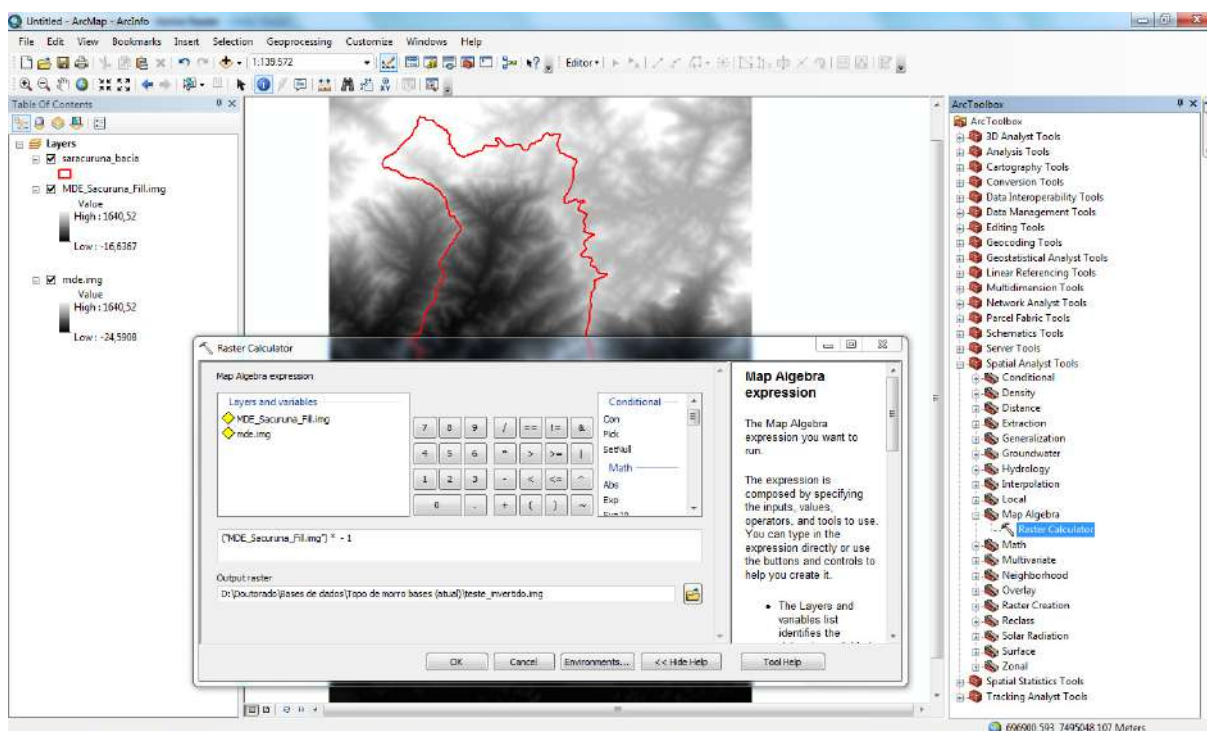
De acordo com Ribeiro et. al. (2005, p. 206) “no processo manual de delimitação das APPs, o operador deverá estar, obrigatoriamente, considerando sempre duas referências: uma superior (o divisor de águas) e outra inferior (a base do morro ou o curso d’água).” Para se obter a base de uma elevação, neste caso, é necessária a individualização da mesma.

A delimitação da área de influência de cada elevação pode ser realizada aplicando-se as ferramentas de direção de fluxo e delimitação de bacias hidrográficas em um MDEHC invertido. O procedimento proposto consiste então na inversão estratégica do MDEHC, por meio da reclassificação dos valores que representam a direção de escoamento (NASCIMENTO, et. al., 2005; VICTORIA, 2010).

No ArcGIS a inversão do MDEHC foi possível por meio da ferramenta de “*Raster Calculator*” do grupo de “*Map Algebra*” em “*Spatial Analyst Tools*” (Figura 25). Com base em Gasparini (2011) a fórmula utilizada foi:

- $\text{MDEHC invertido} = (\text{MDEHC}) \times -1$.

Figura 25 – Tela do ArcGIS contendo o uso da ferramenta “*Raster Calculator*” para a obtenção do MDEHC invertido da sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



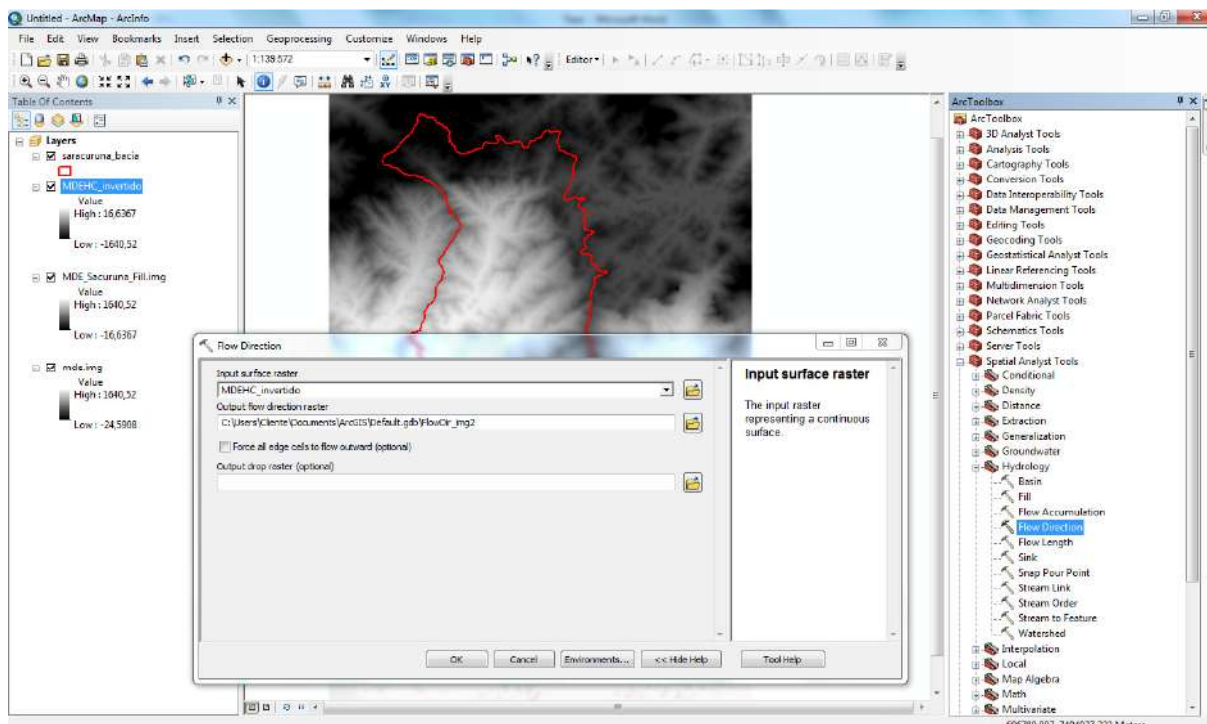
Legenda: Na janela da ferramenta observam-se os operadores aritméticos para composição da fórmula utilizada, a qual consistiu na multiplicação do valor de cada *pixel* do MDEHC por “-1”.

Fonte: O autor, 2013.

Segundo Hott, Guimarães e Miranda (2004, p. 18) no sistema digital o fluxo superficial oriundo de cada cume é usado para individualizar a elevação e definir sua base. Ainda conforme os autores, a direção de fluxo é derivada da utilização de um modelo denominado D8 “no qual a direção resultante numa vizinhança 3 x 3 é atribuída ao pixel central e, assim, as conformações dessas direções materializam os vales existentes entre as elevações, delimitando-as e expressando as bases irregulares.”

A geração do arquivo raster de direção de fluxo foi possível a partir do uso da ferramenta de “*Flow Direction*” do grupo de “*Hydrology*” junto ao ArcGIS (Figura 26), a qual se baseia no modelo D8 explicitado pelos autores acima citados.

Figura 26 – Tela do ArcGIS contendo o uso da ferramenta “*Flow Direction*” para a obtenção da direção de fluxo da sub-bacia do rio Saracuruna, RJ

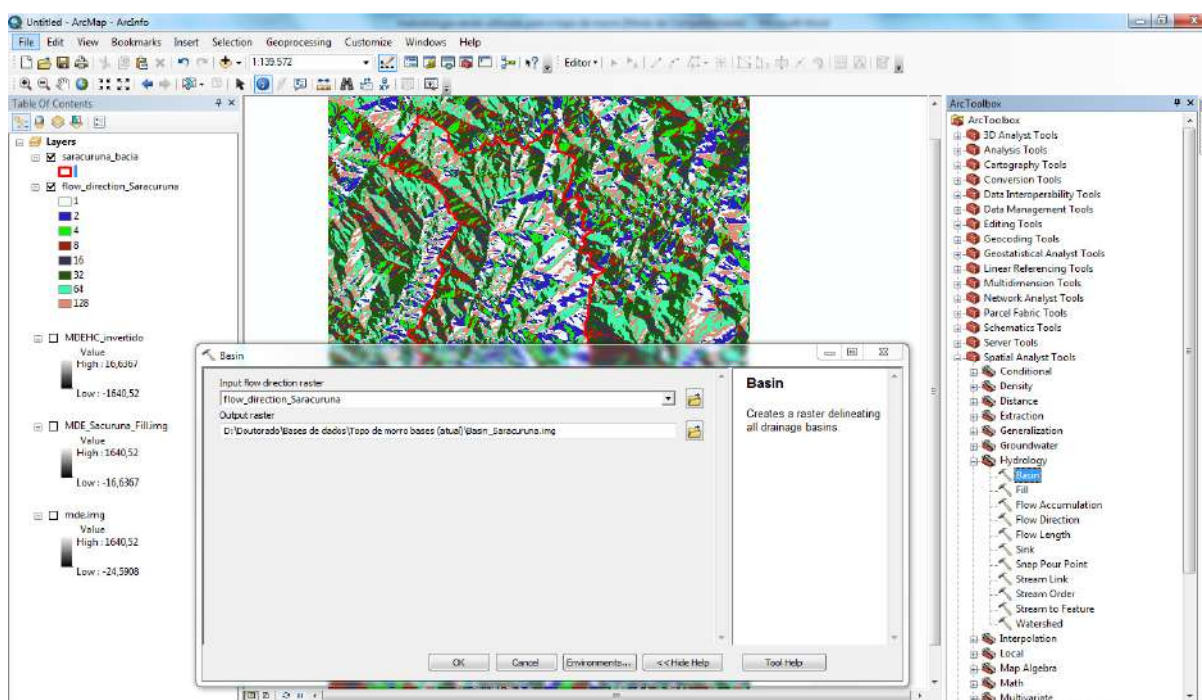


Legenda: Ao fundo observa-se, como plano de informação ativo, o MDEHC invertido. Na janela da ferramenta de “*Flow Direction*” o mesmo foi carregado a fim de se obter a direção de fluxo.

Fonte: O autor, 2013.

A partir do raster contemplando a direção de fluxo, procedeu-se a utilização da ferramenta “*Basin*”, também vinculada ao “*Hydrology*” (Figura 27), para o delineamento de todas as bacias de drenagem (neste caso, por se tratar de um produto invertido, das elevações).

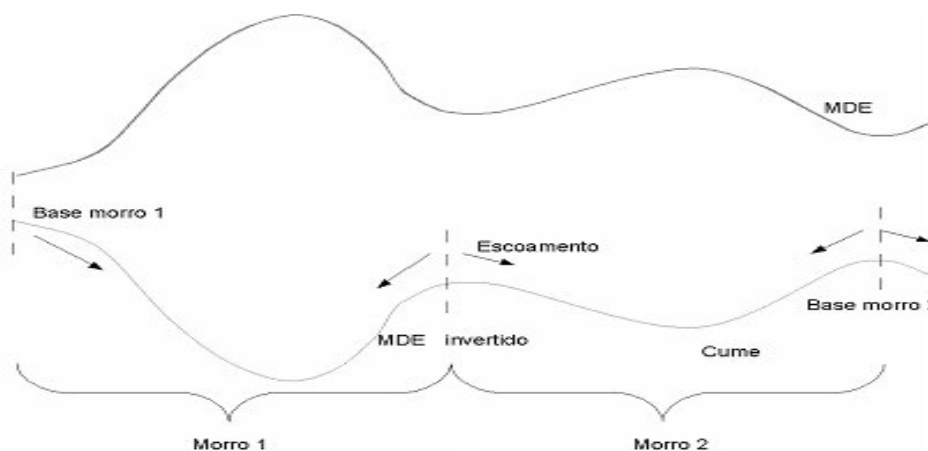
Figura 27 – Tela do ArcGIS contendo o uso da ferramenta “Basin” para a delimitação das bacias de drenagem (invertidas) da sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Legenda: Ao fundo observa-se, como plano de informação ativo, o raster de direção de fluxo, o qual foi selecionado junto à ferramenta “Basin” para a delimitação das elevações.
Fonte: O autor, 2013.

Conforme explicitado por Louzada et. al. (2009), para cada depressão (representando no terreno real um cume), identificou-se a respectiva bacia de contribuição, cujo contorno representa, então, a base do morro ou montanha (Figura 28).

Figura 28 – Representação esquemática da identificação de elevações

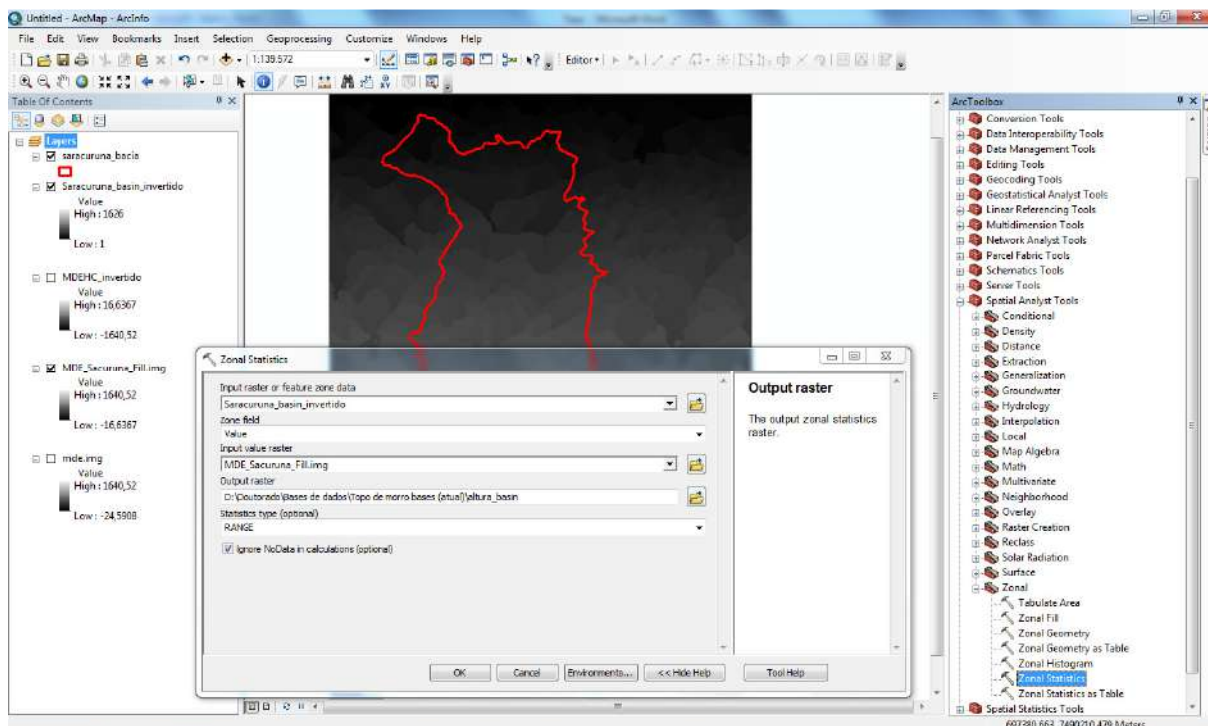


Legenda: Visualizam-se as áreas de influência das formações identificadas como “Morro 1” e “Morro 2” a partir da determinação dos divisores de água (linhas pontilhadas) do modelo invertido.
Fonte: VICTORIA, 2010, f. 482.

Conforme proposto por Nascimento et. al. (2005) determinaram-se, então, as altitudes da base e do topo por meio das identificações, respectivamente, do menor e maior valor de altitude considerando as células do MDEHC (original) dentro da área cada elevação delimitada (bacia invertida). Com isso, foi possível determinar a altura do morro pela diferença entre a altitude do topo da elevação e a altitude da sua base.

Para tal recorreu-se ao uso da ferramenta “*Zonal Statistics*” do grupo de “*Zonal*” em “*Spatial Analyst Tools*”, o qual redundou em um novo raster contendo a altura de cada elevação (Figura 29).

Figura 29 – Tela do ArcGIS contendo o uso da ferramenta “*Zonal Statistics*” para a obtenção da altura de cada elevação da sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Legenda: Ao fundo observa-se, como plano de informação ativo, o raster de bacias invertidas, o qual foi definido, junto ao “*Zonal Statistics*”, como o arquivo contendo as zonas de alcance da varredura a ser realizada para identificação dos valores de interesse (menor e maior altitude), contidos no arquivo MDEHC. Neste caso o operador estatístico escolhida foi o “*Range*”, o qual calcula automaticamente a diferença entre o maior e o menor valor encontrado em cada zona (definindo assim a altura de cada elevação).

Fonte: O autor, 2013.

Atendendo ao Código Florestal de 2012, o qual limita a definição da APP de topo às elevações com altura mínima de 100 metros e declividade média de 25°, procedeu-se a identificação das elevações com tais características combinadas.

Recorreu-se novamente à ferramenta “*Reclassify*” (utilizada no processo de determinação das APPs de declividade acima de 45°) para geração de um novo arquivo raster a partir do isolamento das elevações com altura mínima de 100 metros. O novo arquivo gerado foi utilizado para uma nova triagem, considerando agora o isolamento das elevações com declividade média de 25° (identificada a partir do modelo de declividade da sub-bacia do rio Saracuruna, com o auxílio do operador estatístico “*Mean*” da ferramenta “*Zonal Statistics*”).

Por fim, com o auxílio do “*Raster Calculator*” procedeu-se a identificação do terço superior a partir de operações sobre o arquivo raster contendo o isolamento das elevações devidamente triadas de acordo com os parâmetros do Código Florestal. As fórmulas então utilizadas foram:

- MDEHC terço = (MDEHC altura) / 3;
- MDEHC 2 terços = (MDEHC terço) x 2;
- APP de topo de elevação = Altura por *pixel*³⁹ > (MDEHC 2 terços).

Como realizado para a declividade superior a 45°, os topos de elevações também foram convertidos para o formato vetorial. Assim sendo, os produtos puderam ser carregados junto ao mapa base, compondo assim o mapa de delimitação das faixas de topo de elevações e de declividade acima de 45° na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ.

- Manguezal:

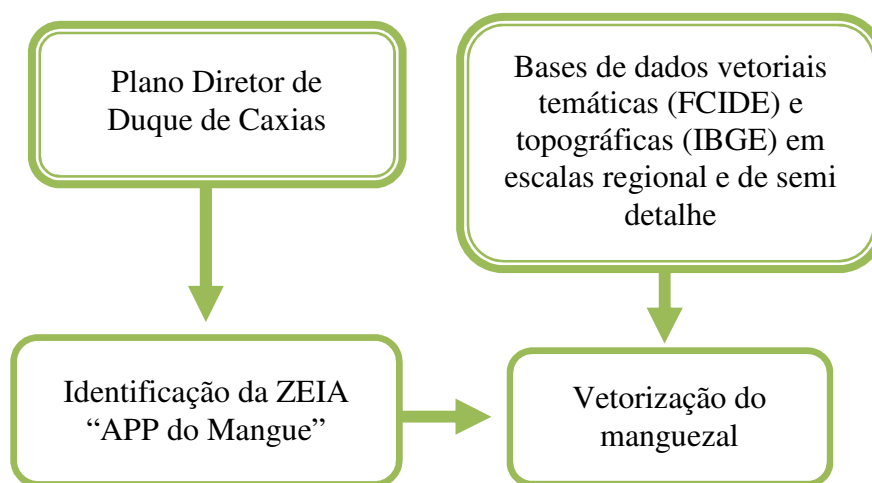
O fluxograma 9 representa a síntese de todo o processo de delimitação de APPs de manguezal, vinculada ao mapa de delimitação das faixas de manguezal na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ, elaborado.

Recorreu-se basicamente ao anexo VII do Plano Diretor de Duque de Caxias (Macrozoneamento) o qual se refere ao mapeamento de zonas especiais no município, dentre

³⁹ A altura por *pixel* foi calculada a partir da diminuição dos valores de altitude cada *pixel* do MDEHC pelo valor de altitude da base de cada elevação a qual o *pixel* se associa com o suporte das ferramentas “*Zonal Statistics*” e “*Raster Calculator*”.

elas a Zona Especial de Interesse Ambiental (ZEIA) identificada como “APP do Mangue” (DUQUE DE CAXIAS, 2006); bem como aos mapeamentos temáticos e topográficos para o confronto e efetiva delimitação da APP de maneira extensiva, inclusive, ao município de Magé.

Fluxograma 9 – Materiais e procedimentos para delimitação de APP de manguezal na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Fonte: O autor, 2013.

Em um primeiro momento foram observadas junto ao mapa de zonas especiais de Duque de Caxias as feições topográficas limitantes da área da ZEIA (tais como a drenagem, relevo, arruamento, etc.).

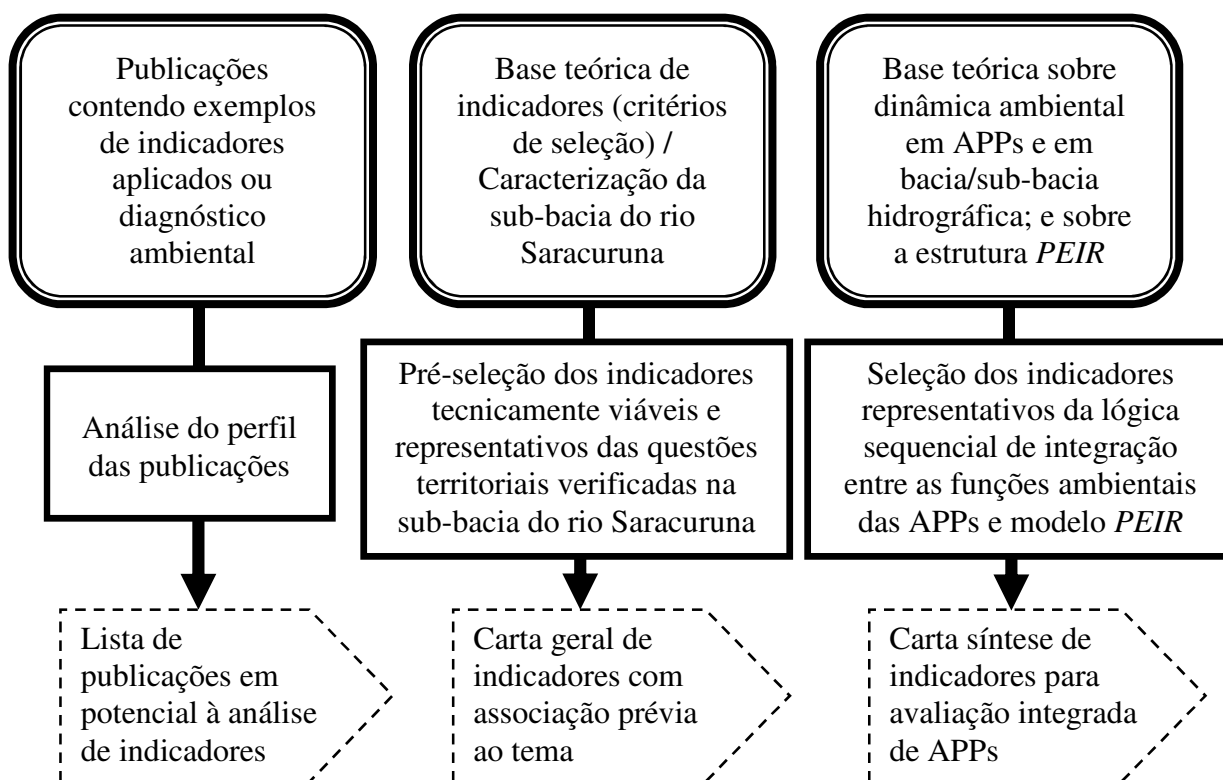
Em ambiente ArcGIS foram carregados os mapeamentos de uso do solo (FCIDE, 2003) e de drenagem e curvas de nível (IBGE, 2013b) a partir dos quais atentou-se para: o uso identificado como de manguezal, o qual FCIDE (op. cit.) associa à categoria “arbóreo” do mapa de uso e cobertura vegetal (2003) na sub-bacia do rio Saracuruna; a presença de rios e formações colinosas, as quais atuam como referências espaciais de identificação da ZEIA contida em mapa impresso.

Por fim, foi então vetorizada a área da ZEIA “APP do Mangue” ampliando os seus limites de acordo com a mancha de manguezal arbóreo do mapa de uso e cobertura vegetal em direção à porção da sub-bacia inserida em Magé.

4.3 Seleção de indicadores ambientais

Em síntese, a seleção de indicadores envolveu a análise de trabalhos contendo carta e/ou informações sobre indicadores, aplicados ou não, e/ou diagnóstico ambiental de determinada área a partir da adoção de modelos de avaliação integrada; a pré-seleção de indicadores e composição de uma carta geral, com potencial para a avaliação de APPs, baseada na caracterização da sub-bacia do rio Saracuruna e na consideração dos critérios técnico-científicos de seleção de indicadores; e, por fim, a seleção final de indicadores e composição da carta síntese para avaliação de APPs na sub-bacia do rio Saracuruna, a partir da triagem pautada em questionamentos-chave, ligados, por exemplo, à indagação quanto ao potencial de mensuração espacial na faixa de APP, bem como do vínculo com a lógica sequencial do modelo *PEIR* integrado à hierarquização exemplificativa das funções ambientais para cada grupo de APP (Fluxograma 10).

Fluxograma 10 – Estrutura geral da etapa da pesquisa relacionada à seleção de indicadores



Fonte: O autor, 2013.

A seleção de indicadores, componentes da carta geral, exigiu o acesso e a organização de distintas publicações e estudos voltados a apresentação de indicadores ambientais, à sua aplicação e/ou mera conceituação.

No processo de levantamento de publicações atribuiu-se um peso maior às que se organizavam frente ao modelo *PEIR*, reconhecido pelo projeto GEO Cidades (a exemplo dos relatórios locais – Informes GEO Cidades); se organizavam frente a algum outro modelo de sistema de indicadores; traziam indicações técnicas sobre os indicadores; revelavam um encadeamento prático de acordo com o modelo (com ênfase para o *PEIR*); propunham indicadores aplicáveis frente ao tema da tese e/ou recorte espacial em análise (em diferentes perspectivas e escalas). Ressalta-se que, cada referência revelou uma contribuição parcial frente aos itens listados.

Os trabalhos pré-selecionados (APÊNDICE B) possuem como principal característica a apresentação de uma carta de indicadores, ou tratamento de suas dimensões gerais, relacionada ao objetivo de cada levantamento, ou ainda algum tipo de diagnóstico gerado a partir da aplicação dos mesmos. Alguns trabalhos possuem um caráter didático/instrucional, a exemplo da “Metodologia para a elaboração de relatórios GEO Cidades” (PNUMA, 2004), outros são produtos de estudos realizados para recortes específicos com base na aplicação de indicadores ambientais, com ênfase para os que se utilizam de sistemas de indicadores, a exemplo do “Informe GEO da cidade do Rio de Janeiro” (CRESPO e LA ROVERE, 2002), bem como aplicações acadêmicas.

Os trabalhos encontrados se vinculam a diversos recortes político-administrativos e espaciais: regional, nacional, estadual e municipal. Alguns destes recortes refletem escalas menores, de menor detalhamento e mais generalizadas, nas quais se insere a área de estudo da tese (*background*): América Latina, Brasil, e Estado do Rio de Janeiro. Dentre os recortes de escala maior (exemplos de aplicação local – não necessariamente vinculados diretamente à área em estudo) podem ser elencadas publicações produzidas para municípios como o do Rio de Janeiro e de São Paulo.

A partir da revisão de cada uma destas publicações, e cartas associadas, procedeu-se a listagem de indicadores em potencial à avaliação de APPs, com base no (re)conhecimento da área em estudo e de seus processos sociais e ambientais integrados à dinâmica de uso e ocupação do território e preservação dos recursos naturais. Neste sentido, foi de suma importância a caracterização da sub-bacia do rio Saracuruna com relação aos seus aspectos físico-topográficos e ambientais.

Para a pré-seleção dos indicadores convencionou-se ainda lançar um olhar crítico sobre cada um dos componentes das diferentes cartas apresentadas de acordo com os variados critérios para construção, adaptação e seleção de indicadores explicitados em discussões científicas, dentre os quais se destacam a comunicabilidade e a mensurabilidade. Sendo assim, indicadores apresentados de forma genérica ou sem informações quanto a sua mensurabilidade não foram considerados. Em alguns casos, foram ainda considerados os índices agregados, devido ao alto número de citações quanto ao uso dos mesmos pelas fontes avaliadas e vínculo com as suas cartas de indicadores associadas.

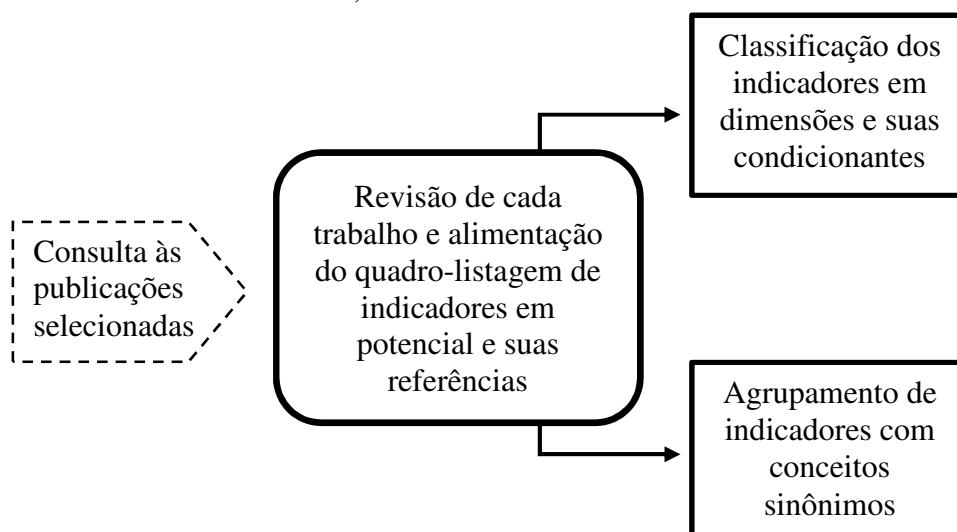
Foram então listados indicadores em potencial para utilização e discussão nesta pesquisa (APÊNDICE C). Pode-se dizer que esta primeira listagem de indicadores já possui inclinação ao tema e associação prévia com a temática em estudo. Logo, temas relacionados a questões maiores e sem uma conexão imediata com a as especificidades da sub-bacia e problemática das APPs (e suas funções), a exemplo das mudanças climáticas e camada de ozônio⁴⁰, não foram considerados.

Os mesmos foram organizados frente às questões vinculadas aos distintos condicionantes e suas dimensões (social, econômica, ambiental e institucional). É importante salientar que a distribuição de indicadores sob a égide da classificação em dimensões e condicionantes é, em alguns casos, parte da organização dos próprios trabalhos e de seus objetivos.

A maioria dos indicadores foi citada (utilizados e/ou elencados) por mais de uma publicação, como demonstram as referências para cada indicador. Citam-se casos também em que há uma grande semelhança no nome dos indicadores, mas ainda assim seus propósitos são diferenciados, mesmo que sutilmente. Neste caso, esta primeira listagem manteve indicadores próximos. Porém indicadores sinônimos foram agrupados quando pertencentes à uma mesma dimensão/condicionante (Fluxograma 11).

⁴⁰ A questão das mudanças climáticas em nível global envolve fatores como o desflorestamento e o lançamento de gases tóxicos no ar, com interferência, por exemplo, no regime de chuvas e na disponibilidade hídrica, ou ainda na deflagração de eventos extremos (impactos). Em nível local, observam-se ainda a formação de microclimas, a partir da sobreposição de fatores inerentes ao meio urbano, por exemplo. Porém, o Código Florestal não apresenta como uma função ambiental específica das APPs a reserva de verde para o equilíbrio do sistema biosfera-atmosfera.

Fluxograma 11 – Procedimentos relativos à composição do quadro-listagem de indicadores em potencial à avaliação de APPs na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Fonte: O autor, 2013.

Visando-se a triagem de um elenco de indicadores para APPs, voltados para a avaliação integrada e legitimação das mesmas, foram utilizados quatro questionamentos-chave, a saber:

- 1) *O indicador possui expressão local e potencial de espacialização frente aos recortes territoriais analisados (sub-bacia do rio Saracuruna e APPs)?*
 - Somente os indicadores com respostas afirmativas (sim) foram considerados, balizando-os para os questionamentos 2 e 3, uma vez que os com respostas negativas (não), por possuírem um caráter totalitário, não ofereceram a possibilidade de desagregabilidade das informações em estratos da sub-bacia e por faixas de APP, critérios de fundamental importância para sua utilização.
- 2) *O indicador atende diretamente ao tema?*
 - Os indicadores com respostas afirmativas foram aqueles que apresentaram feições e processos em faixas de APP ou fenômenos correlacionados espacialmente às mesmas.

3) *O indicador é transversal ao tema?*

- Os indicadores com respostas afirmativas foram aqueles representativos de questões presentes na sub-bacia, porém fora da faixa delimitada como APP, mas com influência sobre esta.

4) *O indicador pode ser classificado frente ao modelo PEIR?*

- Para os indicadores com respostas afirmativas pôde-se realizar uma associação prévia entre as dimensões e suas condicionantes aos componentes da matriz *PEIR*, sendo que as questões associadas às pressões sobre o meio ambiente foram observadas no grupo de indicadores ligado às dimensões social e econômica; as referentes ao estado e impactos ocorrentes vinculadas à dimensão ambiental; sendo as representativas das respostas mais voltadas para a dimensão institucional.

Os indicadores oriundos desta triagem foram então vinculados às funções ambientais das APPs, objetivando, em longo prazo, a composição de ciclos *PEIR*⁴¹ baseados na lógica dinâmica de interdependência das APPs e suas funções ambientais no contexto de um recorte físico-territorial. Ressalta-se que a proposição de ciclos, em associação aos vínculos existentes entre indicadores da matriz *PEIR*, para avaliação de APPs, pode se processar frente a diferentes perspectivas, sendo o uso das funções ambientais uma das possibilidades.

Com base no levantamento bibliográfico, mais precisamente levando em consideração os trabalhos de Tricart (1977), Bertrand (2004), Guerra e Guerra (2006), Nowatzki et al. (2009), Vieira e Becker (2010), e Brasil (2011), precebeu-se que as funções ambientais das APPs podem ser combinadas de diferentes maneiras. A partir do entendimento de tal lógica e visando a seleção de um conjunto final de indicadores, bem como a composição de ciclos *PEIR*, propôs-se então uma sequência exemplificativa desta dinâmica (APÊNDICE D).

Baseado no macrovetor de uso e ocupação do território, conceito adotado por Crespo e La Rovere (2002), como ponto de partida para o levantamento dos indicadores *PEIR*, tal procedimento redundou na hierarquização das funções ambientais frente aos 3 (três) grupos

⁴¹ Conforme visto, um ciclo envolve a análise integrada e subsequencial de indicadores. De acordo com a exemplificação de Bossel (1999), os ciclos podem ser construídos de maneira que os componentes do modelo *PEIR* (pressão, estado, impacto, resposta) sejam representados por um indicador cada.

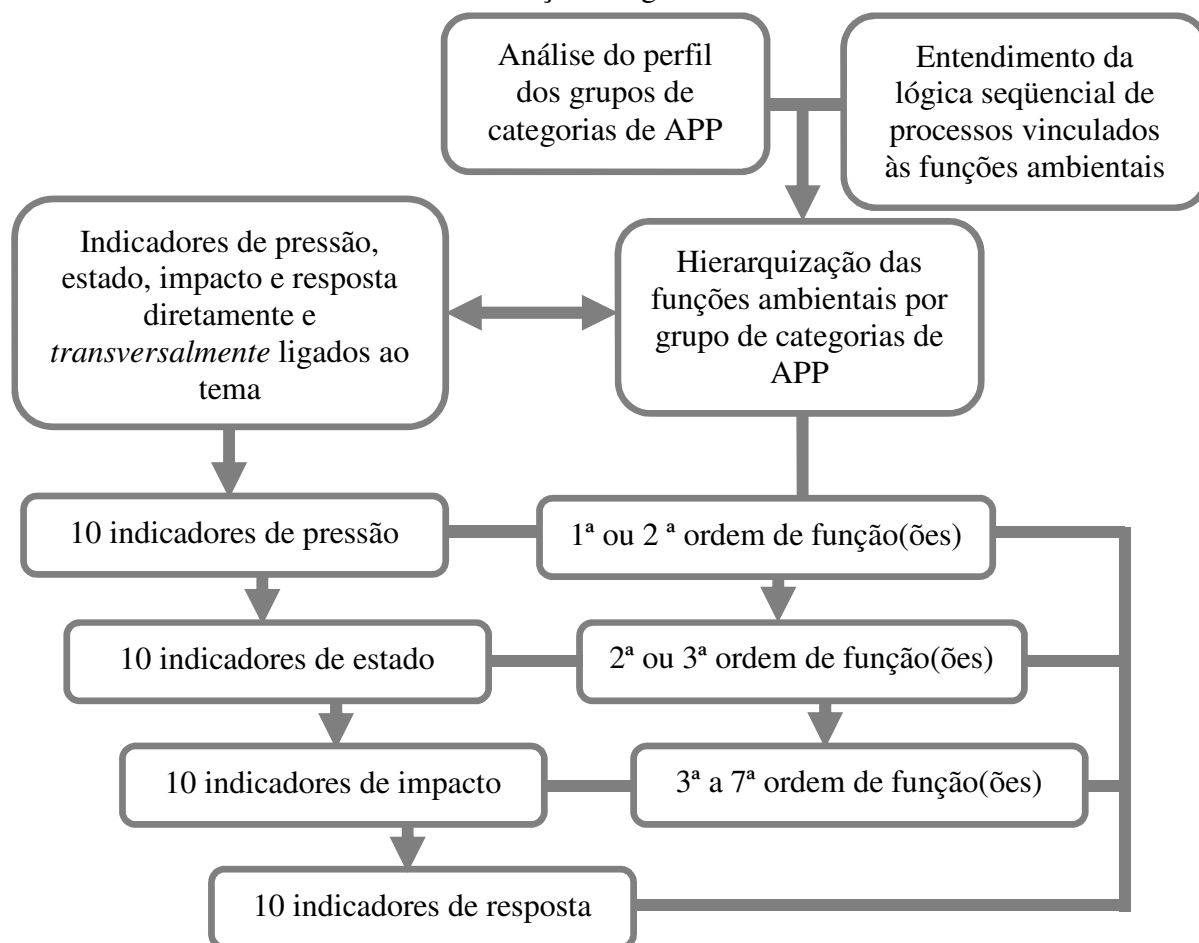
de categorias de APP existentes na sub-bacia (1 - ligadas à drenagem; 2 - ao relevo de altitude; 3 - e à categoria isolada de manguezal).

Em suma, tal hierarquização foi possível ao se analisar o perfil do grupo de APPs e dinâmica lógica associada a cada um destes quanto à interdependência das funções ambientais no âmbito de uma sub-bacia hidrográfica. Ressalta-se que, todas as 7 (sete) funções ambientais das APPs foram associadas a cada grupo resultando em diferentes ordenamentos para os mesmos (APÊNDICE D).

Para a elaboração da Carta-síntese de indicadores de avaliação integrada de APPs (Pressão/Estado/Impacto/Resposta), na sub-bacia do rio Saracuruna – RJ, perfazendo um total inicial de 40 (quarenta) indicadores, os mesmos foram agrupados frente ao modelo *PEIR*, sendo 10 (dez) para cada tipo, segundo a similaridade de seus objetivos de representação levando-se em consideração a ordem da classificação das funções ambientais das APPs, de acordo com a seqüência lógica do modelo (Fluxograma 12), tais como:

- *Indicadores de Pressão*: devem estar associados principalmente à avaliação quanto à(s) função(ões) ambiental(ais) comuns, ou não, em primeira instância, dentre os grupos de categorias de APP; admitindo-se vínculo ainda com questões relativas à segunda posição na ordem de função(ões) dos grupos;
- *Indicadores de Estado*: relacionam-se, predominantemente, às questões relativas à avaliação quanto às funções ambientais intermediárias, em segunda ou terceira instância;
- *Indicadores de Impacto*: representativos de situações quanto ao nível de preservação de APPs em relação às funções subseqüentes à segunda instância, observando assim, uma diversidade de indicadores quanto à classificação de condicionantes da dimensão ambiental;
- *Indicadores de Resposta*: possuem caráter geral no que se refere à abrangência de instrumentos, metodologias e políticas que podem atuar sobre o instituto das APPs e de suas funções ambientais, de maneira corretiva ou preventiva.

Fluxograma 12 – Síntese dos procedimentos relativos à hierarquização das funções ambientais por grupos de categorias de APP e composição da Carta-síntese de indicadores de avaliação integrada das mesmas



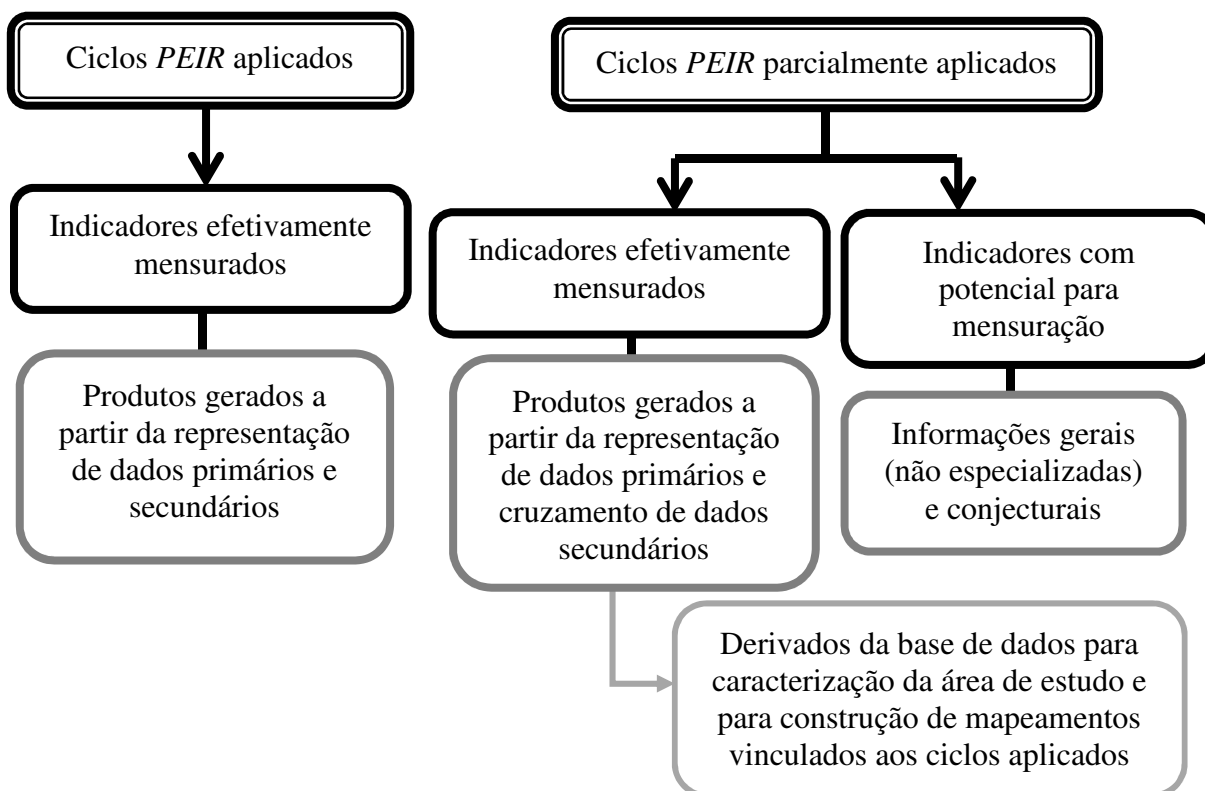
Fonte: O autor, 2013.

4.4 Utilização e aplicação de indicadores integrados

No que se refere à estrutura de apresentação dos indicadores selecionados e seus resultados, os mesmos foram vinculados à distintos ciclos *PEIR* aplicados, assim convencionalmente denominados os ciclos que abarcam todos seus 4 (quatro) indicadores (de pressão, estado, impacto e resposta) efetivamente mensurados; e ciclos *PEIR* parcialmente aplicados, assim denominados os ciclos que abarcam no mínimo 1 (um) de seus indicadores (de pressão, estado, impacto ou de resposta) com potencial para mensuração, ou seja, não quantificados, mas que trazem informações gerais e não especializadas, sustentando a sua

relevância junto ao ciclo. Atrelados a estes ciclos constam produtos organizados de acordo com a origem dos dados e o processamento das informações (Fluxograma 13).

Fluxograma 13 – Estrutura de apresentação dos ciclos aplicados e parcialmente aplicados e seus produtos vinculados



Fonte: O autor, 2013.

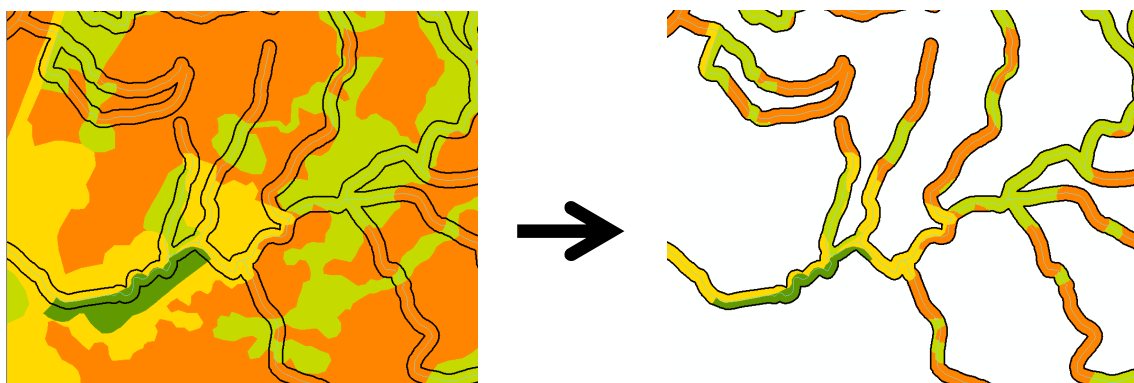
A mensuração de indicadores ocorreu a partir da definição dos ciclos *PEIR* denominados aplicados, os quais se caracterizam por possuírem todos os seus indicadores diretamente vinculados ao tema, relevantes à avaliação e legitimação de APPs, e com disponibilidade de dados para efetiva quantificação dos mesmos. Cabe ressaltar que, alguns destes indicadores mensurados foram ainda utilizados em ciclos parcialmente aplicados, no entanto.

Nos casos em que as informações básicas, pertinentes à mensuração do indicador, encontravam-se espacializadas para toda a sub-bacia foram procedidas consultas espaciais e operações de sobreposição em SIG objetivando-se a quantificação dos valores (número de ocorrências ou percentuais) para a área das APPs.

As operações de sobreposição envolveram, basicamente, o uso da função “*Intersect*” de “*Analysis Tools*” do ArcGIS. Esta ferramenta, anteriormente utilizada junto à caracterização da área de estudo, identifica as relações geométricas (interseções) entre as

feições de todas as classes de feições ou camadas selecionadas (ESRI, 2011). Neste caso, a mesma auxiliou, por exemplo, no processo de identificação, na área das APPs, de feições vinculadas aos mapeamentos produzidos ou adquiridos para todo o recorte da sub-bacia, de maneira isolada (Figura 30) ou combinada (Figura 31).

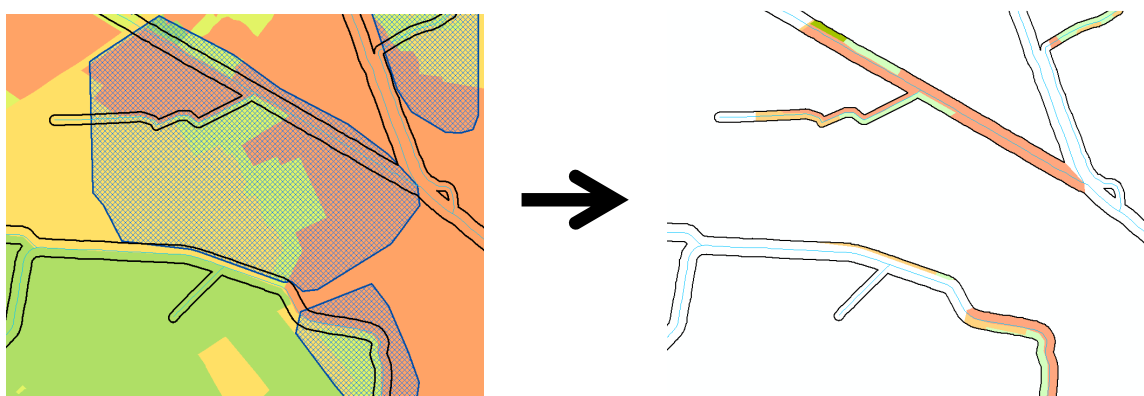
Figura 30 – Exemplificação de uso da função “*Intersect*” para extração das feições a partir da sobreposição das APPs em outra camada, em um quadrante qualquer



Legenda: (a) À esquerda visualiza-se a sobreposição da camada de limite das APPs (linha preta) e de camada contendo as classes de feições de impermeabilização do solo (amarelo, laranja, verde claro e verde escuro); (b) À direita, após o uso da função, consta o limite das APPs sobreposto em camada contendo as classes de feições de impermeabilização do uso do solo em APPs.

Fonte: O autor, 2013.

Figura 31 – Exemplificação de uso da função “*Intersect*” para extração das feições a partir da sobreposição das APPs em outras duas camadas, em um quadrante qualquer

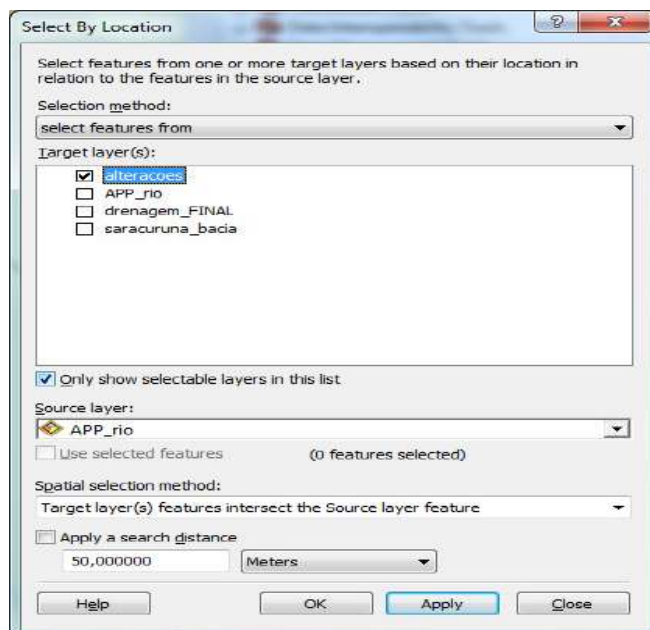


Legenda: (a) À esquerda visualiza-se a sobreposição da camada de limite das APPs (linha preta), de camada contendo as classes de feições de impermeabilização do solo (amarelo, laranja, verde claro e verde escuro), e de camada referente às áreas críticas de inundação (entrelaçado azul); (b) À direita, após o uso da função, consta o limite das APPs sobreposto à camada contendo as classes de feições de impermeabilização do uso do solo em APPs inseridas em áreas de inundação.

Fonte: O autor, 2013.

As consultas espaciais foram realizadas quando da necessidade de identificação de feições pontuais intercedentes com a faixa delimitada de APPs, com o suporte da função “*Select by location*” do menu “*Selection*” do ArcGIS (Figuras 32 e 33).

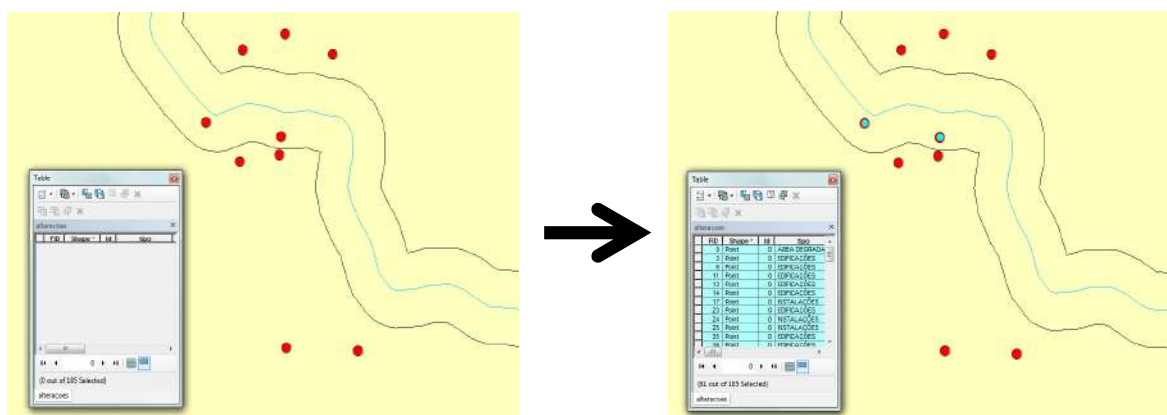
Figura 32 – Janela de “*Select by location*”, ArcGIS



Legenda: Definiu-se o método “*select features from*” para seleção de feições da camada alvo “alterações” que intercedem com a camada fonte “APP_rio”.

Fonte: O autor, 2013.

Figura 33 – Exemplificação de uso da função “*Select by location*” para seleção das feições pontuais que intercedem com as APPs, em um quadrante qualquer

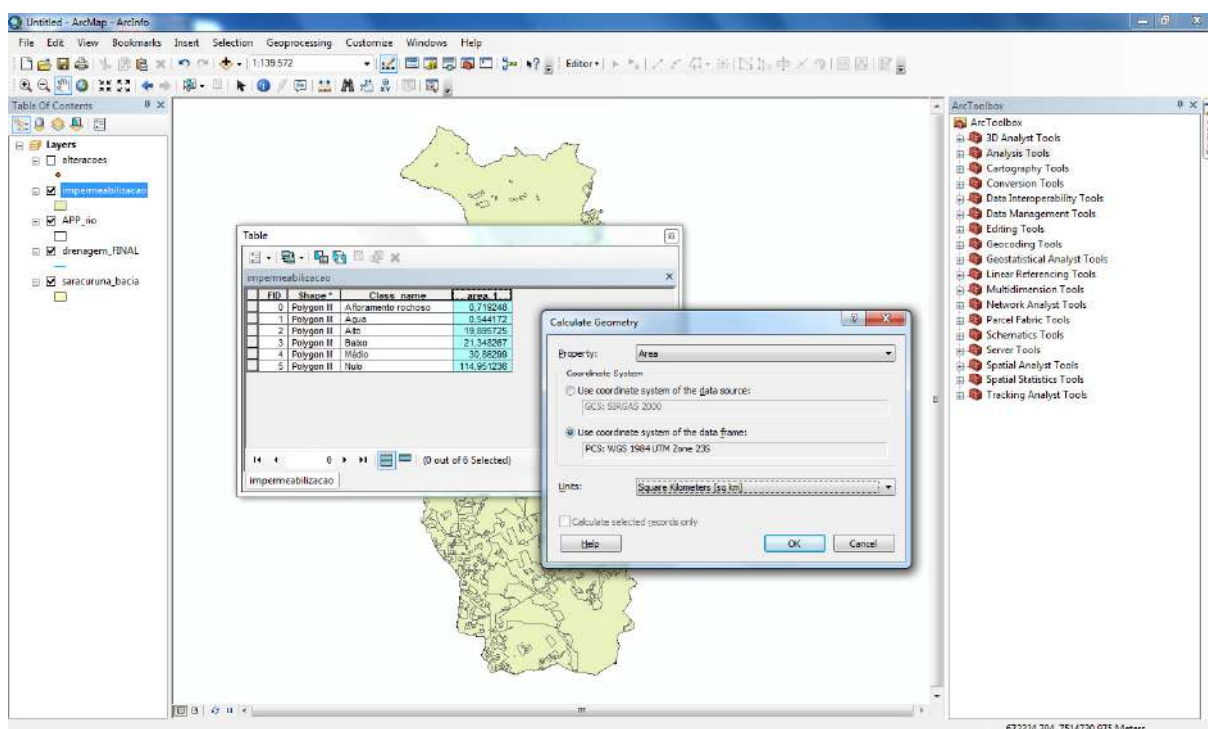


Legenda: (a) À direita visualizam-se os pontos de ocorrências de alteração entre usos na sub-bacia no período de 2003 a 2011 (em vermelho) e o limite de APPs (em preto); (b) À esquerda constam selecionados (em azul) os pontos de ocorrências em APPs, também identificados junto ao modo de seleção da tabela de atributos.

Fonte: O autor, 2013.

Para a identificação da área abrangida por cada polígono ou classe de feições dos mapas gerados para a sub-bacia e a partir da sobreposição em APPs recorreu-se ao uso da função de “*Calculate Geometry*”, via tabela de atributos (Figura 34). Ou seja, para cada base de dados gerou-se um novo campo em sua componente tabular, o qual abrigou os valores de área de cada feição ou classe calculada em km² (assim convencionado). A partir disto pôde-se realizar, com o suporte de aplicativo de calculadora, os cálculos de percentuais referentes à medição dos indicadores aplicados.

Figura 34 – Tela do ArcGIS contendo o uso da ferramenta “*Calculate Geometry*” para a identificação de área das classes de feições de um mapeamento qualquer



Legenda: Como se percebe na imagem a ferramenta realiza o cálculo de área a partir de seleção do campo da tabela de atributos que irá abrigar tais valores, os quais estarão associados a uma unidade de medida pré-definida.

Fonte: O autor, 2013.

Na aplicação dos ciclos, a integração entre os resultados, considerando os produtos gerados para os indicadores (de pressão, estado e impacto - especializados), foi também possibilitada por meio das consultas espaciais, com o objetivo de se visualizar correlações entre tais indicadores. Ou seja, foram realizadas operações de sobreposição entre os planos de informação representativos dos indicadores pertencentes à determinado ciclo aplicado.

Foram efetivamente mensurados outros indicadores pertencentes à Carta-síntese além daqueles vinculados aos ciclos aplicados. Neste caso, os mesmos serviram à alimentação de ciclos parcialmente aplicados. Isto foi possível dada a disponibilidade de dados primários e secundários utilizados para a mensuração de indicadores dos ciclos aplicados ou ainda para a caracterização da área de estudo. Os demais indicadores, com potencial para mensuração, vinculados aos ciclos parcialmente aplicados encontram-se nesta condição devido a não disponibilidade de dados ou sua não desagregabilidade.

Ainda com relação aos indicadores que compõem tais ciclos, os produtos gerados a partir da tão somente representação espacial de dados secundários (sem necessidade de cruzamento) foram então vinculados à caracterização da área de estudo, estando a sua quantificação e interpretação, frente ao tema, associadas aos ciclos.

4.4.1 Indicadores de Pressão

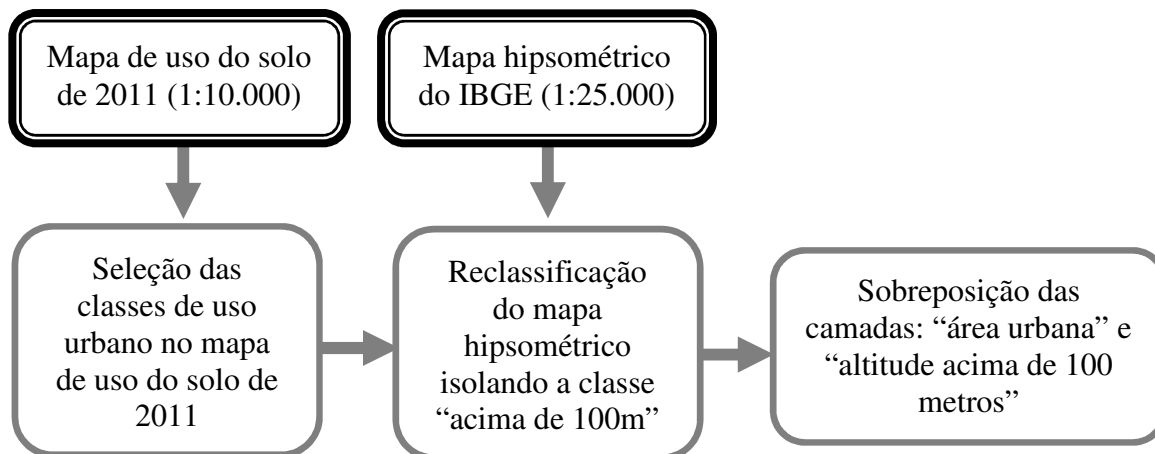
4.4.1.1 Diretamente ligados ao tema

a) Evolução da área urbana em encostas

Para sua obtenção temos a identificação e o cálculo das possíveis áreas, convertidas para uso urbano, situadas acima da cota de 100 metros (parâmetro definido por IPP, 2005), dentro de uma faixa de tempo observada. A aplicação do indicador por IPP (2005) procedeu-se a partir da comparação de mapeamentos de cobertura vegetal e uso das terras no município do Rio de Janeiro, vinculados ao período de 1984 e 2002.

Para a aplicação do indicador na área da sub-bacia do rio Saracuruna e APPs associadas, em escala de detalhe, foi gerado o Mapa de localização da ocupação urbana (2011) acima de 100 metros na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ. Recorreu-se para tal ao mapeamento de uso do solo (2011), vinculado ao indicador de uso do solo e ao mapeamento de hipsometria, vinculado à caracterização da área de estudo (Fluxograma 14).

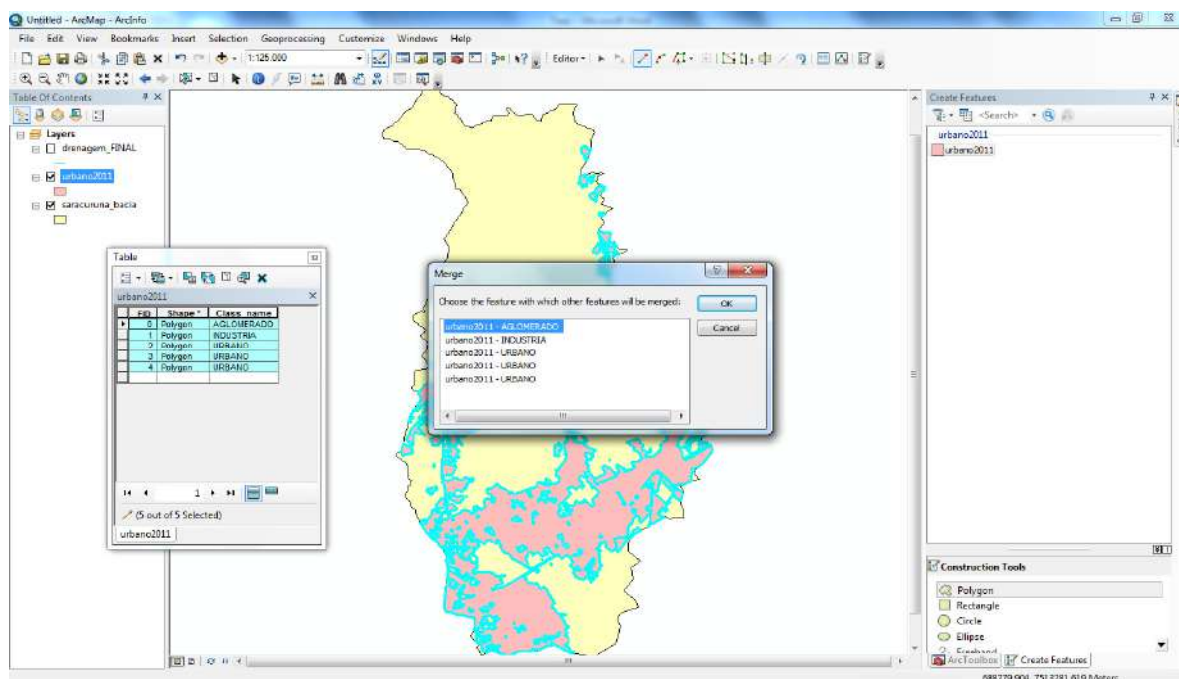
Fluxograma 14 – Materiais e procedimentos para a confecção do Mapa de localização da ocupação urbana (2011) acima de 100 metros na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Fonte: O autor, 2013.

As classes de uso do solo selecionadas, via tabela de atributos, foram “urbano”, “aglomerado sub-normal”, e “indústrias e instalações”. Tais classes foram exportadas como uma nova camada (“*Export Data*”), e agrupadas com o suporte da ferramenta de edição “*Merge*” (Figura 35), a qual agregou todas as feições em uma única classe: “área urbana”.

Figura 35 – Tela do ArcGIS contendo o uso da ferramenta de edição “*Merge*” para a agregação das feições de uso convencionadas como “área urbana”



Legenda: As classes a serem agregadas foram selecionadas junto a tabela de atributos.

Fonte: O autor, 2013.

Com relação ao isolamento das áreas com altitude acima de 100 metros, a função utilizada foi a de “*Reclassify*”, anteriormente utilizada quando da delimitação de APPs ligadas ao relevo de altitude. Ao fim, as novas camadas geradas (“área urbana” e “altitude acima de 100 metros”) foram sobrepostas com base no uso do “*Intersect*”.

Para se avaliar a evolução destas áreas urbanas localizadas acima de 100 metros nos últimos anos procedeu-se a realização de consultas espaciais considerando as informações levantadas junto ao indicador de alterações de áreas naturais por áreas antrópicas para toda a área da sub-bacia. Cumpre mencionar que, tais informações compreendem o período de 2003 a 2011, constituindo-se este o único recorte temporal viável à geração e disponibilidade de dados para a sub-bacia do rio Saracuruna.

Ressalta-se que, o indicador em pauta foi utilizado exclusivamente em um ciclo aplicado, composto para o grupo de categorias de APP ligadas ao relevo de altitude.

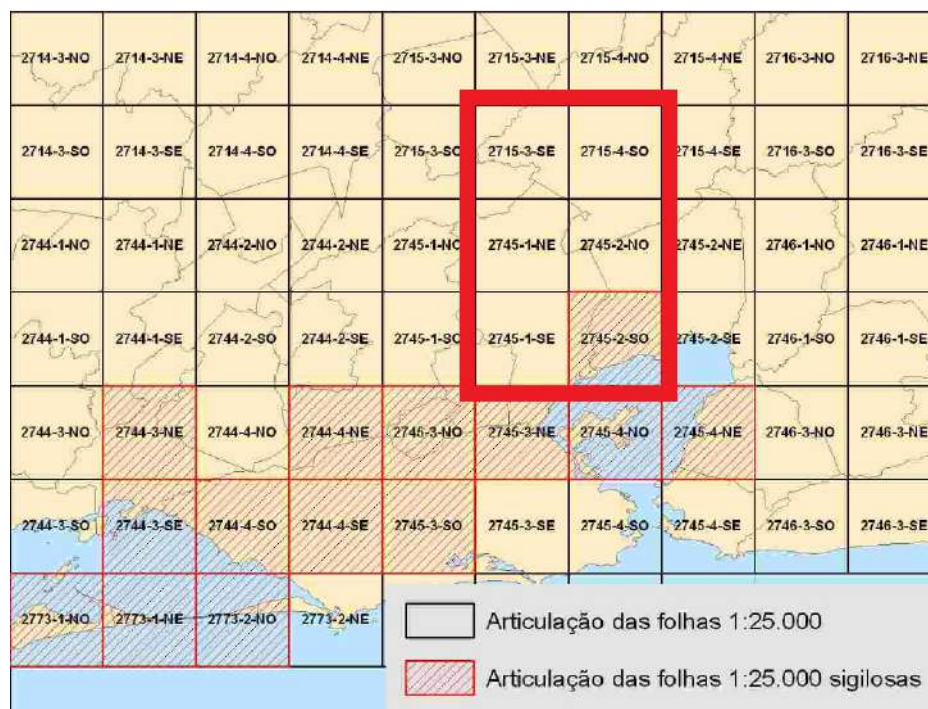
b) Alterações de áreas naturais por áreas antrópicas

A obtenção do indicador em pauta vincula-se à identificação de classes de uso naturais e antrópicas em mapeamentos de períodos distintos para a composição de percentuais, assim como realizado por IPP (2005). Na falta destes, pode-se recorrer a imagens de satélite, com características de resolução próximas, datadas de períodos diferentes para a identificação visual dos usos em cada período e das alterações averiguadas entre os mesmos, considerando os elementos de interpretação das imagens.

Para a área da sub-bacia do rio Saracuruna estão parcialmente disponíveis as ortofotos do IBGE, referentes ao levantamento realizado em 2006 para mapeamentos no Estado do Rio de Janeiro, na escala de 1:25.000 (IBGE, 2013d); imagem do satélite Ikonos II, referente ao período de 2011, disponível no banco de imagens *online* do ArcGIS (ARCGIS ONLINE, 2013); e imagens diversas *do Google Earth*, de 2003 a 2013 (GOOGLE EARTH, 2013).

As ortofotos, disponíveis junto ao banco de dados virtual do IBGE, puderam ser acessadas e manipuladas em conjunto com a imagem Ikonos no ArcGIS (sendo esta última via servidor *online*). Ressalta-se, no entanto, que, apesar das ortofotos possuírem uma boa resolução, chegando a uma escala de visualização (sem distorções) de 1:5.000 compatível com a imagem Ikonos, o citado levantamento não cobriu toda a área da sub-bacia, devido ao sigilo de uma das seis folhas que recobriam área (Figura 36). Neste caso, tais materiais não foram considerados frente ao levantamento das informações necessárias à mensuração do indicador.

Figura 36 – Articulação das folhas referentes ao levantamento de 1:25.000 (IBGE) na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, RJ



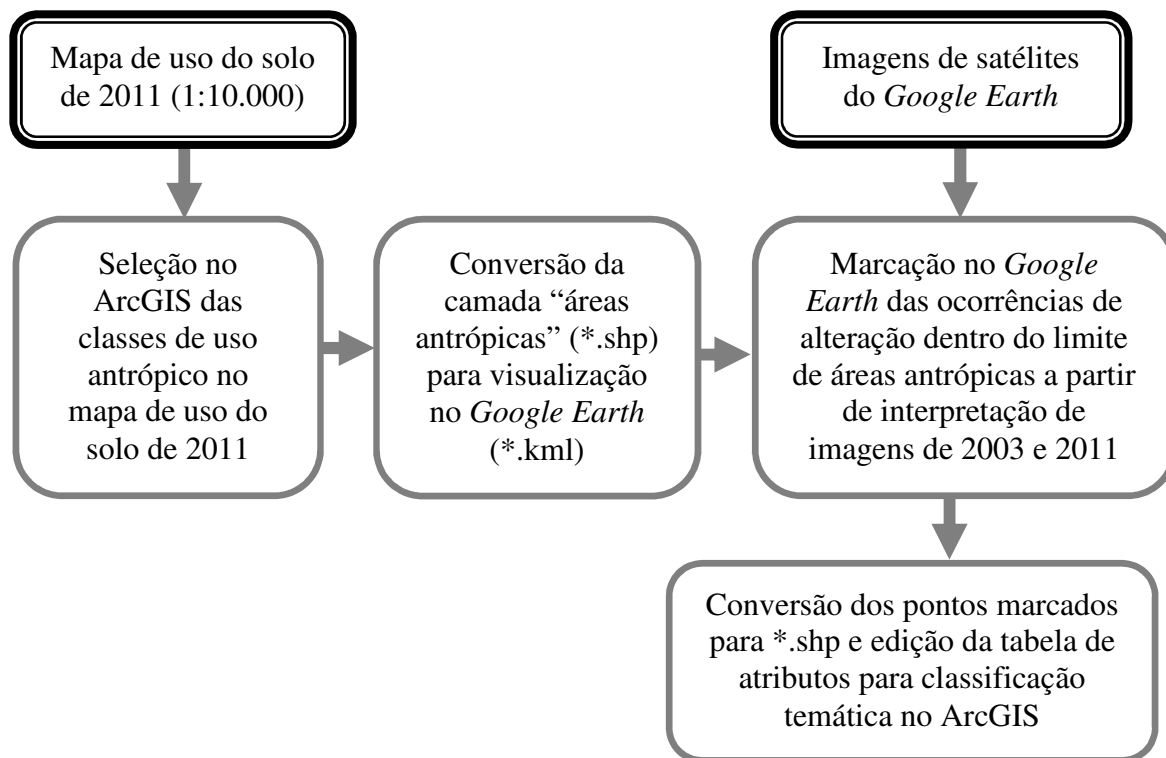
Legenda: O quadrante vermelho em destaque representa as folhas que recobrem a área da sub-bacia do rio Saracuruna, RJ, a qual abrange uma das folhas sigilosas.

Fonte: Adaptado de INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2013d.

No que se refere à imagem Ikonos do ArcGIS, esta se restringia à avaliação apenas de período recente (2011) e foi utilizada, assim, como base para a construção do mapeamento de uso do solo associado ao indicador de mesmo nome. Objetivando a identificação de feições pretéritas (a serem confrontadas com o uso atual), recorreu-se então às imagens históricas do *Google Earth* (sendo a mais antiga de 2003) por meio de funcionalidade do programa que permite a visualização de imagens de diferentes datas de aquisição de uma mesma área / quadrante.

Sendo assim, para a aplicação do indicador na área da sub-bacia do rio Saracuruna e APPs associadas, em escala de detalhe, gerou-se o Mapa de ocorrências de alteração para usos antrópicos (2003-2011) na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ. Os procedimentos envolveram, basicamente, o uso do programa *Google Earth* de maneira combinada com o ArcGIS (Fluxograma 15).

Fluxograma 15 – Materiais e procedimentos para a confecção do Mapa de ocorrências de alteração para usos antrópicos (2003-2011) na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Fonte: O autor, 2013.

A partir do mapeamento de uso do solo de 2011 foram selecionados e excluídos, via tabela de atributos, todos os usos naturais (áreas de afloramento rochoso, recoberta por água ou com cobertura vegetal). A camada resultante, contendo somente usos antrópicos, foi convertida para a extensão *.kml (utilizada pelo *Google Earth*) por meio da ferramenta de conversão “*Layer to KML*” (em “*Conversion Tools*”).

No *Google Earth* esta camada foi utilizada como área limite para o levantamento das informações, visto que o que foi classificado como uso natural em 2011 não interessa ao indicador, mas sim somente as alterações vinculadas às atuais áreas antrópicas, com possível origem de uso natural.

Para a identificação das ocorrências de alteração entre os dois períodos (2003 - 2011) dentro do limite de áreas antrópicas (2011) junto ao *Google Earth* considerou-se uma aproximação média, a partir do ponto de visão (altitude), de 500 metros, a qual foi mantida para toda a sub-bacia, garantindo uma escala de visualização de aproximadamente 1:3.000. Para cada quadrante sequencial foram carregadas a imagem pretérita (2003) e a imagem mais recente (2011), de acordo com o mapeamento de uso de 2011.

As informações foram plotadas de maneira pontual (ocorrências), visto que o programa, considerado de navegação, não abarca um conjunto completo de ferramentas de vetorização, possuindo, por exemplo, uma única opção para geração de polígonos.

No que envolve a interpretação da imagem de 2003, admitiram-se, como terrenos de origem das ocorrências, as áreas naturais (cobertas por vegetação) ou ainda as áreas urbanizadas de menor densificação, contendo fragmentos de vegetação. Neste sentido, o uso pretérito, no local da ocorrência, foi associado ao ponto, via planilha eletrônica, como um dado de atributo.

Estabeleceu-se, então, como tipologia dos pontos (ocorrências) de alteração para usos antrópicos (2003-2011):

- Novas edificações – Ocorrência de novas habitações, pequenas construções ou conjuntos destas, condomínios, etc. As novas edificações identificadas em uma mesma quadra foram marcadas em um único ponto, bem como aquelas, sem padrão regular de ocupação, com distância inferior a 30 metros (Figura 37);

Figura 37 – Amostras evidenciando o surgimento de novas edificações (2003-2011)



Legenda: (a) À esquerda, imagem de 2003 onde se identificam a vegetação, atentando-se para os elementos cor (verde escuro) e textura (rugosa), além de áreas descampadas na cor ocre; (b) À direita, imagem de 2011 contendo a ocorrência de novas edificações, inclusive na faixa marginal do rio, identificadas pela cor (cinza e branco), forma (regular) e padrão de ocupação.

Fonte: Adaptado de GOOGLE EARTH, 2013.

- Novas instalações – Ocorrência de novos galpões, grandes construções, grandes áreas pavimentadas, etc., admitindo-se como um único ponto toda a área da construção (Figura 38);

Figura 38 – Amostras evidenciando o surgimento de nova instalação (2003-2011)



Legenda: (a) À esquerda, imagem de 2003 onde a vegetação pode ser identificada, atentando-se para os elementos cor (verde escuro) e textura (rugosa), no entorno de área degradada (na cor laranja e de forma irregular); (b) À direita, imagem de 2011 contendo ocorrência de nova instalação identificada pelo tamanho (maior em comparação aos demais objetos no entorno), cor (cinza, evidenciando as telhas do galpão) e forma (regular).

Fonte: Adaptado de GOOGLE EARTH, 2013.

- Novas áreas de cultivo – Ocorrência de novas áreas plantadas considerando-se como um único ponto o lote / terreno (Figura 39);

Figura 39 – Amostras evidenciando o surgimento de nova área de cultivo (2003-2011)

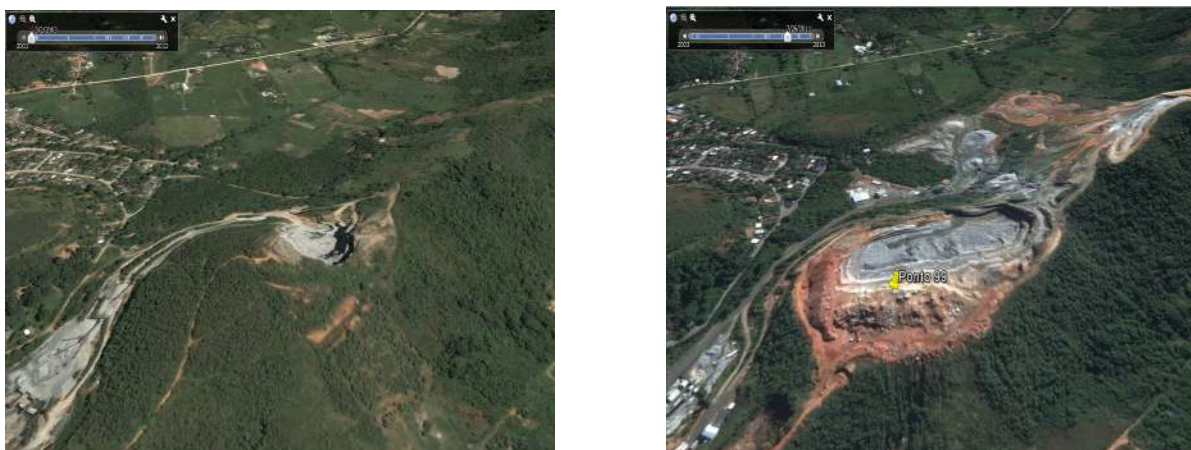


Legenda: (a) À esquerda, imagem de 2003 onde a vegetação pode ser identificada ao centro, atentando-se para os elementos cor (verde escuro) e textura (rugosa), pressionada por áreas de cultivo; (b) À direita, imagem de 2011 contendo ocorrência de nova área de cultivo identificada pela localização (área rural), forma e padrão (regulares).

Fonte: Adaptado de GOOGLE EARTH, 2013.

- Novas áreas degradadas – Ocorrência de novas áreas de solo desnudado considerando-se como um único ponto toda a área da feição (Figura 40).

Figura 40 – Amostras evidenciando o surgimento de nova área degradada (2003-2011)



Legenda: (a) À esquerda, imagem de 2003 onde a vegetação pode ser identificada, atentando-se para os elementos cor (verde escuro) e textura (rugosa), no entorno de área degradada por exploração mineral (na cor cinza); (b) À direita, imagem de 2011 contendo ocorrência de nova área degradada (ampliação) identificada pelo tamanho (maior em comparação aos demais objetos no entorno), cor (laranja em solo desnudado e cinza em área de extração) e forma (irregular).

Fonte: Adaptado de GOOGLE EARTH, 2013.

Após a identificação e marcação dos pontos de alterações no *Google Earth* os mesmos foram salvos em *.kml e, após, convertidos, junto ao ArcGIS para a extensão *.shp por meio da ferramenta “*KML to layer*”. No ArcGIS a nova camada foi editada de modo a incluir em sua tabela de atributos as informações levantadas, a exemplo da tipologia dos pontos objetivando a classificação temática dos mesmos.

O indicador em questão foi utilizado exclusivamente em um ciclo aplicado, composto para o grupo de categorias de APP ligadas à drenagem.

4.4.1.2 *Transversalmente* ligados ao tema

a) Crescimento do número de domicílios

A este indicador, originalmente “taxa de crescimento da população” em IBGE (2012), foi adicionado o termo “de domicílios” em substituição à “população”. A taxa de crescimento

do número de domicílios foi calculada a partir das variáveis dos censos demográficos referentes ao “número de domicílios permanentes” em 2000 e 2010. Sua mensuração se vincula ao “Mapa de percentual de crescimento (2000-2010) do número de domicílios por distrito nos municípios que compõem a sub-bacia do rio Saracuruna – RJ”, que teve sua construção evidenciada junto à descrição dos procedimentos realizados para caracterização da área de estudo.

O indicador foi utilizado em, além da caracterização da área de estudo, um dos ciclos parcialmente aplicados vinculados à categoria de APP de manguezal.

b) *Rendimento da população residente*

Este indicador se vincula ao “Mapa de rendimento médio mensal em salários mínimos (2010) por setor censitário na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ”, o qual teve seu processo de elaboração explicitado junto aos procedimentos de caracterização da área de estudo.

O indicador foi utilizado em, além da caracterização da área de estudo, um dos ciclos parcialmente aplicados vinculados ao grupo de categorias de APPs ligadas ao relevo de altitude.

c) *Infraestrutura sanitária*

De acordo com os parâmetros do IPP (2005) para o indicador, considerou-se como adequadas as seguintes formas de acesso à infraestrutura: abastecimento de água: ligação à rede geral; esgotamento Sanitário: ligação à rede geral ou com fossa séptica; e coleta de lixo: coleta direta ou indireta (caçamba).

Os dados para a elaboração do Mapa de percentual de domicílios com acesso à infraestrutura sanitária (2010) por setor censitário na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ e mensuração deste indicador correspondem aos percentuais gerados para os mapas de domicílios com abastecimento de água da rede geral (“agua_RG”); com esgotamento sanitário via rede geral de esgoto / pluvial ou fossa séptica (“esgo_GeFS”); com lixo coletado (“lixo_col”) por setor censitário na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ, utilizando os dados do censo de 2010. Tais mapas tiveram sua elaboração evidenciada junto à descrição dos procedimentos para caracterização da área de estudo.

Com o auxílio de “*Field Calculator*”, via tabela de atributos da base de dados de setores censitários contendo os campos com os dados trabalhados, foi procedido o cálculo baseado na seguinte fórmula:

- Percentual de domicílios com de domicílios com acesso à infraestrutura sanitária:
(agua_RG + esgo_GeFS + lixo_col) / 3;

O indicador em questão foi utilizado em um dos ciclos parcialmente aplicados para o grupo de categorias de APP ligadas à drenagem.

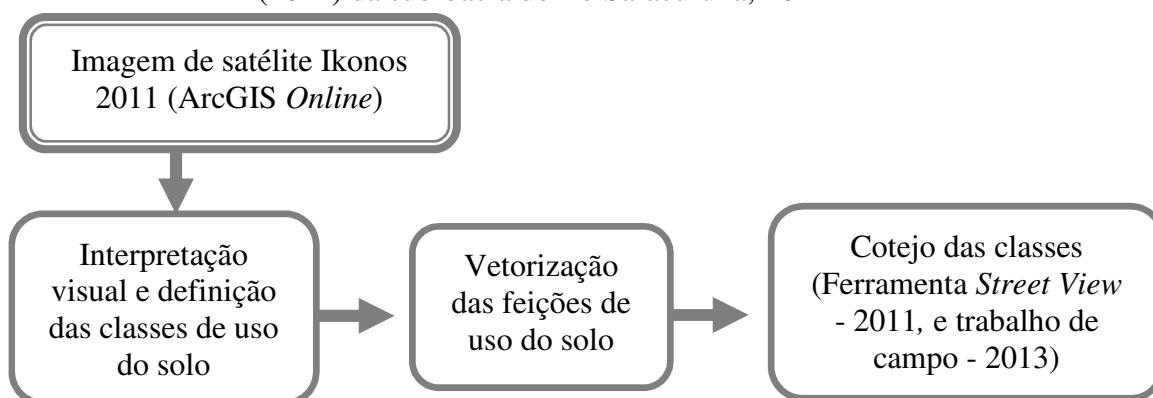
4.4.2 Indicadores de Estado

4.4.2.1 Diretamente ligados ao tema

a) Uso do solo

Tendo em vista não só a inadequação de escalas dos mapeamentos de uso do solo, disponíveis para a área da sub-bacia do rio Saracuruna, como também a defasagem de informações, foi feito um novo mapeamento parcial, com base em imagem de satélite (Fluxograma 16), propiciando a geração de informações básicas necessárias tanto para a caracterização das APPs e sub-bacia, como para a composição de demais mapeamentos, tais como os indicadores de “qualidade ambiental das terras” e “impermeabilização do solo”.

Fluxograma 16 – Materiais e procedimentos para a confecção do Mapa de uso do solo (2011) da sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Fonte: O autor, 2013.

Optou-se pela utilização da imagem Ikonos, referente ao ano de 2011, por possuir uma boa resolução (1 metro), recobrir totalmente a área de estudo, e por estar disponível (via servidor *online*) em ambiente ArcGIS, que possui um grupo de ferramentas adequadas para os procedimentos de vetorização.

O método de interpretação visual foi escolhido justamente pela ausência de imagem de satélite armazenada junto ao banco de dados especiais da sub-bacia que pudesse subsidiar testes e/ou realização de classificação automática.

Com base na caracterização da área de estudo, tendo como suporte todos os mapeamentos físicos e territoriais gerados, pôde-se obter um conhecimento maior sobre a área da sub-bacia, o que garantiu, em conjunto com o reconhecimento das técnicas de SR necessárias e domínio de utilização das ferramentas do ArcGIS, a realização do procedimento.

Em um primeiro momento tornou-se necessária a definição das classes do mapeamento e interpretação visual da imagem de satélite Ikonos (ArcGIS *online*), com o suporte das chaves de interpretação visual, baseadas nos elementos: cor, textura, forma, padrão, localização e tamanho (FLORENZANO, 2007).

As classes do mapeamento foram definidas de acordo com a escala de 1:10.000 adotada para o mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal na cidade do Rio de Janeiro por seu órgão responsável (IPP, 2009), igualmente utilizada para o mapeamento do uso do solo na sub-bacia do rio Saracuruna.

A utilização desta referência de mapeamento se deu com base nos resultados alcançados por IPP (2009), especificamente no que se refere à descrição de suas classes. Cabe lembrar que, alguns dos indicadores de interesse a esta pesquisa (a exemplo da qualidade ambiental das terras) possuem como fonte o IPP (2005), e a sua mensuração é dependente de mapeamentos de uso do solo em escala de detalhe e compreendendo uma classificação detalhada. Para a sub-bacia do rio Saracuruna, logicamente, algumas classes foram adaptadas levando-se em consideração as características peculiares à área de estudo. Ao todo foram definidas 15 (quinze) classes relacionadas a 3 (três) grupos, quais sejam:

➤ Grupo de áreas urbanizadas:

- Urbano – uso predominante residencial, incluindo-se ruas, avenidas, estradas, canteiros, edificações, conjuntos habitacionais, e ainda pequenos espaços e edificações, tais como: comerciais, uso misto, corredores de comércio, pequenas indústrias, etc. (Figura 41);

Figura 41 – Amostra de “urbano”



Legenda: Na amostra percebem-se feições apresentando textura rugosa, padrão uniforme, cor cinza, formas regulares e bem definidas (quadrados e retângulos das construções).

Fonte: ARCGIS ONLINE, 2013.

- Solo desnudado – áreas inseridas na malha urbana, ou em seu entorno, compreendendo grandes espaços vazios ou subutilizados, espaço físico alterado (solo desnudado), e movimentos de terra esparsos (Figura 42);

Figura 42 – Amostra de “solo desnudado”



Legenda: Na amostra percebem-se feições apresentando textura lisa e uniforme, com cor a magenta se se destacando em áreas de cor verde representando vegetação gramínea.

Fonte: ARCGIS ONLINE, 2013.

- Campo antrópico - áreas com edificações dispersas em perímetro urbano, constituindo terrenos de transição entre áreas urbanas e ocupadas por cobertura vegetal (Figura 43);

Figura 43 – Amostra de “campo antrópico”



Legenda: Percebem-se feições com textura variando de lisa para rugosa, e a cor verde destacada dentro do cinza.

Fonte: ARCGIS ONLINE, 2013.

- Aglomerados subnormais – áreas identificadas e cadastradas como aglomerados subnormais pelo IBGE (conforme o censo de 2010⁴²) (Figura 44);

Figura 44 – Amostra de “aglomerado subnormal”



Legenda: Percebem-se feições com padrão geométrico diferenciado de ocupação com cor cinza localizada em áreas de relevo e com vegetação (cor verde) em seu limite externo.

Fonte: ARCGIS ONLINE, 2013.

⁴² Os limites dos setores censitários definidos como aglomerados subnormais por IBGE (2013a) auxiliaram na vetorização das feições.

- Indústrias e instalações – áreas ocupadas por grandes equipamentos (industriais, institucionais, empresariais, etc.) (Figura 45);

Figura 45 – Amostra de “indústrias e instalações”



Legenda: Percebem-se feições apresentando forma regular e um tamanho grande das construções e a cor cinza referente ao telhado dos galpões.

Fonte: ARCGIS ONLINE, 2013.

➤ Grupo de áreas não-urbanizadas:

- Ocupação dispersa – uso residencial ou misto fora do perímetro urbano (entremeando áreas de floresta ou campo), granjas, pequenas instalações, etc. (Figura 46);

Figura 46 – Amostra de “ocupação dispersa”



Legenda: Percebem-se feições apresentando padrão irregular e descontínuo das construções e arruamentos (com cor diferenciada de cinza a magenta). Textura rugosa entremeada à lisa, da vegetação.

Fonte: ARCGIS ONLINE, 2013.

- Infraestrutura - áreas de intervenção humana sem configurar a ocupação de edificações em seu entorno (barragens, estradas cortando áreas naturais, torres de energia, etc.) (Figura 47);

Figura 47 – Amostra de “infraestrutura”



Legenda: Percebem-se feições com padrão irregular e cor cinza.

Fonte: ARCGIS ONLINE, 2013.

- Exploração mineral – áreas de exploração mineral, em atividade ou não (Figura 48);

Figura 48 – Amostra de “exploração mineral”



Legenda: Percebem-se feições com padrão irregular de tamanho destacado localizadas em áreas de elevação e suas bordas, em alguns casos denotando desmatamento.

Fonte: ARCGIS ONLINE, 2013.

- Cultivo – áreas ocupadas por atividades agrícolas, incluindo horticulturas, fruticulturas, paisagismo, etc. (Figura 49);

Figura 49 – Amostra de “cultivo”



Legenda: Percebem-se feições com forma regular de textura lisa a rugosa e em alguns casos com um padrão regular em áreas extensas.

Fonte: ARCGIS ONLINE, 2013.

➤ Grupo de áreas naturais:

- Floresta – floresta densa (ombrófila), vegetação secundária (Figura 50);

Figura 50 – Amostra de “floresta”



Legenda: Percebem-se feições com textura rugosa com formas naturais com adensamento da cor verde mais escura.

Fonte: ARCGIS ONLINE, 2013.

- Arbóreo-arbustiva – floresta desfragmentada; vegetação de mangue (formações pioneiras); capoeira em diferentes estágios e reflorestamentos (Figura 51);

Figura 51 – Amostra de “arbóreo-arbustiva”



Legenda: Percebem-se feições com forma irregular de cor verde, com padrão irregular de tamanhos variados, com influência, ao seu redor, de antropofização.

Fonte: ARCGIS ONLINE, 2013.

- Campo – áreas com vegetação rasteira, graminóides, situadas em planícies ou encostas, utilizadas ou não para atividades pastoris (Figura 52);

Figura 52 – Amostra de “campo”



Legenda: Percebem-se feições com cor verde claro e textura lisa com localização predominante em áreas elevadas.

Fonte: ARCGIS ONLINE, 2013.

- Afloramento rochoso – áreas cobertas por afloramento rochoso natural (escarpas ou matacões) (Figura 53);

Figura 53 – Amostra de “afloramento rochoso”



Legenda: Percebem-se feições com cor variando entre o marrom claro ao escuro com forma irregular, de tamanho variado e localização em áreas de elevação.

Fonte: ARCGIS ONLINE, 2013.

- Corpos d'água – áreas formadas por águas reservatórios d'água (Figura 54);

Figura 54 – Amostra de “corpos d'água”



Legenda: Percebem-se feição com cor variando entre o azul e o verde de tonalidade escura, com tamanho e forma irregular.

Fonte: ARCGIS ONLINE, 2013.

- Campo inundável - áreas ocupadas por brejos, várzeas, com a vegetação característica desses ambientes (Figura 55);

Figura 55 – Amostra de “campo inundável”

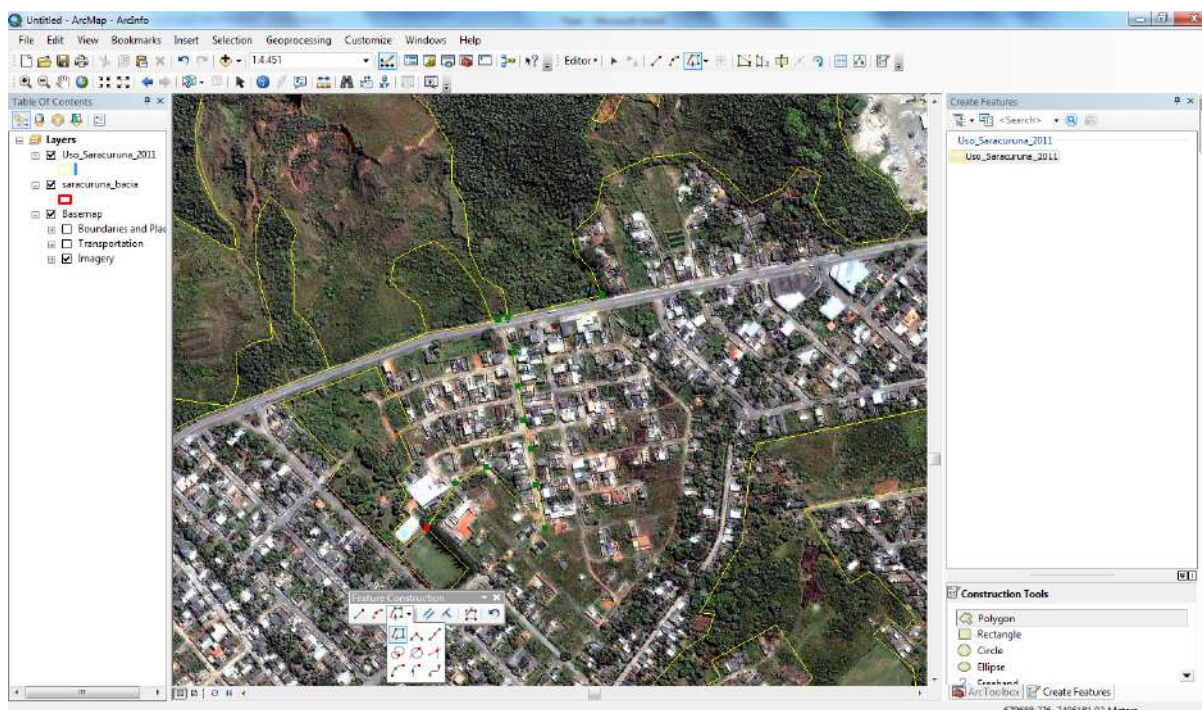


Legenda: Percebem-se feições com cor verde escuro e textura lisa com localização em áreas de baixada.

Fonte: ARCGIS ONLINE, 2013.

As feições foram vetorizadas com o suporte do grupo de ferramentas de edição “*Feature Construction*” (“*Straight Segment*”, para a livre inclusão de vértices e “*Trace*”, para acompanhar vértices de polígonos definidos para feições vizinhas já vetorizadas), em uma escala de visualização de 1:2.500 a 1:10.000 (Figura 56).

Figura 56 – Tela do ArcGIS contendo o uso do grupo de ferramentas de edição “*Feature Construction*” para a inclusão de vértices



Legenda: Percebe-se o uso do conjunto de ferramentas para vetorização. As linhas amarelas representam o limite das feições já vetorizadas, vinculadas às classes de uso.

Fonte: O autor, 2013.

Contou-se ainda com o apoio do *Google Earth* para a identificação de objetos menos aparentes na imagem Ikonos do ArcGIS. Convém salientar que, no processo de interpretação foi considerado o uso ou a cobertura predominante, assim como procedido por IPP (2009).

Para o cotejo das classes de uso do solo foi utilizada a ferramenta *Street View*, em paralelo ao próprio processo de vetorização. No entanto, cumpre dizer que esta ferramenta se limita à identificação de vistas a partir de logradouros (somente aqueles com acesso para carros), o que impossibilita um suporte maior para o cotejo de classes naturais ou em áreas não-urbanizadas. Em alguns casos foi possível identificar a feição de interesse quando a mesma se localizava em um nível topográfico acima do logradouro e de suas edificações ou árvores, a exemplo das cicatrizes da exploração mineral em morros (Figura 57).

Figura 57 – Extração mineral na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Legenda: Percebe-se ao fundo da imagem, na vista superior, morro arrasado pela exploração mineral. Imagem de agosto de 2011, tomada a partir do ponto de visão da Rua Santos Reis, em Imbariê, Duque de Caxias.

Fonte: Adaptado de GOOGLE STREET VIEW, 2011.

Neste sentido, o trabalho de campo, realizado em 16 de abril de 2013 na sub-bacia do rio Saracuruna⁴³, foi de suma importância para a consolidação do mapeamento. Foram definidos 20 (vinte) pontos de amostragem na imagem, atentando para a maior cobertura possível do território da sub-bacia, voltados tanto para a confirmação de usos classificados no mapeamento, principalmente no que se referem às áreas não-urbanizadas ou em contato com

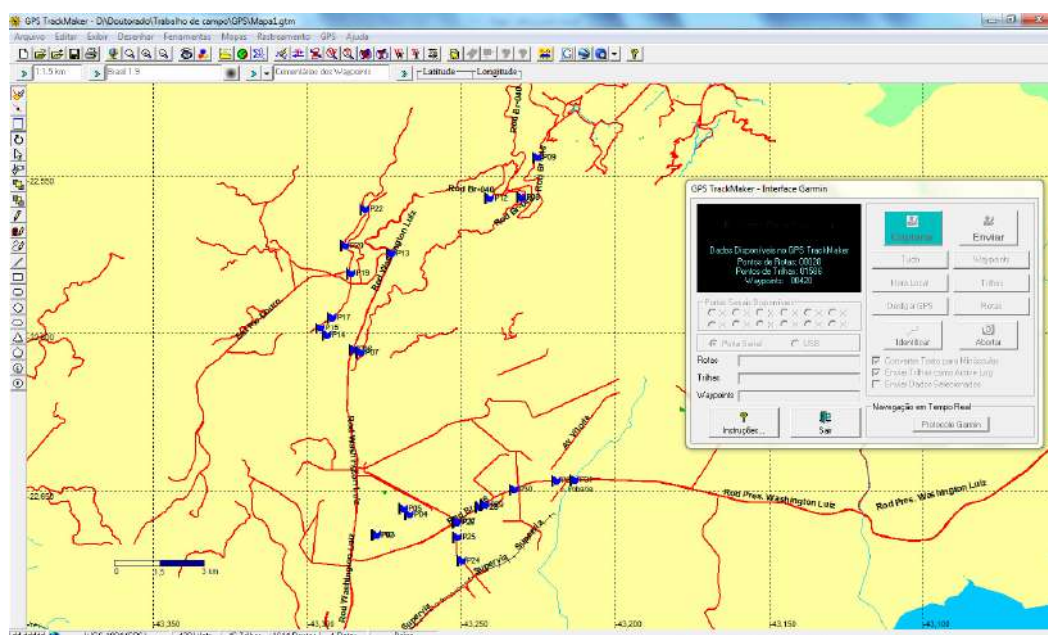
⁴³ A realização do trabalho de campo contou com o apoio da UERJ, via Departamento de Geografia Física - Instituto de Geografia, a partir da disponibilização de carro e motorista de sua garagem.

áreas urbanizadas, quanto para o suporte à construção/ilustração de outros indicadores ou ilustração da área de estudo.

Para o trabalho de campo foram utilizados os seguintes materiais: GPS (Garmin)⁴⁴, mapa dos pontos de amostragem, máquina fotográfica e planilha com relação dos pontos para anotações. Os procedimentos envolveram a captura da coordenada UTM, via GPS, e descrição do uso do solo/feições/principais características da parada frente ao seu propósito.

Ao fim do trabalho de campo os dados coletados via GPS (localização de 32 pontos, inclusive os de amostragem - APÊNDICES E e F) foram descarregados ao banco de dados espacial da sub-bacia do rio Saracuruna com o suporte do programa GTM (função de “Capturar” em “Interface Garmin”) (Figura 58).

Figura 58 – Tela do GTM com a plotagem dos pontos do trabalho de campo na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Legenda: Os pontos (em azul) foram descarregados e plotados em mapa base do próprio do programa.

Fonte: O autor, 2013.

Ao fim, os arquivos foram exportados para a extensão *.kml e, no ArcGIS, convertidas para *.shp. Ao se plotar tais pontos no ArcGIS como uma camada sobreposta a do mapeamento de uso do solo, pôde-se realizar o confronto das informações de uso.

A maior contribuição para a consolidação do mapeamento ocorreu com relação às classes de “cultivo” (em alguns casos com características próximas às da classe “campo”), em

⁴⁴ Aparelho cedido para o campo pelo Laboratório de Ensino (LABGEO) do Instituto de Geografia da UERJ.

áreas não-urbanizadas (Figura 59); e de “campo antrópico” (em alguns casos com características próximas à fragmentos de ocupação consolidada com maior nível de arborização da classe “urbano”), em áreas urbanizadas (Figura 60).

Figura 59 – Uso identificado como “cultivo”, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Legenda: A imagem refere-se ao ponto “22” (APÊNDICES E e F), representando área de cultivo no Distrito de Xerém.

Fonte: O autor, 2013.

Figura 60 – Uso identificado como “campo antrópico”, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Legenda: A imagem refere-se ao ponto “02” (APÊNDICES E e F), representando área de campo antrópico no Distrito de Campos Elyseos.

Fonte: O autor, 2013.

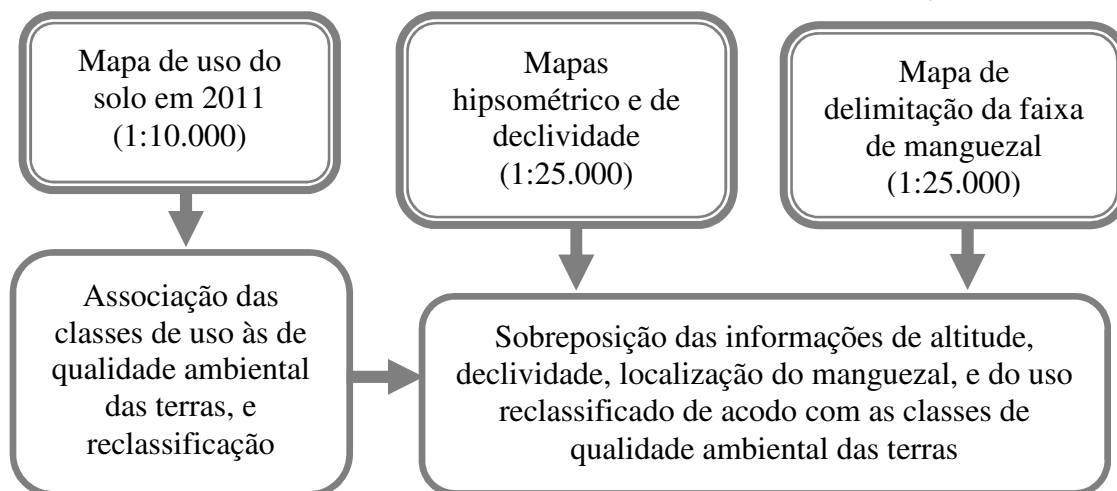
O indicador em pauta foi utilizado em um dos ciclos parcialmente aplicados para o grupo de APPs ligadas à drenagem e em um dos ciclos parcialmente aplicados para a APP de manguezal.

b) Qualidade ambiental das terras

A obtenção do indicador vincula-se ao mapeamento com base em informações de hipsometria (para consideração dos ambientes com características tais como a suscetibilidade à erosão, no caso das terras altas, e as restrições de drenagem, no caso das terras baixas); além do uso do solo (IPP, 2005).

Assim sendo, para a composição do Mapa de qualidade ambiental das terras na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ foi necessária a combinação de diversos outros mapeamentos, tendo como base principal o uso do solo 2011 (Fluxograma 17).

Fluxograma 17 – Materiais e procedimentos para a confecção do Mapa de qualidade ambiental das terras na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Fonte: O autor, 2013.

Com o suporte das legendas dos mapeamentos nos estudos de Crespo e La Rovere (2002) e IPP (2005) pôde-se chegar a uma legenda representativa para o mapa da sub-bacia, a saber:

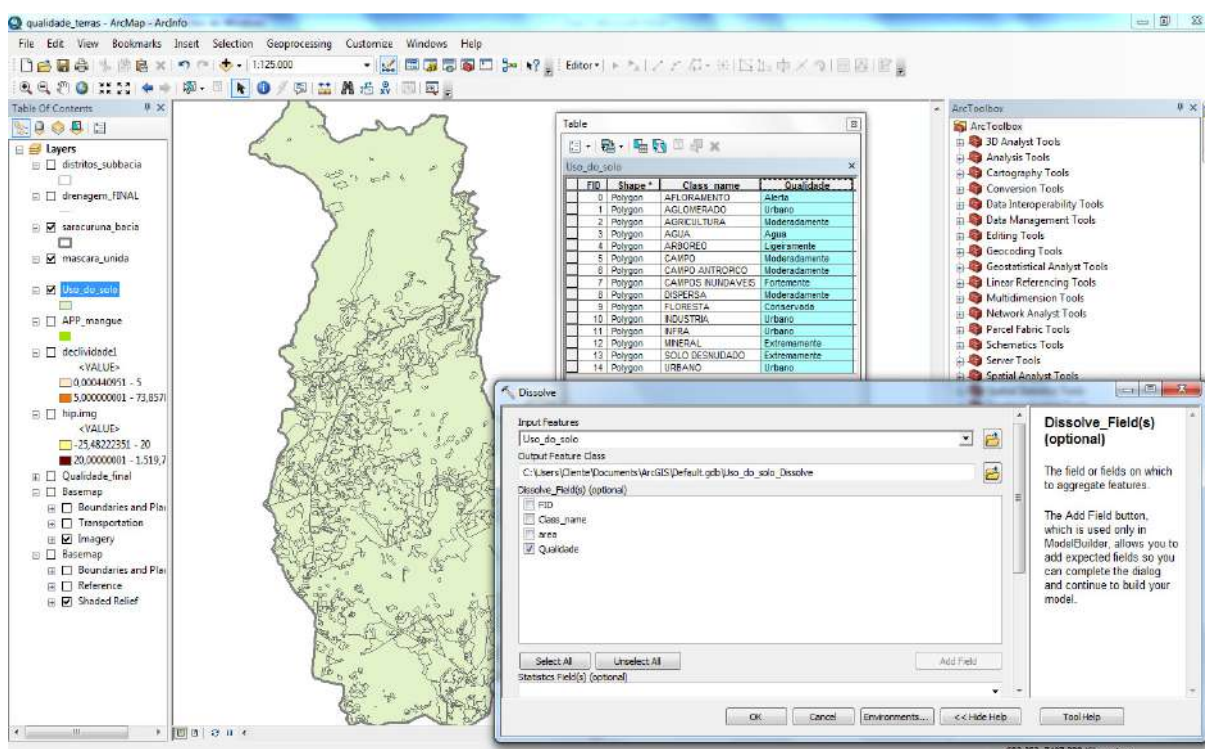
- Conservada - As interferências antrópicas são brandas, com pouco prejuízo na paisagem. Apresentam cobertura de floresta ombrófila;

- Ligeiramente degradada - As interferências antrópicas causam pequenos prejuízos na qualidade das terras. Relaciona-se à cobertura vegetal alterada (vegetação arbóreo-arbustiva);
- Moderadamente degradada - As interferências antrópicas causam significativos prejuízos na qualidade das terras. Apresentam diversas fisionomias de cobertura vegetal em áreas de campo, campo antrópico e ocupação dispersa, bem como áreas de cultivo;
- Fortemente degradada - As interferências antrópicas causam grandes prejuízos na qualidade das terras. Apresentam usos de campo antrópico, ocupação dispersa, cultura ou pastagem (campo) associada à alta vulnerabilidade natural à erosão (considerando áreas com altitude superior a 20 metros ou inclinação maior que 5 metros) ou enchentes (áreas de brejo);
- Extremamente degradada - Áreas de solo desnudado e de exploração mineral;
- Área de alerta - Referente à presença de afloramentos de rocha (risco para as terras a jusante devido à queda de blocos) e manguezal (ambientes ambientalmente frágeis).
- Área urbana – Envolve as áreas com pavimentação ou compactação do solo por construções residenciais, comerciais, industriais, públicas, ou de infraestrutura, sem considerar tipologias.

Foi criado um novo campo na tabela de atributos da base de uso do solo para a associação prévia de cada categoria de uso às classes de qualidade ambiental das terras, de acordo com a legenda definida, a partir de edição da camada.

A classe de uso “água” foi mantida isolada. Para as demais, procedeu-se o uso da ferramenta “*Dissolve*” do grupo de “*Geoprocessing*” (Figura 61) objetivando a reclassificação do mapa por meio do atributo recém-criado. Por exemplo, as classes “solo desnudado” e “exploração mineral” foram reclassificadas como uma única classe: “extremamente degradada”.

Figura 61 – Tela do ArcGIS contendo o uso da ferramenta de “Dissolve” para reclassificação do uso do solo em classes de qualidade ambiental das terras



Legenda: A coluna selecionada (em azul) na tabela de atributos indica o campo que foi considerado, junto à ferramenta “Dissolve”, para a reclassificação.

Fonte: O autor, 2013.

Para a distinção entre as categorias “fortemente degradada” e “moderadamente degradada” houve a necessidade da combinação do mapeamento de uso do solo reclassificado (especificamente a categoria “moderadamente degradada” isolada) com o hipsométrico e de declividade, igualmente reclassificados (junto à ferramenta de “Reclassify”, utilizada para delimitação de APPs) de acordo com os parâmetros definidos para a categoria de “fortemente degradado”. Os procedimentos de sobreposição foram realizados no ArcGIS a partir do uso combinado das funções de “Intersect” e “Union” (descrito junto aos procedimentos de caracterização da área de estudo), além de edição da tabela de atributos.

Para a complementação da classe “área de elerta”, procedeu-se a edição da camada e o uso da função de “Paste” do menu “Edit”, assim como utilizado na caracterização da área de estudo, para a junção do polígono de manguezal, proveniente da delimitação da faixa de manguezal na sub-bacia, ao mapeamento da qualidade ambiental das terras.

O indicador foi utilizado exclusivamente no ciclo aplicado para as APPs ligadas ao relevo de altitude.

c) Superfície em assentamentos urbanos formais e informais

O seu cálculo envolve o levantamento de áreas consolidadas ocupadas por assentamentos formais e informais conforme descrito por PNUMA (2004). Isto foi possível a partir do isolamento das categorias “urbano” e “aglomerado subnormal” do mapeamento de uso do solo de 2011, por meio da função de “*Export data*”, expressando as áreas efetivamente ocupadas na sub-bacia, e o tipo de ocupação.

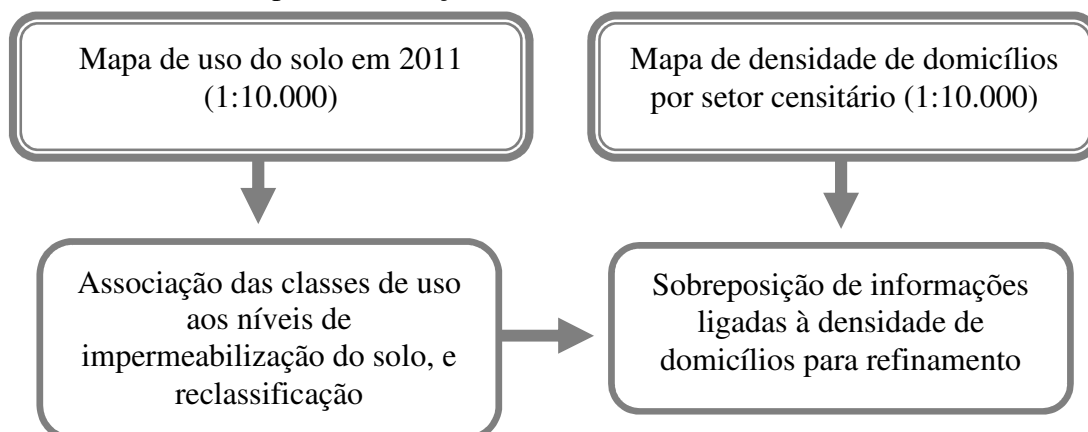
O indicador em pauta foi utilizado em um dos ciclos parcialmente aplicados vinculados ao grupo de categorias de APP ligadas ao relevo de altitude.

d) Impermeabilização do solo

Azevedo (2006) propõe um cálculo estimado de projeção da impermeabilização do solo, ou seja, a cobertura da superfície do terreno por materiais impermeáveis (asfalto, por exemplo), com base no número populacional de determinado recorte espacial a fim de se obter o percentual de impermeabilização da área analisada.

No entanto, neste estudo, para o cálculo do indicador, reconheceu-se a importância de inclusão dos níveis diferenciados de impermeabilização do solo a partir da consideração da influência dos diferentes ambientes (rural e urbano) no desenvolvimento deste processo, além da contribuição da densidade de ocupação. Sendo assim, temos o mapeamento com classes de níveis de impermeabilização (a partir do cruzamento de informações do mapeamento de uso do solo e de densidade de domicílios – Fluxograma 18).

Fluxograma 18 – Materiais e procedimentos para a confecção do Mapa de níveis de impermeabilização do solo na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Fonte: O autor, 2013.

A legenda do mapeamento baseou-se na descrição dos seguintes níveis:

- Nulo – Envolve as áreas naturais, contemplando cobertura vegetal, com impermeabilização inexistente;
- Baixo – Envolve as áreas associadas ao ambiente rural (cultivo, ocupação dispersa, etc.) e ao urbano de transição com áreas naturais (campo antrópico), além das áreas degradadas sem pavimentação, porém de solo exposto ou compactado (solo desnudado, exploração mineral, etc.);
- Médio – Corresponde às áreas urbanizadas com adensamento baixo a moderado (abaixo de 20 domicílios por hectare⁴⁵) e de infraestrutura;
- Alto – Corresponde às áreas urbanizadas densamente ocupadas (acima de 20 domicílios por hectare) e áreas industriais.

Os procedimentos para geração do mapeamento de impermeabilização do solo correspondem àqueles realizados para o de qualidade ambiental das terras, quais sejam: edição da tabela de atributos e uso das ferramentas “*Dissolve*” e “*Intersect*”.

Cumprir dizer que as classes de uso “água” e “afloramento rochoso” (classe natural não-permeável) foram mantidas isoladas por não se adequarem a nenhuma das classes relacionadas ao nível de impermeabilização.

Este indicador foi utilizado exclusivamente no ciclo aplicado para avaliação do grupo de APPs ligadas à drenagem.

⁴⁵ Parâmetro definido exclusivamente para a sub-bacia do rio Saracuruna, de acordo com a distribuição das frequências ao se considerarem tão somente duas classes.

4.4.3 Indicadores de Impacto

4.4.3.1 Diretamente ligados ao tema

a) Áreas críticas de inundação

Trata da adaptação do indicador “área de risco de inundações” proposto por São Paulo (2004). Adotou-se o termo “áreas críticas de inundação”, utilizado por Consórcio Ecologus-Agrar (2004) - fonte dos dados disponíveis, devido às dificuldades de levantamento de dados de ocorrências e a complexidade inerente ao conceito de risco hidrológico.

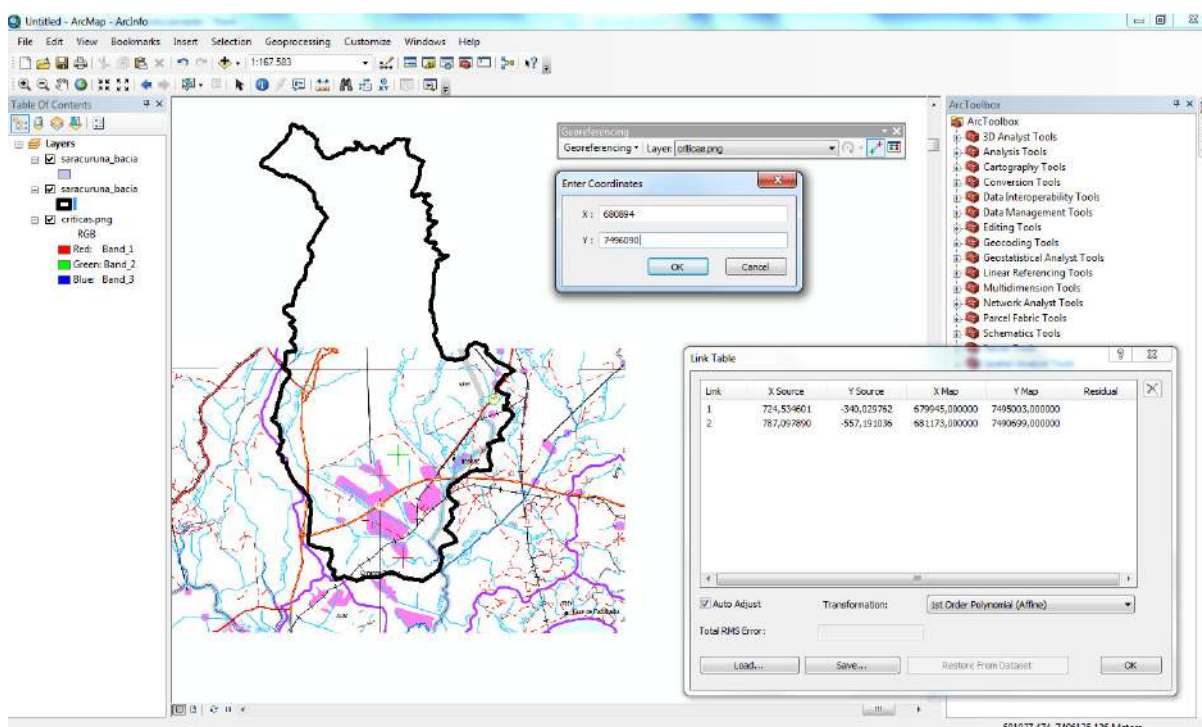
Para o seu cálculo, recorreu-se à elaboração do Mapa de áreas críticas de inundação na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ, a partir do mapeamento de áreas de inundação cobrindo a extensão das bacias hidrográficas drenantes à Baía de Guanabara (CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR, 2004).

Tal mapeamento se baseia em estudo iniciado pela antiga Fundação SERLA no que se refere à “Detecção de Áreas de Riscos de Inundações da Região da Baía de Guanabara”. O grau de abrangência das áreas identificadas neste estudo foi verificado posteriormente em levantamentos de campo, realizados pela equipe do Consórcio, e por meio de pesquisa executada diretamente junto às administrações dos municípios situados no entorno da Baía de Guanabara.

Contou-se com o suporte do ArcGIS para o georreferenciamento do mapa disponibilizado por Consórcio Ecologus-Agrar (2004) em formato de imagem digital e para a vetorização das manchas críticas dentro do limite da sub-bacia, a partir do uso das ferramentas associados aos grupos de “*Georeferencing*” (Figura 62) e “*Feature Construction*” (amplamente utilizado na caracterização da área de estudo e na aplicação de outros indicadores).

Para o georreferenciamento do mapa (em formato de imagem) foram utilizados 8 (oito) pontos de controle observando as coordenadas geográficas disponíveis junto à grade do mesmo.

Figura 62 – Tela do ArcGIS contendo o uso de ferramentas de “Georeferencing” para georeferenciamento de imagem contemplando as áreas de inundação



Legenda: As coordenadas UTM, adquiridas via grade de coordenadas do mapa impresso, foram inseridas como pontos de controle por meio da ferramenta “Enter Coordinates”.

Fonte: O autor, 2013.

Para a complementação das informações trazidas pelo Mapa de áreas críticas de inundação (2004) na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ, e ampliação dos resultados do indicador (de maneira ilustrativa), foram selecionados pontos de amostragem, via imagem de satélite, para o trabalho de campo realizado em 16 de abril de 2013, objetivando a identificação de edificações expostas ao risco hidrológico fora das manchas identificadas junto ao mapeamento. Os pontos (identificados de “15” a “21”) se referem ao médio curso do rio Saracuruna, em Xerém (APÊNDICES E e F).

O indicador em pauta foi utilizado exclusivamente no ciclo aplicado para avaliação do grupo de APPs ligadas à drenagem.

b) Áreas de risco de escorregamentos ou desmoronamentos

Trata da junção dos indicadores “incidência de desmoronamentos”, proposto por PNUMA (2004); e “ocorrências de escorregamento”, proposto por São Paulo (2004). Para

este trabalho adotou-se o termo “áreas de risco” devido à disponibilidade de dados referentes aos estudos de risco geológico nos municípios parcialmente inseridos na sub-bacia.

Para a aplicação do indicador gerou-se o Mapa de localização dos setores de risco iminente a escorregamentos (2007-2011) na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ, tendo como base dois levantamentos distintos: Theopratique (2007a; b), abrangendo o 1º Distrito do Município de Petrópolis; e DRM-RJ (2011a; b), abrangendo os municípios de Duque de Caxias e Magé.

O levantamento de Theopratique (2007a; b) se associa ao denominado Plano Municipal de Redução de Riscos, que visa a prevenção de riscos em assentamentos precários para o 1º Distrito de Petrópolis, apoiado pelo Ministério das Cidades e tendo como agente financiador a Caixa Econômica Federal. Este trabalho previu duas seções principais: Mapeamento de risco e concepção das intervenções. A identificação e mapeamento de setores de risco envolveu o cruzamento de dados espaciais relacionados à declividade, aos domínios geológicos-geotécnicos, à frequência de acidentes por região, à vegetação e aos padrões construtivos.

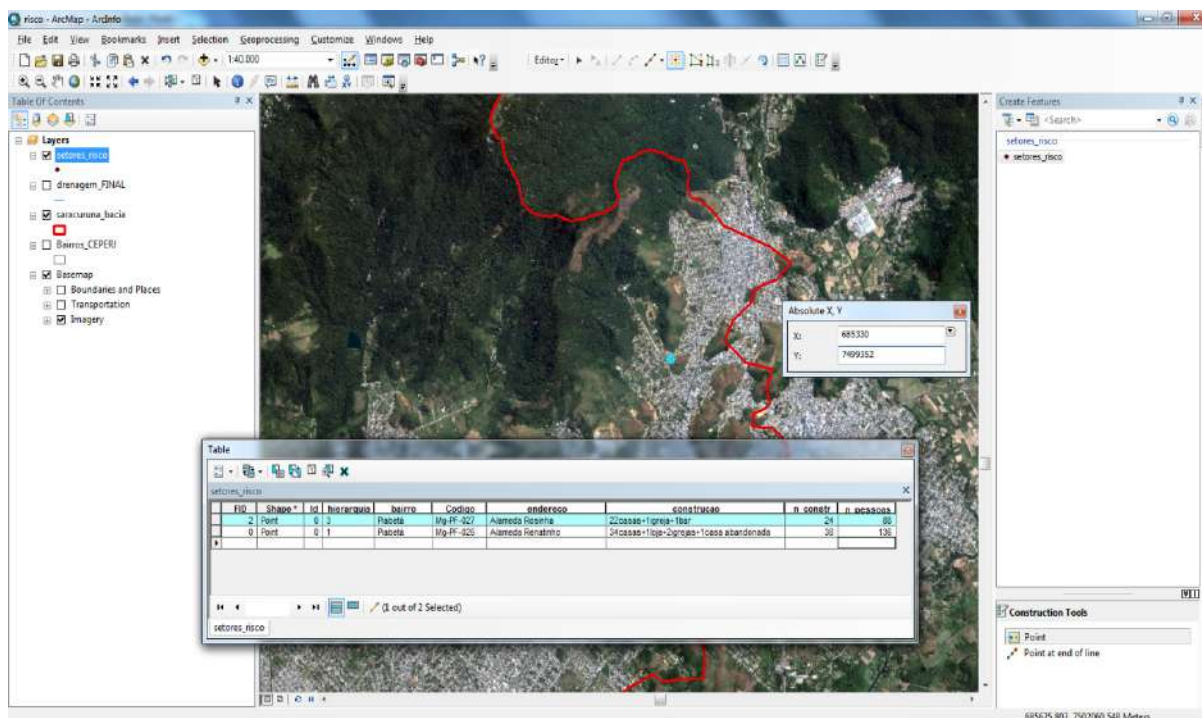
No que diz respeito ao levantamento do DRM-RJ (2011a; b) ao longo do ano de 2011 o órgão desenvolveu diversas ações na área de risco geológico, através do seu Núcleo de Análise e Diagnóstico de Escorregamentos (NADE), avançando no programa de mapeamento do risco iminente associado a escorregamentos, totalizando 31 municípios mapeados (dentre eles Duque de Caxias e Magé), segundo a sua própria conceituação e metodologia (DRM-RJ, 2012).

Na etapa de investigação geotécnica, que ofereceu suporte à preparação dos mapas de risco iminente, foi conferida especial atenção à distribuição dos processos destrutivos no passado, de forma a permitir o estabelecimento, de maneira dedutiva e generalizada, dos demais domínios sujeitos ao mesmo tipo de processo. Levou-se ainda em consideração evidências sobre elementos (casas, por exemplo) ameaçados ou vulneráveis na área de alcance, definindo setores de risco (DRM-RJ, 2012).

Com base nos documentos disponibilizados por Theopratique (2007a; b) e DRM-RJ (2011a; b), contendo a localização pontual e a descrição dos setores de risco iminente a escorregamentos em Petrópolis, Duque de Caxias e Magé (APÊNDICE G), pôde-se plotar junto ao ArcGIS os pontos no mapa base da sub-bacia do rio Saracuruna, com auxílio da ferramenta de “*Absolute X, Y...*” vinculada ao “*Create Features*” do módulo de edição; seguido de alimentação da tabela de atributos com as informações do ponto (Figura 63); e, por fim, seleção dos pontos inseridos na área da sub-bacia do rio Saracuruna, por meio da função

de “*Select by location*”, descrita quando da indicação dos procedimentos de consultas especiais para o cruzamento de informações dos indicadores.

Figura 63 – Vetorização de ponto de risco iminente e alimentação da tabela de atributos junto ao módulo de edição (entrada de dados) do ArcGIS



Legenda: Na imagem percebe-se o ponto (em azul) recém plotado por meio da ferramenta “*Absolute X, Y...*”, em modo de edição, e a seleção da linha correspondente ao mesmo na tabela de atributos, onde foram preenchidas as informações do setor de risco representado.

Fonte: O autor, 2013.

Ao fim, os pontos foram representados tematicamente com base no método de figuras geométricas proporcionais, evidenciando os pontos com maior número de construções sob risco iminente a escorregamentos na sub-bacia do rio Saracuruna. Tal procedimento foi possível com base no uso da função de “*Symbology*”, em “*Layer Properties*”.

O indicador em tela foi utilizado para o ciclo aplicado às APPs ligadas ao relevo de altitude, e para um de seus ciclos parcialmente aplicados.

4.4.4 Indicadores de Resposta

4.4.4.1 Diretamente ligados ao tema

a) Plano Diretor urbano

A sua composição, baseado em PNUMA (2004), envolveu o levantamento de informação sobre a existência e data de implementação dos planos diretores dos municípios parcialmente inseridos na sub-bacia do rio Saracuruna (Duque de Caxias, Magé e Petrópolis). Ainda foram revistas e contabilizadas as diretrizes ou instrumentos contidos nos planos, conforme procedido por São Paulo (2004), frente a cada tema avaliado no ciclo o qual o indicador faz parte.

O indicador foi então utilizado em um dos ciclos parcialmente aplicados vinculados ao grupo de categorias de APP ligadas à drenagem.

b) Plano de bacia hidrográfica

Sua obtenção baseou-se na averiguação da existência e implementação do plano de bacia, conforme Guimarães (2008). No entanto, para a mensuração do indicador propõe-se ainda a análise do conteúdo do plano de bacia vinculado à Região Hidrográfica da Baía de Guanabara e de seus sistemas lagunares, com enfoque para a contabilização de ações, diretrizes e programas previstos e executados na bacia/sub-bacia e frente às questões avaliadas (tema geral e ciclos específicos).

O indicador foi utilizado junto ao ciclo aplicado para as APPs ligadas à drenagem, bem como em 2 (dois) ciclos parcialmente aplicados associados aos grupos de APPs de altitude e APP de manguezal.

c) Agenda 21 Local

Seu cálculo, adaptado de IBGE (2012), vincula-se à identificação da existência de fóruns ou documentos (relatórios) vinculados aos arranjos territoriais ou institucionais que

intercedem com a sub-bacia, contendo a discussão de temas voltados às APPs ou às questões avaliados junto ao ciclo.

O indicador foi utilizado em um dos ciclos parcialmente aplicados vinculados à categoria de APP de manguezal.

d) Áreas de risco recuperadas

Segundo São Paulo (2004) seu cálculo pode englobar o percentual das áreas recuperadas e/ou o número de obras executadas, a depender do tipo de dado disponível e enfoque do indicador. Para esta pesquisa o indicador foi aplicado com base no número de setores com obras executadas ou com previsão de intervenções para a redução do risco a partir de análise dos levantamentos produzidos por Theopratique (2007b) e DRM-RJ (2011a; b).

Para Duque de Caxias e Magé foram identificados, durante o processo de levantamento dos setores de risco, aqueles contemplados por obras estruturais. Para os setores de risco em Petrópolis foram definidas, na ocasião do levantamento, categorias de intervenção refletindo “os diversos fatores condicionantes que contribuem para a ocorrência do escorregamento associado aos problemas existentes e/ou previstos com as respectivas ações de intervenção para cada área.” (THEOPRATIQUE, 2007b, p. 4).

O indicador foi utilizado exclusivamente no ciclo aplicado para o grupo de APPs ligadas ao relevo de altitude.

e) Áreas protegidas

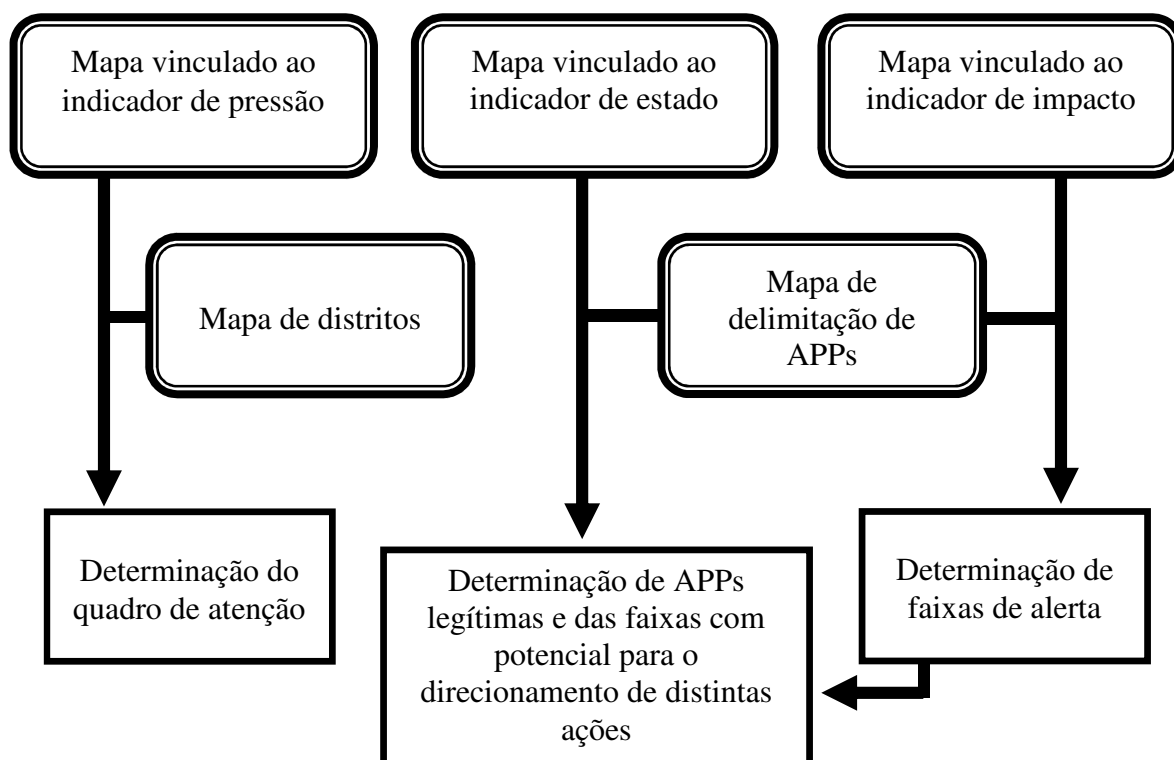
Para sua obtenção temos o número e a extensão territorial das áreas protegidas, conforme adaptação de IPP (2005) e IBGE (2012). Para a sub-bacia do rio Saracuruna e suas APPs o indicador foi aplicado a partir do Mapa de Unidades de Conservação na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ. Para complementação das informações consultou-se a existência e o conteúdo dos planos de manejo das UCs parcialmente ou totalmente inseridas na sub-bacia, frente ao tema geral e específicos avaliados no ciclo.

O indicador foi aproveitado em um dos ciclos parcialmente aplicados para o grupo de APPs ligadas à drenagem.

4.5 Elaboração dos mapeamentos vinculados à legitimação de APPs

A elaboração dos mapas síntese da situação das Áreas de Preservação Permanente ligadas à drenagem e ao relevo de altitude na sub-bacia do rio Saracuruna pautou-se na combinação, junto ao ArcGIS, de informações dos mapas produzidos para os indicadores de pressão, estado e impacto de cada ciclo aplicado para cada um destes grupos (Fluxograma 19).

Fluxograma 19 – Materiais e procedimentos para a confecção dos mapas síntese da situação das Áreas de Preservação Permanente ligadas à drenagem e ao relevo de altitude na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Fonte: O autor, 2013.

Os mapas produzidos para os indicadores de pressão contribuíram exclusivamente para a determinação do quadro de atenção por distritos (níveis alto, médio, baixo, ou nulo), considerando a distribuição do número ou área das ocorrências avaliadas junto ao indicador. Tal quadro serviu de mapa base para receber o mapeamento da situação das APPs. Os procedimentos envolveram a edição da tabela de atributos da camada de distritos e associação dos níveis; e classificação temática.

Os mapas de indicadores de estado, com perfil voltado à identificação do nível de preservação, foram utilizados como a base fundamental e principal para a determinação das APPs legítimas (preservadas de acordo com suas características originais), frente aos preceitos do Código Florestal, assim como da maioria das categorias voltadas ao direcionamento de ações (sugeridas), a saber:

- Faixas com potencial para recuperação – Áreas com baixo nível de descaracterização ao seu propósito inicial;
- Faixas com potencial para intervenções urbanísticas – Áreas com alto nível de descaracterização ao seu propósito inicial.

Os procedimentos envolveram, basicamente, o uso da ferramenta de “*Intersect*” para recorte das classes do mapeamento de estado em faixas de APP; edição da tabela de atributos da nova camada e reclassificação de acordo com as categorias de situação das APPs, por meio de “*Dissolve*”.

Os mapas vinculados ao impacto se direcionaram à determinação da última categoria dos mapas-síntese, a saber:

- Faixas com potencial para intervenções prioritárias – Áreas descaracterizadas quanto ao seu propósito inicial, inseridas em áreas de risco.

Tais faixas foram identificadas a partir da sobreposição “*Intersect*” das faixas de APP com informações de área (intercedentes com a faixa de APP) ou pontuais (vinculadas à feição da faixa de APP). Tais resultados foram adicionados ao mapa reclassificado de estado por meio da ferramenta de edição “*Paste*”. Ao fim, procedeu-se a classificação temática.

5 **ÁREA DE ESTUDO**

Neste capítulo serão descritas a localização e a caracterização física e humana da sub-bacia do rio Saracuruna, visando um diagnóstico ambiental geral, objetivando identificar e contextualizar as APPs inseridas neste recorte. Serão levantados ainda os problemas ambientais ocorrentes, com enfoque para distintas situações em APPs, o que visa balizar e justificar a escolha de determinados indicadores a serem monitorados no âmbito dos ciclos *PEIR* de avaliação ambiental integrada de APPs neste recorte. Por fim, serão identificados os instrumentos legais diretamente ou transversalmente relacionados à gestão de APPs na sub-bacia do rio Saracuruna.

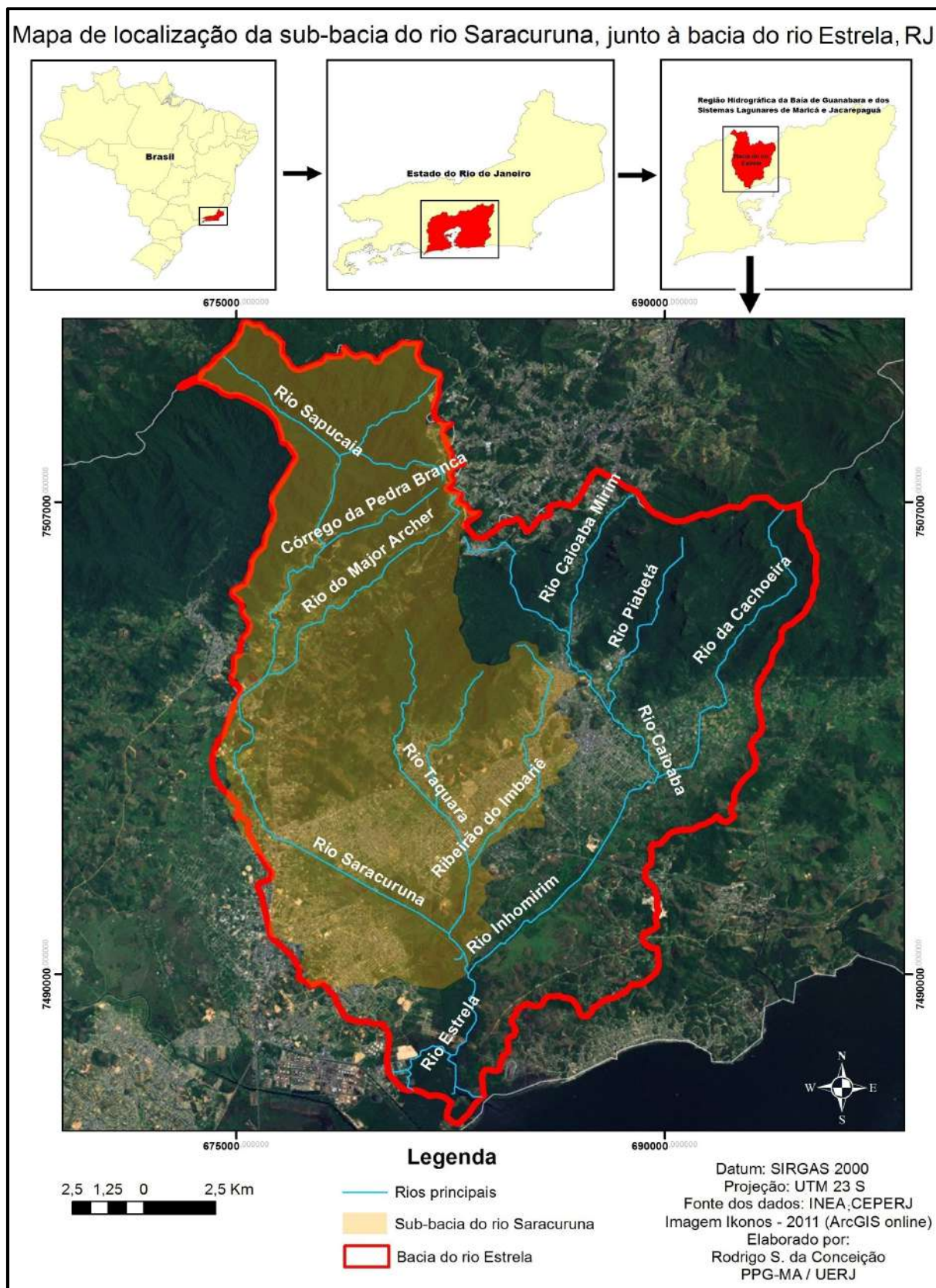
5.1 **Localização**

O Estado do Rio de Janeiro foi dividido em 10 Regiões Hidrográficas (ANEXO A), de acordo com afinidades geopolíticas e as bacias que abrangem. Sendo assim, o grupo de bacias drenantes à Baía de Guanabara⁴⁶, localizadas ao centro-sul do Estado do Rio de Janeiro, está vinculado à Região Hidrográfica da Baía de Guanabara e dos Sistemas Lagunares de Maricá e Jacarepaguá (RHBG+SLMJ).

Esta região pode ser fragmentada em sub-regiões (ANEXO B). A denominada “Sub-região Hidrográfica drenante para a Baía de Guanabara – Trecho Oeste” compreende, dentre outras bacias hidrográficas, o conjunto de sub-bacias dos rios Saracuruna/Inhomirim (Estrela). A bacia do rio Estrela, com 350 km², a qual possui terras que drenam a água de vários rios tributários ao denominado rio Estrela, assim nomeado após a confluência dos rios Saracuruna e Inhomirim, já próximo ao deságua na Baía de Guanabara (CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR, 2005; IBG, 2002; COMITÊ DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DA BAÍA DE GUANABARA E DOS SISTEMAS LAGUNARES DE MARICÁ E JACAREPAGUÁ, 2010) (Mapa 2).

⁴⁶“A Baía de Guanabara caracteriza-se como um estuário de inúmeros rios que levam a ela, em média, mais de 200 mil litros de água a cada segundo.” (IBG, 2002, p. 3).

Mapa 2 – Localização da sub-bacia do rio Saracuruna, junto à bacia do rio Estrela, RJ



Fonte: Adaptado de INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE, 2011b; c.; CENTRO ESTADUAL DE ESTATÍSTICAS, PESQUISAS E FORMAÇÃO DE SERVIDORES PÚBLICOS DO RIO DE JANEIRO, 2011a.

Portanto, a bacia do rio Estrela pode ser compartimentada em algumas sub-bacias, sendo as mais importantes e extensas as dos rios Saracuruna e Inhomirim. A sub-bacia do rio Saracuruna, com uma área de 188 km², está localizada na porção oeste da bacia do rio Estrela, ao norte de seu estuário (Mapa 2). Localmente, a sub-bacia do rio Saracuruna abarca em seu interior uma diversidade de paisagens, naturais e humanas (IBG, 2002; SANTOS, 2006).

Como visto junto à introdução deste trabalho (Mapa 1, p. 32), em termos de localização política-administrativa, a sub-bacia do rio Saracuruna está parcialmente inserida junto às regiões Metropolitana e Serrana. Mais detalhadamente, a sub-bacia integra parcialmente terras dos distritos de Xerém, Campos Elyseos e Imbariê (em Duque de Caxias), Inhomirim (em Magé) e 1º Distrito de Petrópolis (em Petrópolis)⁴⁷.

5.2 Caracterização física da sub-bacia do rio Saracuruna

5.2.1 Relevo e solos

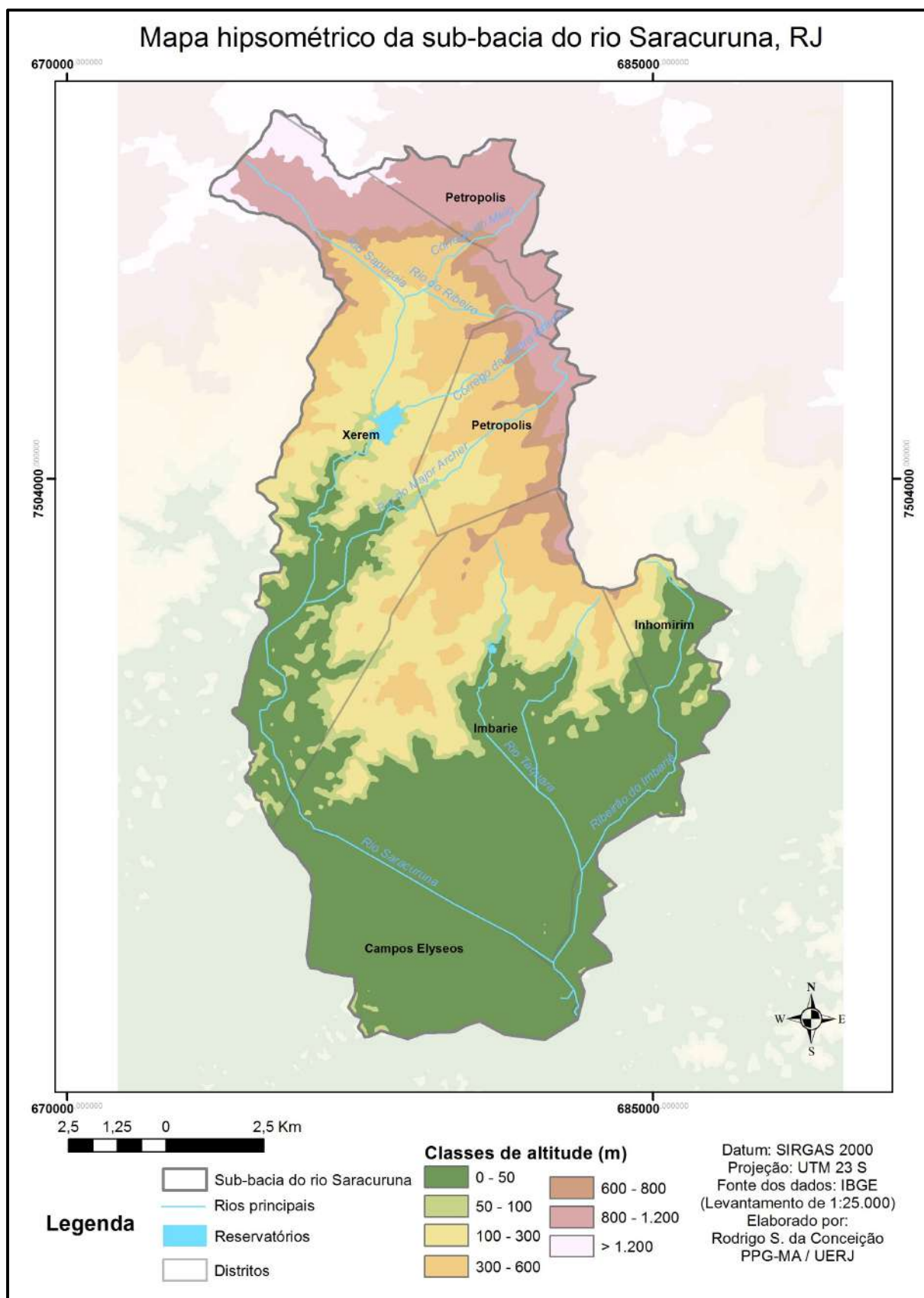
Em termos regionais, praticamente toda a sub-bacia do rio Saracuruna está assentada no compartimento geomorfológico da Serra do Mar, constituído de vários degraus topográficos, dentro da concepção de falhas escalonadas, basculadas para o norte, estabelecida por Asmus e Ferrari (1978 apud COSTA et. al. 1995).

Localmente é representada pela Serra da Estrela e terrenos de baixada, variando entre 0 a 1.500 metros de altitude (Mapa 3). Mais precisamente, em termos percentuais, os terrenos da sub-bacia do rio Saracuruna encontram-se assim distribuídos, com relação à suas faixas de altitude: 44,1%, entre 0 e 50 metros; 6,9%, entre 50 e 100 metros; 18%, entre 100 e 300 metros; 14,8%, entre 300 e 600 metros; 4,2%, entre 600 e 800 metros; 9,5%, entre 800 e 1.200 metros; e, por fim, 1,5%, acima de 1.200 metros.

Segundo Costa et. al. (1995), a sub-bacia, em sua porção montanhosa, apresenta relevo escarpado com vertentes de forte inclinação, vales estreitos, bem encaixados, com cristas mais elevadas dispostas segundo a direção N 25° - 30° E.

⁴⁷ A distribuição de terras da sub-bacia, por distritos, assim ocorre: Xerém (61 km², ou 32,4% da área total da sub-bacia), Campos Elyseos (23 km², ou 12,2%), Imbariê (67 km², ou 35,6%), Inhomirim (13 km², ou 6,9%), e Petrópolis (24 km², ou 12,7%).

Mapa 3 – Hipsometria da sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Fonte: Adaptado de INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2013b.

As maiores altitudes se concentram nos distritos de Xerém e Petrópolis, ao norte, representando a porção montanhosa da sub-bacia; e as mais baixas em Inhomirim, Imbariê e Campos Elyseos, ao sul, representando os terrenos de baixada, ao nível do mar.

A maior variação de altitude ocorre na porção da sub-bacia inserida em Xerém, abrangendo todas as classes hipsométricas do mapa 3. Isto pode ser explicado pelo fato de que este distrito possui a maior extensão, em linha reta, do norte ao sul, dentro da sub-bacia (18,5 km). Nesta porção se encontra ainda o vale do rio Saracuruna, a oeste. A menor variação ocorre em Campos Elyseos, porção esta caracterizada por seu relevo plano, com a presença de algumas pequenas formações, ao sul, que não ultrapassam os 50 metros de altitude.

Com base na caracterização hipsométrica da sub-bacia, pode-se indicar, com relação ao quadro de APPs, a não existência da categoria referente às áreas acima de 1.800 metros, visto que a altitude máxima identificada na área da sub-bacia, em seu extremo norte, é de cerca de 1.480 metros. Por outro lado, esta caracterização inicial aponta para a existência de faixas, em potencial, com características compatíveis à outras categorias de APPs relacionadas com o relevo de altitude.

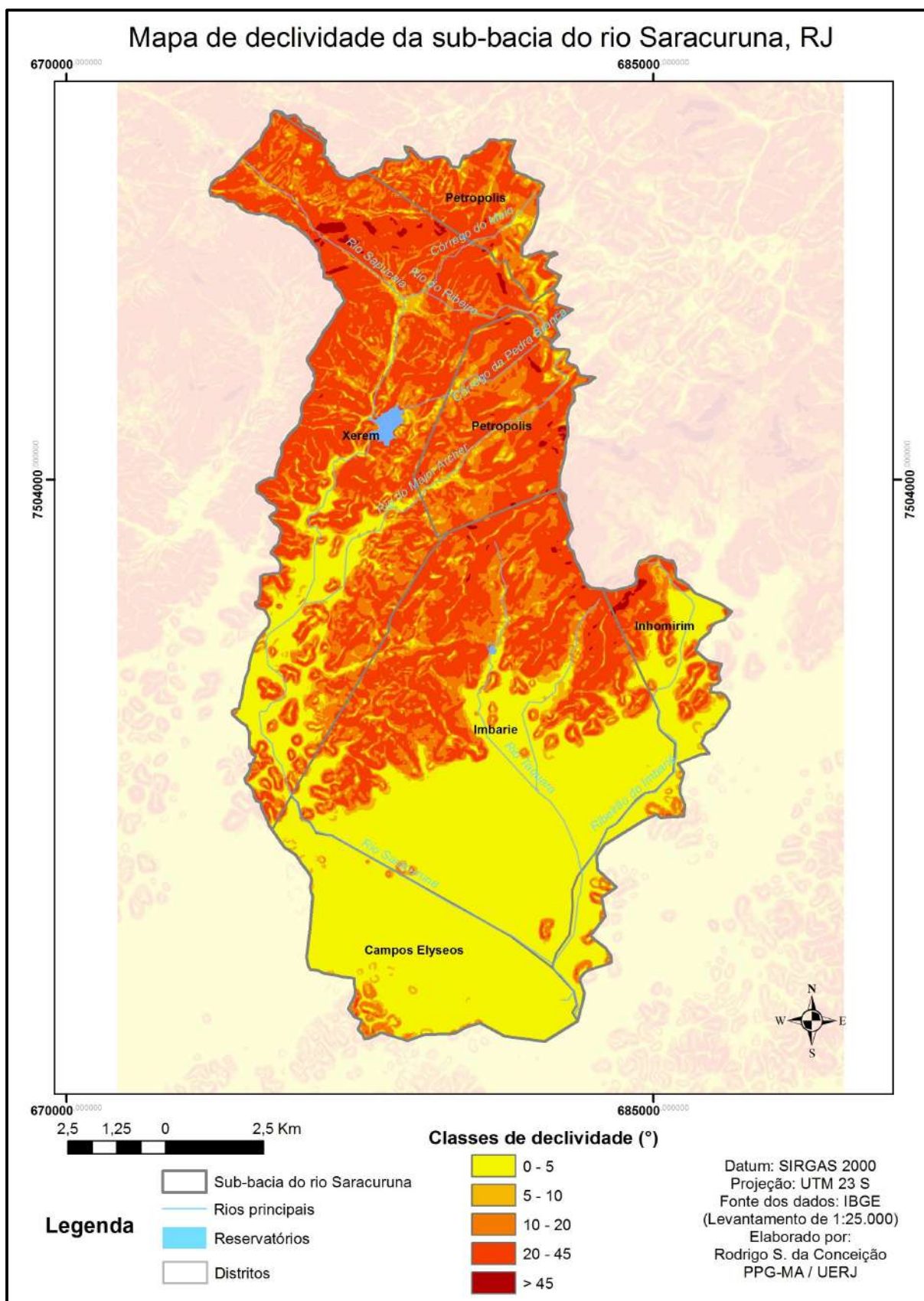
Ao se analisar, a partir da hipsometria, a existência de faixas distintas de altitude e de corredores estreitos entre uma faixa e outra (como no caso da classe de 600 a 800 metros) percebe-se um grande potencial quanto à visualização de terrenos abruptos, de acentuada declividade.

Confirmando tal pré-avaliação, o mapeamento da declividade na sub-bacia do rio Saracuruna (Mapa 4) demonstra a existência de faixas de terreno com inclinação superior a 45°, configurando Áreas de Preservação Permanente. Estas faixas se associam, em sua maioria, à classe hipsométrica intermediária entre as classes de 300 a 600 metros e 800 a 1.200 metros.

Considerando a sua área total, 37,2% da sub-bacia do rio Saracuruna corresponde à terrenos com inclinação entre 0 a 5°; 6,9% entre 5 a 10°; 20,7% entre 10 a 20°; 34% entre 20 a 45°; e 0,5% à terrenos acima de 45°.

O pequeno percentual de faixas acima de 45° na sub-bacia encontra-se distribuído por todos os distritos, à exceção de Campos Elyseos. Com base no referido mapa de declividade percebe-se a concentração destas áreas ao norte. No distrito de Xerém percebe-se o vale bem encaixado do rio Saracuruna, em seu alto curso. Ao sul do reservatório, em médio curso, este vale torna-se mais aberto, com declividades menos acentuadas em suas bordas. Em parte do distrito de Imbariê e Campos Elyseos predominam as áreas planas, em direção à porção sul da sub-bacia.

Mapa 4 – Declividade da sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Fonte: Adaptado de INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2013b.

O mapeamento geomorfológico revelou a compartimentação topográfica e altimétrica associada à morfologia do terreno na sub-bacia do rio Saracuruna., demonstra o predomínio de serras escarpadas (compreendendo 34,5%, com relação ao total da sub-bacia) a montante, atestando o escalonamento na sub-bacia; e uma extensa área associada às planícies fluviais (vale do rio Saracuruna na porção oeste) e fluvio-marinhas, com a presença de algumas colinas (compreendendo 41,4%, com relação ao total da sub-bacia) (Mapa 5).

Em contato com as serras escarpadas, ao norte e ao sul, encontram-se as serras isoladas e locais (compreendendo 13,2%, com relação ao total da sub-bacia) e os morros (6,9%), as quais, conjuntamente, se caracterizam por serem formações com cota do topo em relação à sua base entre 100 a 400 metros. As serras isoladas possuem altura maior que a dos morros e menor que a das serras escarpadas. Sendo assim, a sub-bacia apresenta cumes de elevações diversas, além de linhas de cumeada representando sequencias de cristas e divisores de água (Figura 64). Tal quadro, associado às altas declividades constatadas na sub-bacia, aponta para a existência de APPs relativas aos topos de elevações.

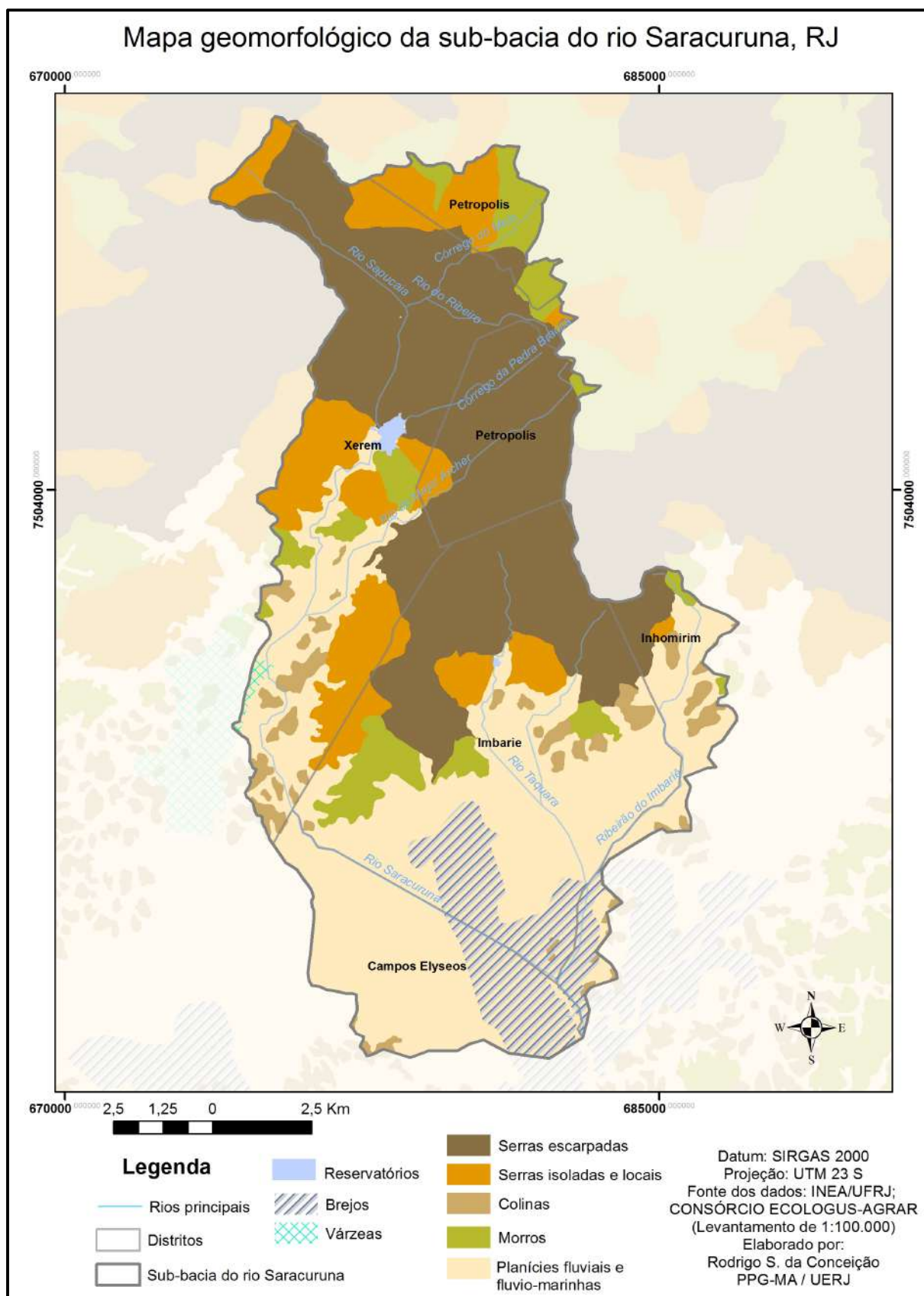
Figura 64 – Topo de elevação e linha de cumeada na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Legenda: Ao fundo da imagem, topo de uma montanha e linha de cumeada à sua direita, localizadas a sudeste do distrito de Petrópolis, no divisor entre a sub-bacia do rio Saracuruna e sub-bacia do rio Inhomirim. Imagem de julho de 2011, tomada a partir do ponto de visão da Rodovia Washington Luiz.

Fonte: Adaptado de GOOGLE STREET VIEW, 2011.

Mapa 5 – Geomorfologia da sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Fonte: Adaptado de INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE, 2011b; CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR, 2005.

No mapa 6 observa-se a presença de uma extensa área brejosa ao sul (com 16 km²), na planície fluvio-marinha junto aos distritos de Campos Elyseos e Imbariê, acompanhando o baixo curso do rio Saracuruna, próximo à formação do rio Estrela. À leste, tais brejos estão em contato com formações colinosas (Figura 65), as quais correspondem a 3,7%, com relação ao total da sub-bacia.

Figura 65 – Terreno brejoso na porção de baixada da sub-bacia do rio Saracuruna, RJ

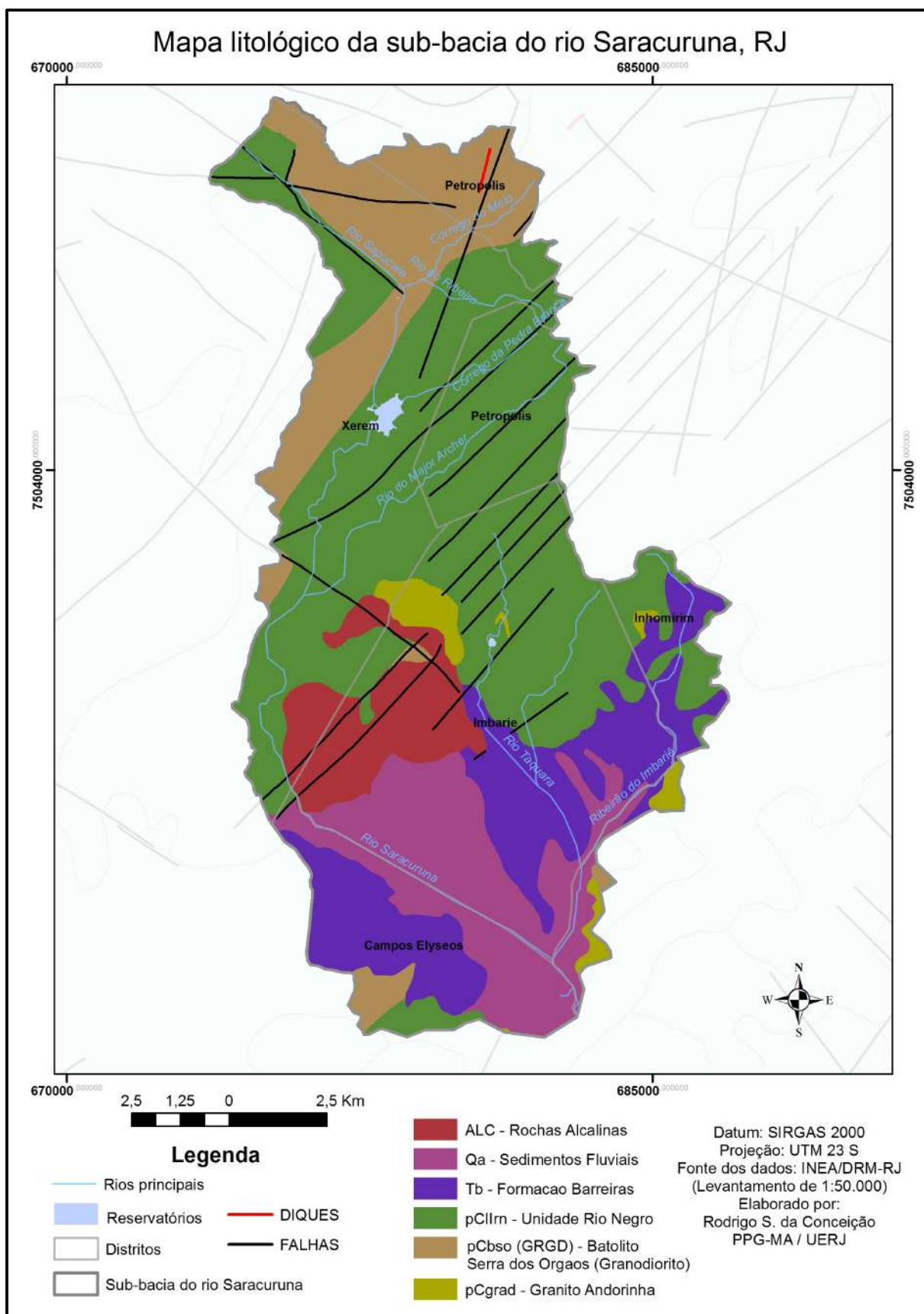


Legenda: Em primeiro plano da imagem: brejo em planície fluvio-marinha; ao fundo: formação colinosa. Ambos os terrenos estão localizados ao sul do Distrito de Imbariê, próximos ao rio Saracuruna.

Fonte: O autor, 2013.

Quase toda morfologia da sub-bacia encontra-se adaptada às litologias e estrutura geológica dominantes. Conforme o mapeamento litológico, as unidades litológicas predominantes ao norte da sub-bacia são: migmatitos estromáticos da Unidade Rio Negro (equivalente a 45,7% do total da sub-bacia), e plutonitos foliados de composição granítica a granodiorítica pertencentes à Unidade Serra dos Órgãos (equivalente a 14,3%), ambas do período pré-cambriano (Mapa 6). Associadas aos migmatitos estão as encostas mais abruptas e entalhadas dos grandes divisores de drenagem; e, aos plutonitos, as encostas mais suavizadas (COSTA et. al. 1995).

Mapa 6 – Litologia da sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Fonte: Adaptado de INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE, 2011b.

Sedimentos holocênicos, formados de material predominantemente arenoso, pouco consolidado e de alta permeabilidade, aparecem nas planícies de inundação dos principais rios (COSTA et. al. 1995). Nas áreas de baixada predominam sedimentos fluviais e a denominada Formação Barreiras, constituída por sedimentos terciários areno-argilosos não consolidados, de origem continental (RIO DE JANEIRO, 2011a).

Em termos pedológicos, em associação à sua morfologia, a sub-bacia do rio Saracuruna apresenta, nos segmentos de ruptura de declive e/ou encostas suaves, solos coluvionares⁴⁸ constituídos essencialmente de material arginoarenoso de cor avermelhada, onde se acham matacões, além de blocos de diversos tamanhos e variados graus de decomposição (IPT, 1990 apud COSTA et. al. 1995).

Nas calhas dos rios e em suas planícies de inundação, é freqüente a ocorrência de pequenos depósitos aluvionares⁴⁹, constituídos, por cascalhos de diferentes tamanhos (principalmente matacões, acumulados ao longo de seu talvegue), em áreas de gradientes médios e baixos (COSTA et. al. 1995).

Conforme o mapeamento pedológico disponível, as classes de solo presentes na sub-bacia correspondem, de maneira geral, a solos pouco desenvolvidos a montante, com níveis altos de erodibilidade, a exemplo dos cambissolos (que corresponde a 49,4%, com relação ao total da sub-bacia); além de solos encharcados (gleissolos) nas várzeas e brejos (planícies fluvio-marinhas). Atualmente, as áreas de baixada se encontram urbanizadas, tendo como característica a impermeabilização do solo (Mapa 7 e Quadro 4).

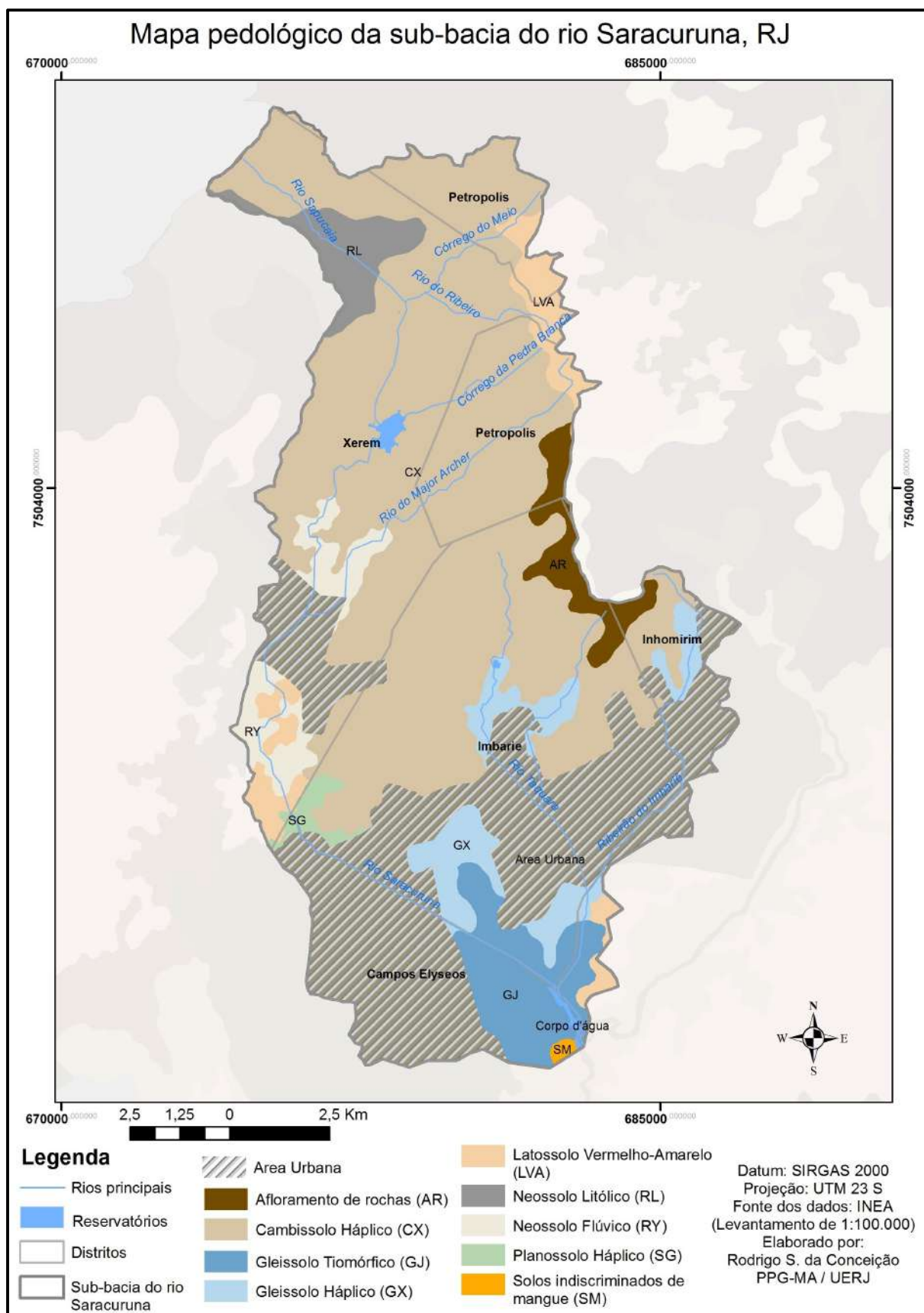
Os gleissolos (que conjuntamente perfazem um total de 10,1% do total da sub-bacia) se associam ainda ao médio curso do rio Taquara, em Imbariê, e do Ribeirão do Imbariê, em Inhomirim. Ao vale do rio Saracuruna, em Xerém, pode-se observar a presença de neossolos flúvicos, derivados de sedimentos aluviais e caracterizados por seu pouco desenvolvimento.

No extremo sul da sub-bacia, em Campos Elyseos, há a ocorrência de solos indiscriminados de mangue, o que aponta, em conjunto com a morfologia do local (planície flúvio-marinha), para a presença de outra categoria de APP na sub-bacia: a de manguezal.

⁴⁸ O colúvio corresponde ao “material transportado de um local para outro, principalmente, por efeito da gravidade. O material coluvial só aparece no sopé de vertentes ou em lugares pouco afastados de declives que lhe estão acima.” (GUERRA e GUERRA, 2006, p. 149).

⁴⁹ Aluvião ou alúvio correspondem a “detritos ou sedimentos clásticos, carregados ou depositados pelos rios. Este material é arrancado das margens e das vertentes, sendo levado em suspensão pelas águas dos rios que o acumulam em bancos, constituindo os depósitos aluvionares. São depósitos suspensos, que aparecem algumas vezes na vertente de um vale e constituem uma prova morfológica do afundamento do talvegue.” (GUERRA e GUERRA, 2006, p. 39).

Mapa 7 – Pedologia da sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Fonte: Adaptado de INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE, 2012b.

Quadro 4 – Tipos de solos na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ

ORDEM (etimologia e características)	SUB-ORDEM	GRANDE GRUPO	SÍMBOLO
Cambissolo Do latim <i>cambiare</i> , trocar; conotativo de solos em formação (transformação). Horizonte B incipiente.	Háplico*	Tb Distrófico	CXbd
Gleissolo Do russo <i>gley</i> , massa de solo pastosa; conotativo de excesso de água. Horizonte glei.	Tiomórfico**	Húmico	GJh
		Órtico	Gjo
	Háplico	Tb Distrófico	GXbd
		Alumínico	Gxa
Latossolo Do latim <i>lat</i> , material altamente alterado (tijolo); conotativo de elevado conteúdo de sesquióxidos. Horizonte B latossólico.	Vermelho – Amarelo***	Distrófico	LVAd
Neossolo Do grego <i>néos</i> , novo, moderno; conotativo de solos jovens, em início de formação. Pequeno desenvolvimento.	Litólico	Distrófico	RLd
	Flúvico****	Tb Distrófico	RYbd
Planossolo Do latim <i>planus</i> , plano, horizontal; conotativo de solos desenvolvidos com encharcamento superficial estacional. Horizonte B plânico.	Háplico	Distrófico	SXd
Afloramento de rochas (AR)			
Solos indiscriminados de mangue			

Legenda: (*) Se refere a todos os demais solos não distinguidos nas classes precedentes; (**) Horizonte sulfúrico e/ou materiais sulfídricos; (***) Cor do solo; (****) Caráter flúvico.

Fonte: Adaptado de INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE, 2012b; INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2007.

5.2.2 Clima e hidrografia

Em termos regionais, a área de estudo é classificada, segundo Nimer (1971 apud COSTA et. al., 1995), como clima tropical quente, sempre úmido e sem seca, ou com um período menos chuvoso, concentrado em, no máximo, dois meses. A média anual de temperatura oscila entre 20° e 22° C, sendo a máxima absoluta variando entre 38° e 40° C e a mínima, entre 0° e 4°C.

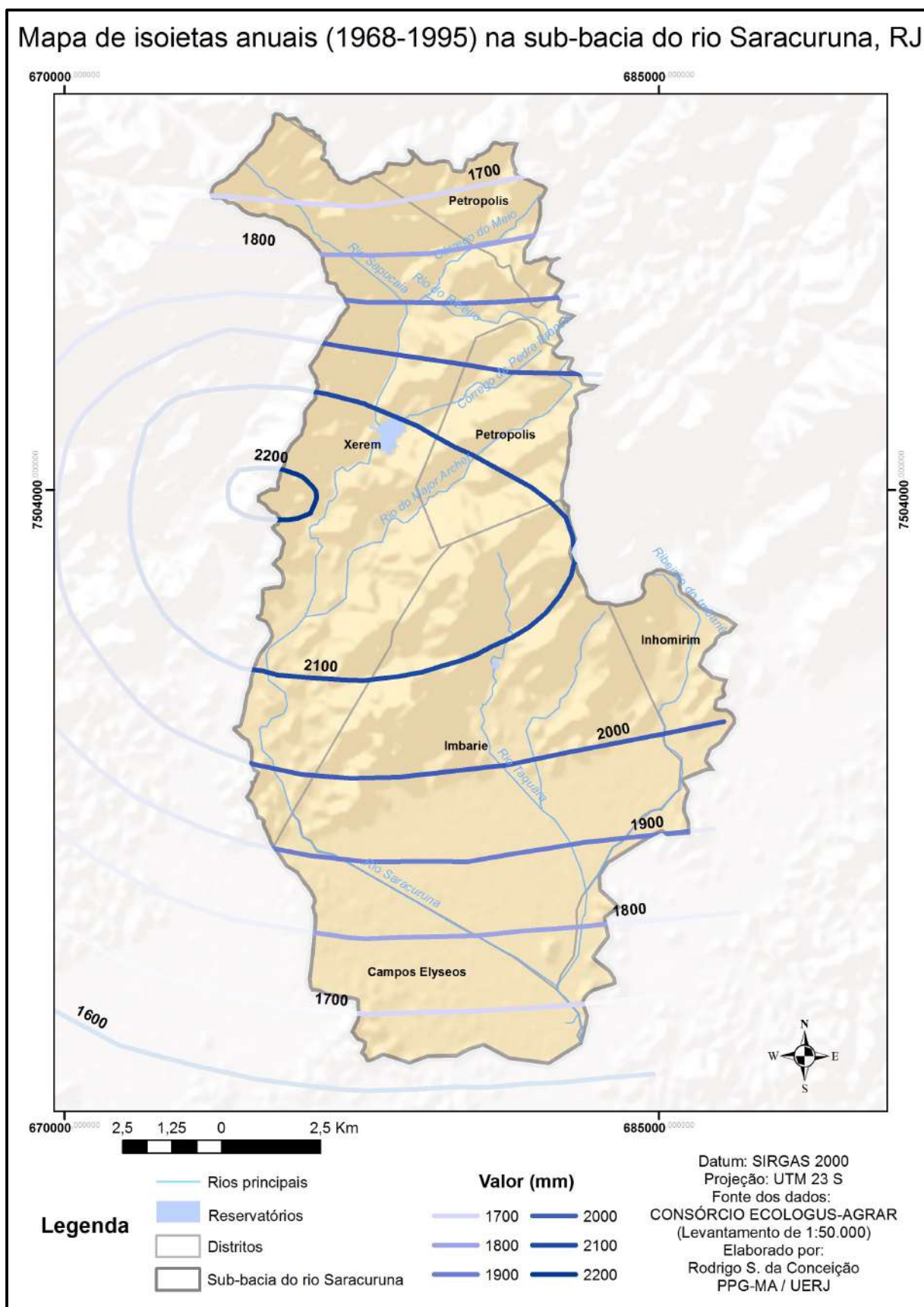
Costa et. al (op. cit.) avaliaram que a pluviosidade na sub-bacia é bastante elevada⁵⁰, apresentando valores anuais entre 1.100 e 3.400 mm para o período de 1930 a 1985. Pela observação dos histogramas confeccionados (de médias mensais), os autores concluíram que nas duas séries estudadas (entre os intervalos de 1930 a 1955 e de 1960 a 1985), há períodos secos bem marcados, em detrimento de uma estação chuvosa (outubro a abril). Nesta estação, o mês de fevereiro foi o que apresentou uma maior variabilidade anual. Constatou-se ainda uma redução geral da pluviosidade de um período para outro. Com base na análise estatística da variabilidade das máximas e mínimas nos dois períodos estudados, possibilitou-se determinar que houve uma redução de pluviosidade da ordem de 18,5% para os valores de máxima e de 53% para os valores de mínima. O período anterior foi, portanto, um período mais úmido, com uma variabilidade pequena, dos valores máximos e mínimos, se comparado com o período posterior caracterizado por ser bem seco e com grande variabilidade dos valores, tanto máximos quanto mínimos.

Considerando o mapeamento de isoietas anuais do Plano Diretor de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara (Mapa 8), para o período de 1968 a 1995 (a partir da rede de isoietas elaboradas pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM), e informações associadas ao mapeamento de isoietas anuais do INEA, para o período de 1950 a 2000 (a partir de sua própria rede isoietas vinculada ao Projeto *WorldClim*⁵¹), verifica-se que os valores anuais correspondem a faixa de 1.700 a 2.200 mm e de 1.500 a 2.100 mm, respectivamente, para toda a área da sub-bacia (CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR, 2005; RIO DE JANEIRO, 2011a).

⁵⁰ Costa et. al. (1995) encontraram valores anuais considerando a porção da sub-bacia a montante.

⁵¹ O *WorldClim* é um projeto que monitora as condições climáticas ao redor do mundo por meio de inúmeras estações pluviométricas e meteorológicas (RIO DE JANEIRO, 2011a).

Mapa 8 – Isoietas anuais (1968-1995) na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Fonte: Adaptado de CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR, 2005.

A concentração da pluviosidade ocorre na porção norte da sub-bacia, onde o relevo atua como barreira às penetrações de massas de úmidas, provenientes do litoral, ocasionando chuvas orográficas. Este quadro contribui para a alta densidade de nascentes (2,5 por km²) a montante da sub-bacia (considerando a porção acima de 50 metros), evidenciando um grande potencial para ocorrência da categoria de APP de nascente.

O controle estrutural proporcionado pelos lineamentos regionais é marcante principalmente na configuração da drenagem. O rio Sapucaia, ao norte da sub-bacia, no Distrito de Xerém, encontra-se encaixado numa falha verticalizada, de direção N 60°-70° W (Mapa 9). Já o córrego da Pedra Branca se adaptou ao controle estrutural determinado por lineamentos de direção N 60° E (COSTA et. al. 1995).

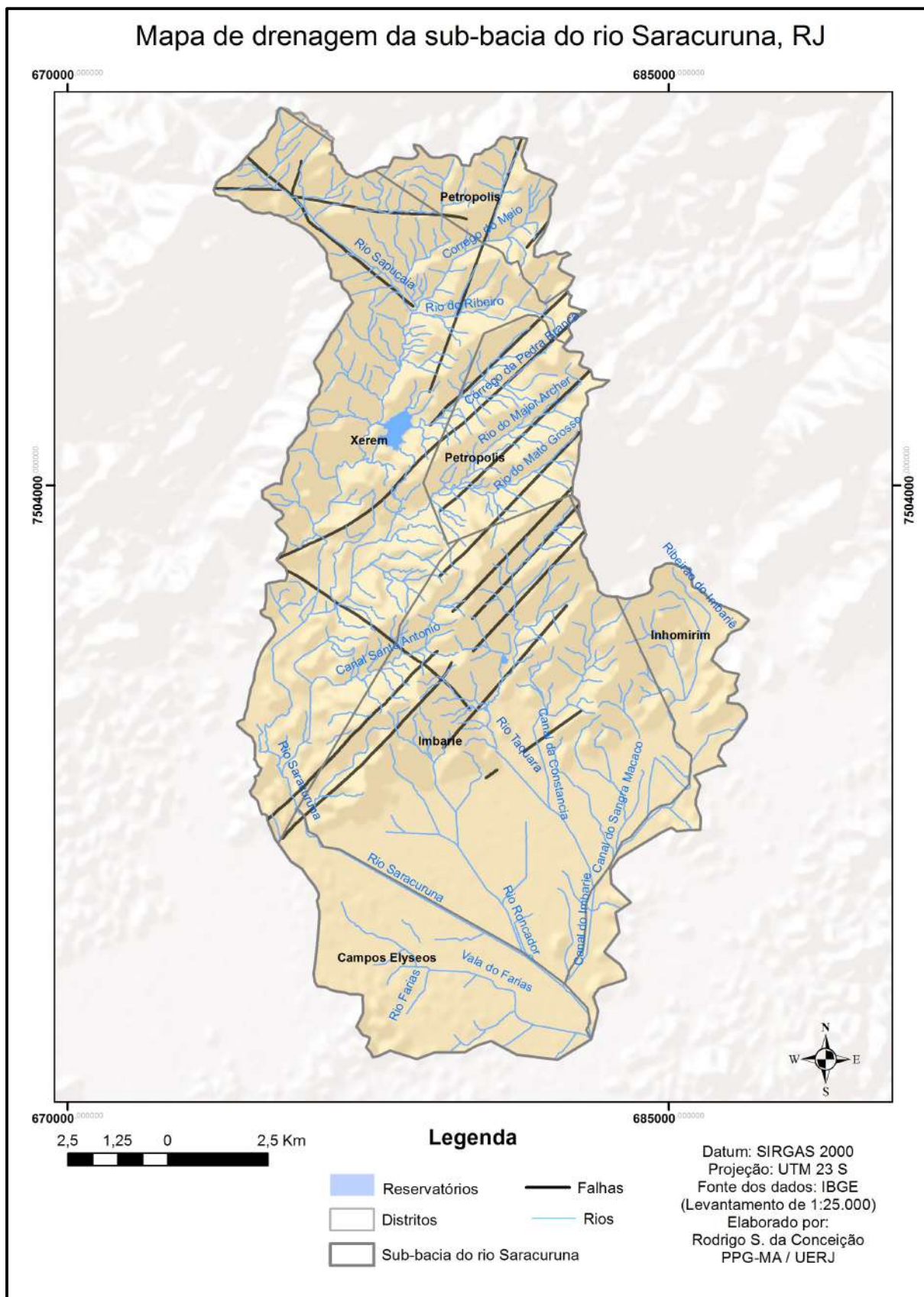
Recorrendo novamente a Costa et. al. (op. cit.), percebe-se que os vales e rios secundários apresentam padrão morfológico retangular, relacionados aos sistemas de fraturamentos e/ou falhamentos ortogonais, muito típicos das litologias encontradas na área. Como exemplos podem ser citados o córrego do Meio e rio do Ribeiro, nos distritos de Xerém e Petrópolis (Mapa 9).

O comprimento total dos rios e canais na sub-bacia do rio Saracuruna corresponde a 426,1 km de extensão. A densidade de drenagem da área da sub-bacia corresponde a 2,26 km/Km². Ao se isolar a porção da sub-bacia com relevo mais suave e plano (de 0 a 50 metros), correspondente a 44,1% do total de área da sub-bacia, observam-se os valores de 155,3 km de comprimento total dos rios e canais, e de 0,8 km/km² com relação à densidade de drenagem.

Nesta porção de baixada da sub-bacia percebe-se o predomínio de canais retificados, com padrão retilíneo (Mapa 9). Originalmente, nesta porção se observava o aspecto meandroso dos rios e córregos. Segundo o Plano Diretor de Recursos Hídricos da Baía de Guanabara (CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR, 2005, p. 112), com relação ao compartimento da sub-bacia do rio Saracuruna, atualmente “o padrão meândrico se restringe às proximidades da baía, uma vez que a ocupação na planície e obras de drenagem disseparam as pequenas extensões estuarinas antigamente observadas.

Sendo assim, há uma tendência de concentração de APPs às margens de rios, com suas características originais preservadas, em direção ao norte da sub-bacia do rio Saracuruna. Ao sul, na porção de baixada, concentram-se os canais, com potencial para a existência de FMPs.

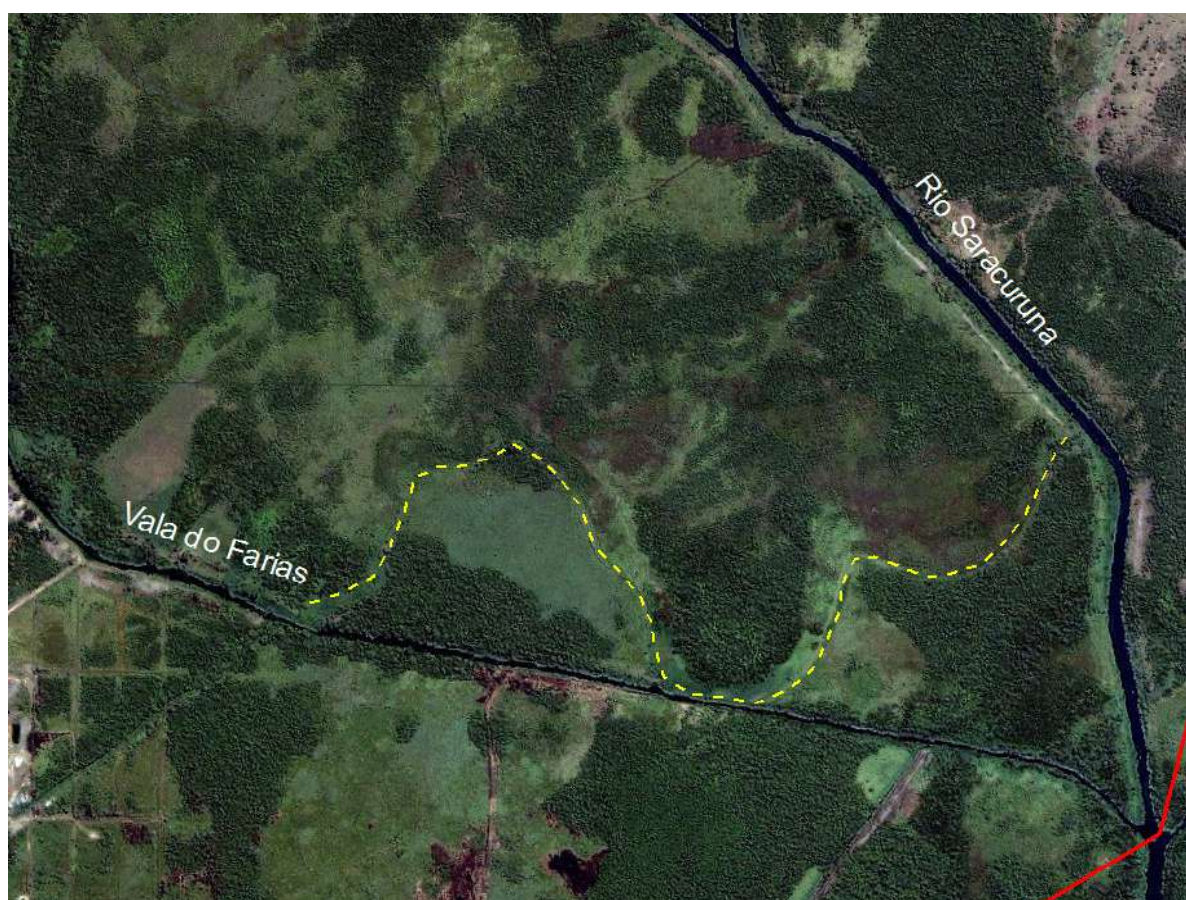
Mapa 9 - Drenagem da sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Fonte: Adaptado de INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2013b.

Segundo Arquitraço (2005), os rios que banham as terras próximas a orla da Baía de Guanabara, por toda a extensão da costa de Duque de Caxias e Magé, são típicos por formarem curvas sinuosas (meandros), onde as águas vão perdendo velocidade e depositando sedimento que trazem da terra firme. Como visto, na porção mais a jusante da sub-bacia do Saracuruna percebe-se a alteração no curso destes canais, tornando-os retilíneos, restando apenas alguns traçados meandrícos, conforme reforça a figura 66.

Figura 66 – Captura de imagem de satélite da área de confluência dos cursos d'água: rio Saracuruna e vala do Farias, ao sul da sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



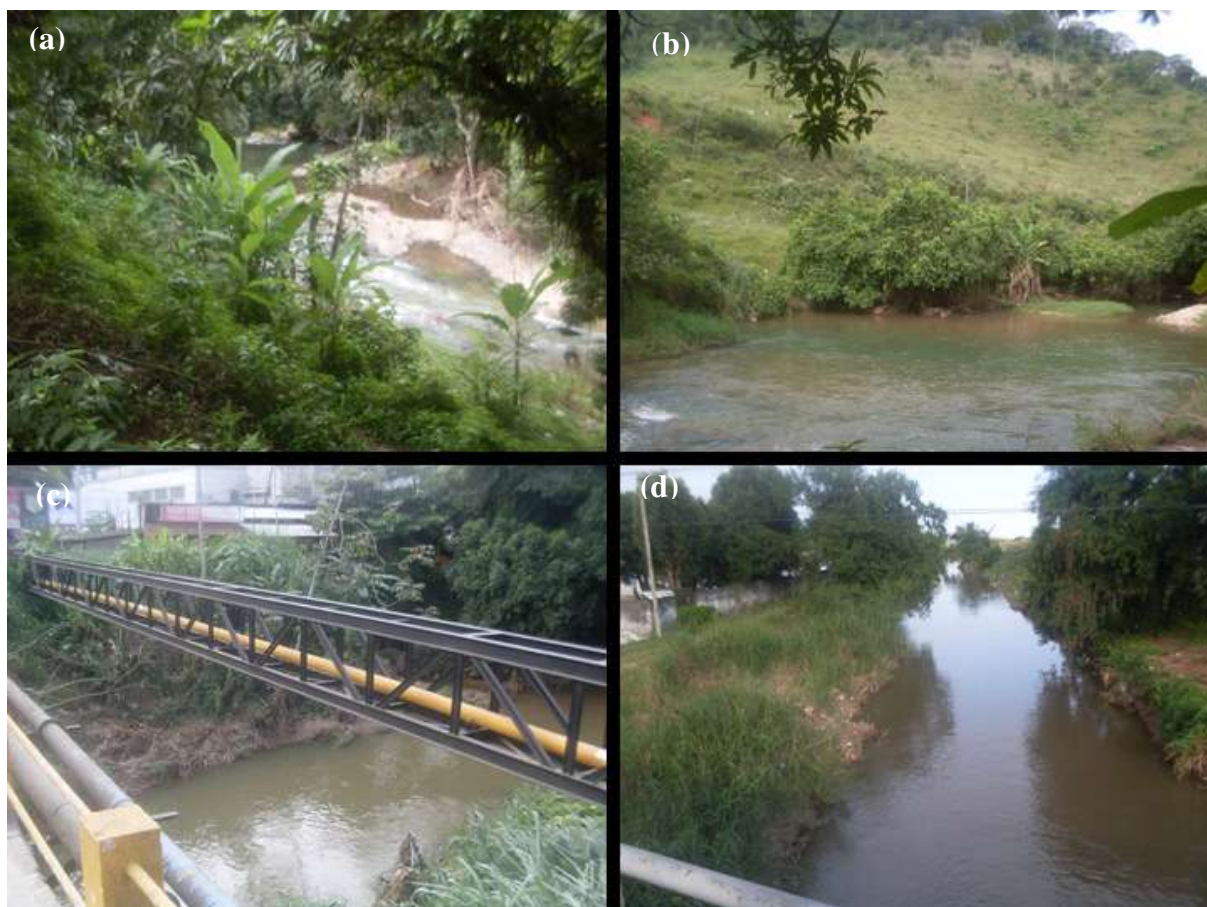
Legenda: Na imagem percebe-se o padrão retilinizado do rio Saracuruna e da chamada vala do Farias (cor azul e tonalidade escura na imagem), ao extremo sul da sub-bacia do rio Saracuruna (conforme se observa no mapa 9, próximo à formação do rio Estrela). Destaca-se ainda, em amarelo, o traçado natural meandríco do curso d'água; e, em vermelho, o limite da sub-bacia. Captura realizada na escala de visualização de 1:8.000 a partir de consulta à imagem Ikonos (referente ao ano de 2011).

Fonte: Adaptado de ARCGIS ONLINE, 2013.

Conforme informações do Instituto da Baía de Guanabara (IBG, 2002), um dos rios mais importantes da RHBG+SLMJ é o Saracuruna, fonte de abastecimento de água para o uso

industrial na sub-bacia homônima e na bacia do rio Estrela. Com 25 km de extensão, o mesmo corta o município de Duque de Caxias, estando seu alto e médio cursos localizados no Distrito de Xerém, e o seu baixo curso dividindo os distritos de Imbariê e Campos Elyseos. Neste sentido, observa-se uma diversidade de paisagens ao longo de sua trajetória (Figura 67).

Figura 67 – Mosaico de fotos com diferentes paisagens ao longo da trajetória do rio Saracuruna, RJ



Legenda: (a) No topo, à esquerda, foto do rio Saracuruna em seu médio curso (localizado junto ao Distrito de Xerém), com presença de mata ciliar fechada em suas margens configurando uma paisagem natural; (b) No topo, à direita, foto do rio Saracuruna em seu médio curso, com encostas suaves ocupadas por vegetação de campo em seu entorno, configurando uma paisagem rural; (c) Abaixo, à esquerda, foto do rio Saracuruna no início de seu baixo curso (localizado junto ao Distrito de Xerém), em área de ocupação urbana consolidada, configurando uma paisagem humanizada; (d) Abaixo, à direita, foto do rio Saracuruna em seu baixo curso (localizado junto ao limite dos distritos de Imbariê e Campos Elyseos), em área de ocupação menos densificada em direção aos campos brejosos, configurando uma paisagem intermediária.

Fonte: O autor, 2013.

O rio Saracuruna tem sua cabeceira localizada nas escarpas da Serra do Mar, em Duque de Caxias (Distrito de Xerém), em uma altitude acima dos 1.000 metros e com acentuada declividade. O médio curso se estabeleceu sobre um relevo colinoso com rede de drenagem com baixa densidade. O terreno apresenta ainda vales afogados, contribuindo para um aspecto irregular a rede. Como visto, após juntar-se com o rio Inhomirim passa a se chamar rio Estrela até a sua foz, desaguando na Baía de Guanabara (IBG, 2002; CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR, 2005).

Os principais afluentes do rio Saracuruna são o rio Roncador, o rio Taquara, o rio do Major Archer e o canal de Santo Antônio, conforme se atesta no mapa 9 (IBG, 2002; SANTOS, 2006).

5.3 Aspectos bióticos na sub-bacia do rio Saracuruna

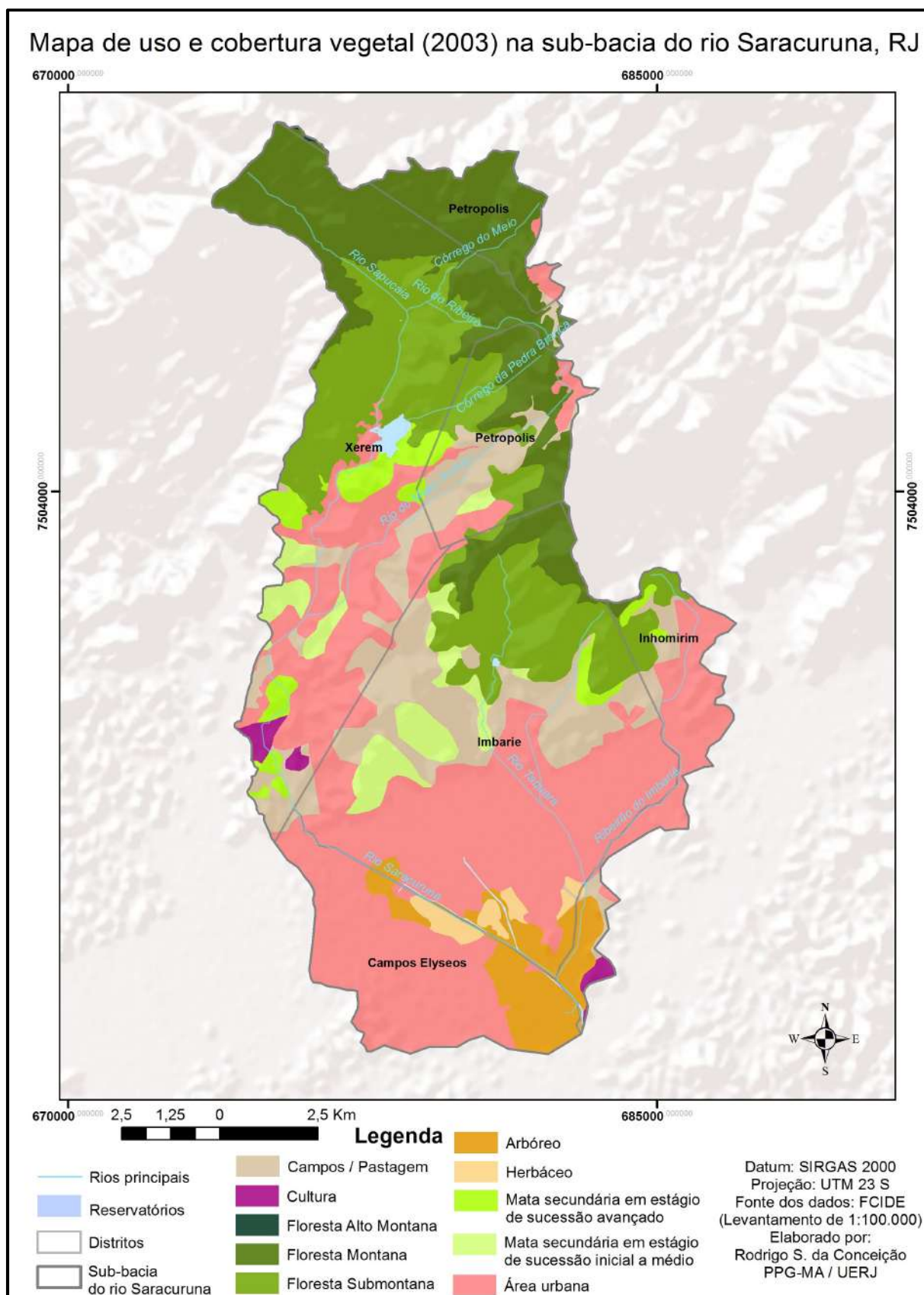
5.3.1 Cobertura vegetal e uso do solo

Conforme o mapeamento de uso e cobertura vegetal, ao norte da sub-bacia do rio Saracuruna, nas encostas da Serra dos Órgãos/Serra do Mar, ocorrem espécies vegetais primárias típicas de Mata Atlântica. Segundo Gonçalves e Guerra (2006), esta formação pode ser desagregada, de acordo com sua distribuição por altitude, em Floresta Submontana (50 – 500 m), Montana (500 – 1.500 m), e Alto Montana (acima de 1.500 m), reconhecidas como florestas das encostas e montanhas (Mapa 10).

A Mata Atlântica é também conhecida como Floresta Ombrófila Densa ou Mata Pluvial Tropical das Encostas Montanhosas⁵². Segundo Santos (2006, p. 71) “sua fisionomia é arbórea densa, com alta diversidade em espécies vegetais, árvores com troncos relativamente delgados e altura em torno de 20m, podendo algumas árvores emergentes atingir até 30m.”

⁵² De acordo com Gonçalves e Guerra (2006) o termo “ombrófila”, de origem grega, substitui o termo “pluvial”, de origem latina, mantendo mesmo significado.

Mapa 10 – Uso e cobertura vegetal (2003) na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Fonte: Adaptado de FUNDAÇÃO CENTRO DE INFORMAÇÕES E DADOS DO RIO DE JANEIRO, 2003; INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2013b.

Os ambientes ocupados pela Floresta Ombrófila Densa (Figura 68), apresentam chuvas bem distribuídas. Este tipo de vegetação caracteriza-se pela presença de fanerófitas perenifoliadas, sempre verdes, com brotos foliares sem proteção contra a seca (GONÇALVES e GUERRA, 2006).

Figura 68 – Floresta ombrófila densa junto ao Distrito de Petrópolis, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



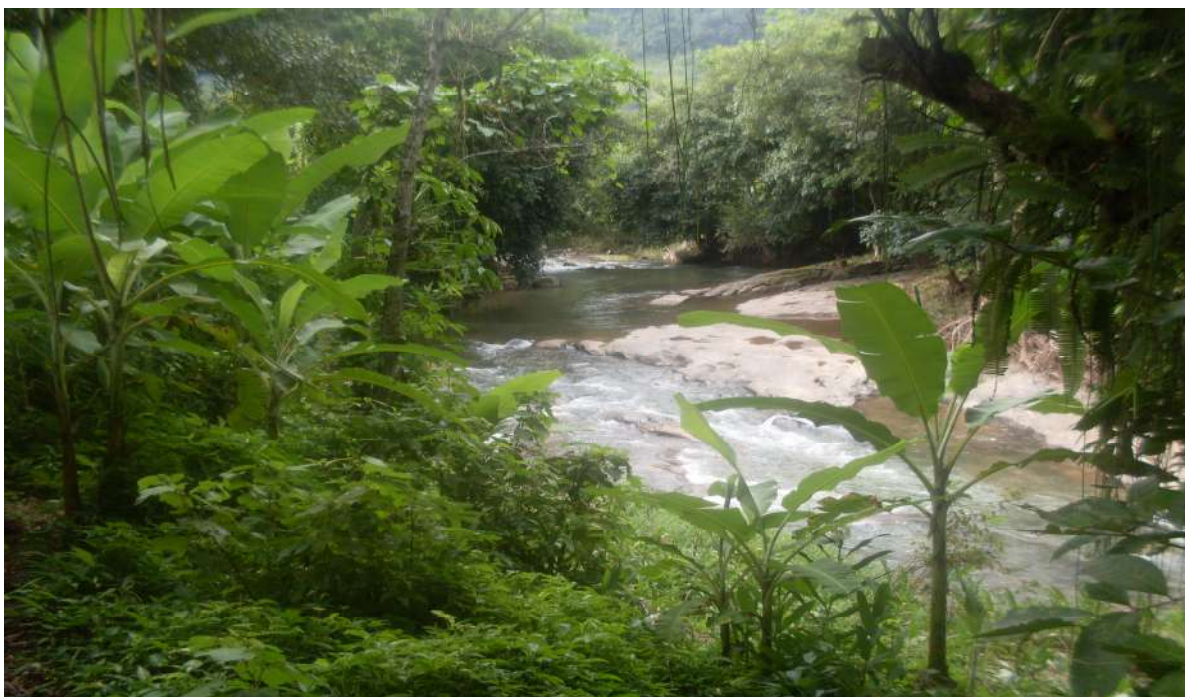
Legenda: Percebe-se o predomínio de vegetação de porte alto e exuberante, típicas de Mata Atlântica.

Fonte: O autor, 2013.

A faixa central da sub-bacia era originariamente coberta por mata de transição entre as formações Floresta Ómbrofila Densa e Floresta de Terras Baixas, e atualmente, ocupada predominantemente por campos, áreas de vegetação herbácea, e áreas de pastagem. Nesta faixa se encontra a mata secundária, em seus vários estágios sucessionais de regeneração (inicial a médio e avançado) (Mapa 10).

Na porção da sub-bacia a montante, considerando sua faixa central e em direção ao norte, é onde se concentram as faixas de APP preservadas, com a presença de cobertura vegetal. Citam-se, por exemplo, as faixas às margens de rios, com presença de mata ciliar nativa e/ou com de espécies exóticas (Figura 69); e os topos de elevação, com vegetação adaptada às características geomorfológicas e de insolação (Figura 70).

Figura 69 – Vegetação de mata ciliar às margens do rio Saracuruna, junto ao Distrito de Xerém, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Legenda: Percebe-se a presença de mata ciliar preservada entremeada por espécies exóticas.
Fonte: O autor, 2013.

Figura 70 – Vegetação típica em um topo de elevação junto ao Distrito de Petrópolis, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Legenda: Vegetação “alto montana” localizada em topo de elevação. Imagem de julho de 2011, tomada a partir do ponto de visão da Rodovia Washington Luiz.
Fonte: Adaptado de GOOGLE STREET VIEW, 2011.

Os domínios da Floresta de Terras Baixas, também denominada como Floresta de Planície, encontrava-se associada a diversas formas de relevo, incluindo planícies fluviais e as colinas “meia laranja”, típicas da região de baixada e da porção inferior das serras (AMADOR, 2012). Segundo Santos (2006, p. 71), esta formação não existe atualmente no território da sub-bacia do rio Saracuruna, “pois estas foram vítimas com grande intensidade do avanço da cultura de cana-de-açúcar, que perdurou por mais de três séculos na Baixada Fluminense.”

Ao sul da sub-bacia, na porção de baixada, além das áreas urbanas, verifica-se a existência de manchas de vegetação do tipo herbácea (Figura 71) e arbóreo (Figura 72), em terrenos de transição entre brejos e manguezal. De acordo com Santos (2006, p. 72) a vegetação de brejo corresponde “a uma fase pioneira de sucessão natural da mata paludosa, que atinge o porte arbóreo nas áreas mais drenadas.” Ainda conforme este autor, “nas áreas de terrenos úmidos, mal drenados ou periodicamente inundáveis, a vegetação apresenta-se diferenciada conforme o nível do lençol freático e a influência humana.”

Figura 71 – Brejo, com vegetação herbácea, próximo ao rio Saracuruna, RJ



Legenda: Brejo com vegetação do tipo herbácea contemplando alguns pontos alagados e alto nível de interferência humana (loteamentos).

Fonte: O autor, 2013.

Figura 72 – Vegetação arbóreo-arbustiva, às margens do rio Roncador, na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Legenda: Vegetação arbóreo-arbustiva (mata ciliar).
Fonte: O autor, 2013.

A esta mancha brejosa, em sua porção ao extremo sul, relacionam-se ainda os remanescentes de manguezal em vários níveis de degradação e desfragmentação. Este ecossistema, tipicamente estuarino, anteriormente avançava para o interior da Baixada Fluminense, acompanhando o meandro dos rios, comportando um número reduzido de espécies portadoras de uma série de adaptações às condições de alta salinidade e pouca disponibilidade de oxigênio no substrato, a exemplo das plantas halófitas (ARQUITRAÇO, 2005; AMADOR, 2012).

5.3.2 Áreas protegidas

As áreas de vegetação preservada, localizadas ao norte da sub-bacia, estão parcialmente protegidas por importantes Unidades de Conservação federais, tais como a Reserva Biológica (Rebio) do Tinguá, e a Área de Proteção Ambiental (APA) de Petrópolis. Encontram-se ainda pelo território da sub-bacia, na porção inserida no município de Duque de Caxias, diversas áreas protegidas de criação e gestão municipal (Mapa 11).

A Rebio do Tinguá, de Proteção Integral, foi criada em 1989, configurando uma das maiores UCs de Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro. Localiza-se entre a Baixada Fluminense e a Serra do Mar, e está parcialmente inserida nos municípios de Duque de Caxias, Petrópolis, Nova Iguaçu (sede administrativa da reserva) e Miguel Pereira. A UC em pauta concentra em seu interior um grande número de nascentes, sendo estratégica para a preservação e disponibilidade dos recursos hídricos, além de abrigar espécies de fauna ameaçadas (IBAMA, 2006).

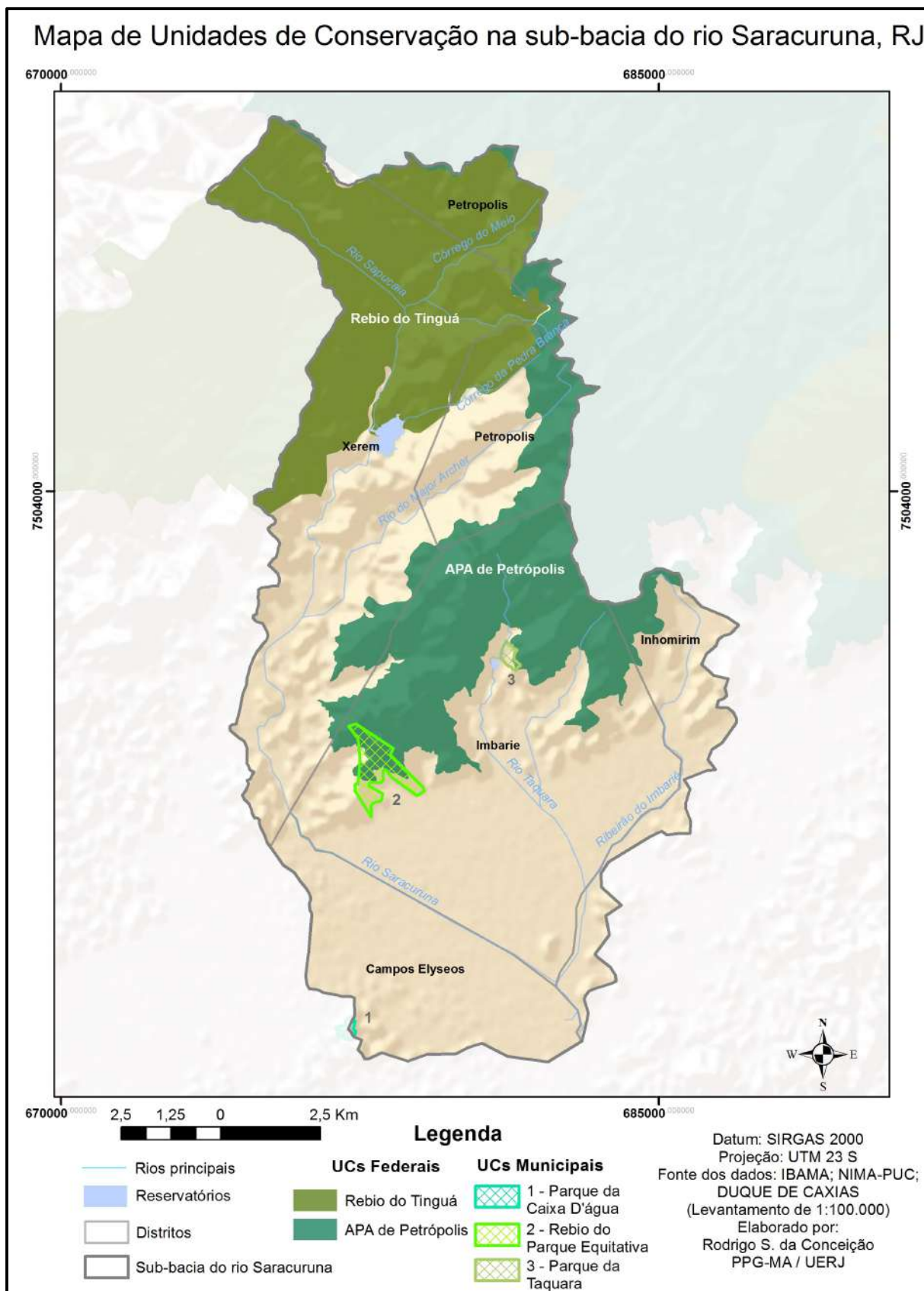
Os objetivos gerais da Rebio do Tinguá voltam-se à

[...] preservação integral da biota e demais atributos naturais existentes em seus limites, sem interferência humana direta ou modificações ambientais, excetuando-se as medidas de recuperação de seus ecossistemas alterados e as ações de manejo necessárias para recuperar e preservar o equilíbrio natural, a diversidade biológica e os processos ecológicos naturais (IBAMA, 2006, p. 2-98).

A APA Petrópolis, de Uso Sustentável, foi criada em 1982 e corresponde à primeira APA federal do país, oficializada pelo MMA. Inserida no corredor de biodiversidade da Serra do Mar, a APA abrange os municípios de Petrópolis, Guapimirim, Duque de Caxias e Magé. Apresentando uma riqueza de recursos naturais, com ocorrência de várias espécies endêmicas, os objetivos da UC são voltados à preservação do ecossistema da Mata Atlântica, além do uso sustentado dos recursos naturais e da conservação do conjunto paisagístico-cultural (IBAMA, 2007; PAIVA, 2010).

A APA de Petrópolis engloba parcialmente parte do território da Rebio Tinguá, que por sua vez também integra parcialmente algumas das UCs municipais presentes na área da sub-bacia do rio Saracuruna, a exemplo da Rebio do Parque Equitativa e do Parque Natural da Taquara (Mapa 11).

Mapa 11 – Unidades de Conservação na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ

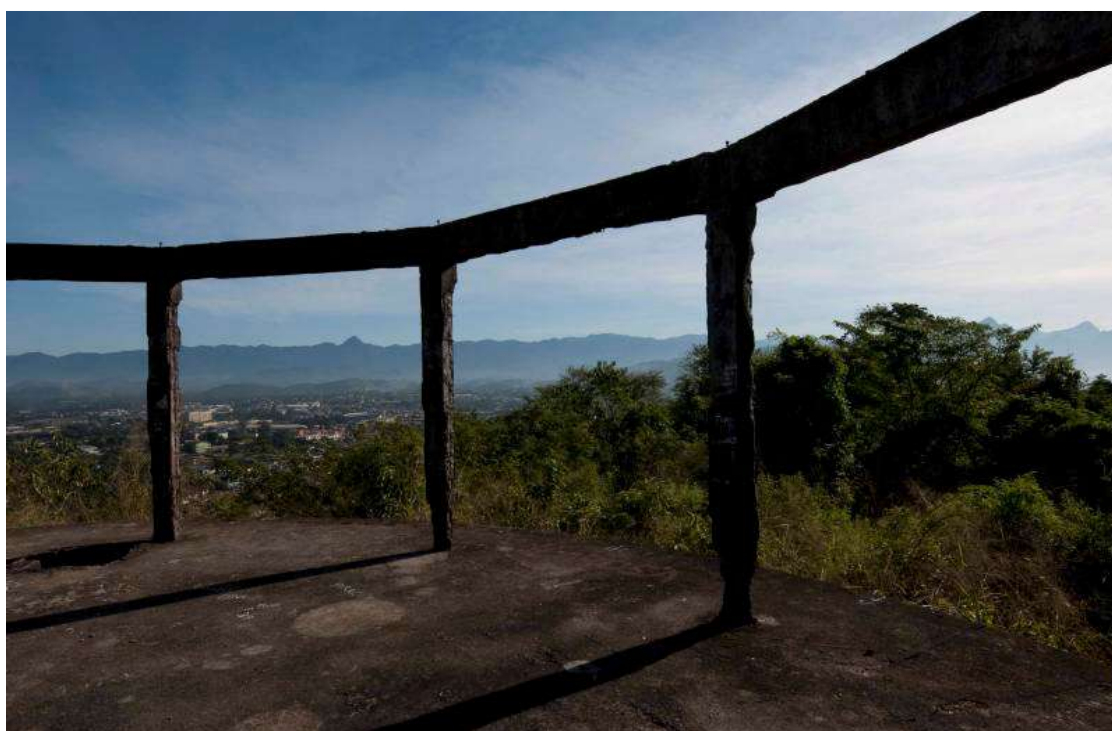


Fonte: Adaptado de INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS, 2012; NÚCLEO INTERDISCIPLINAR DE MEIO AMBIENTE, 2009; DUQUE DE CAXIAS, 2009.

Dentre as UCs municipais destacam-se o Parque Natural Municipal da Caixa D'Água, o Parque Natural Municipal da Taquara e a Reserva Biológica do Parque Equitativa, todas de proteção integral e administradas por Duque de Caxias, parcialmente (no caso da primeira) ou totalmente (no caso das últimas) inseridas na sub-bacia.

O Parque Natural Municipal da Caixa D'Água (Figura 73), criado em 2008, localiza-se junto ao Distrito de Campos Elyseos e possui uma área de cerca de 0,17 km². Segundo informações do Núcleo Interdisciplinar de Meio Ambiente (NIMA, 2009) o local se encontra descaracterizado e com certo grau de degradação, situação que motivou a prefeitura de Duque de Caxias a esboçar um projeto de reflorestamento na ocasião do levantamento. O Parque é reconhecido pela estrutura antiga da caixa d'água abandonada no topo do morro, a qual deu nome ao local, atualmente utilizada como mirante.

Figura 73 – Vista do Parque Natural da Caixa D'Água, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Legenda: Mirante do Parque (antiga caixa d'água). Ao fundo da imagem visualiza-se o terreno da sub-bacia do rio Saracuruna, na direção sul-norte.

Fonte: FRASÃO, 2010.

No Distrito de Imbariê encontra-se o Parque Natural Municipal da Taquara (Figura 74), com uma área total de cerca de 0,19 km². Localizado próximo à APA Petrópolis, o Parque Municipal da Taquara apresenta uma variação de vegetação que abrange áreas de

pasto, vegetação secundária e floresta ombrófila, sendo esta última a que ocupa a maior parte da unidade. O parque possui uma elevada taxa de visitação, tendo como perfil “moradores do município, da Baixada Fluminense e de cidades vizinhas, que visitam o local para admirar suas quedas d’água, sua rica fauna e a flora de espécies da Mata Atlântica.” (NIMA, 2009, p. 28).

Figura 74 – Entrada do Parque Natural da Taquara, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Legenda: Infraestrutura de visitação do Parque Natural da Taquara.

Fonte: BIBLIOTECA VIRTUAL DE MEIO AMBIENTE DA BAIXADA FLUMINENSE, 2013a.

A Reserva Biológica do Parque Equitativa (Figura 75), criada em 2009, também se localiza junto ao Distrito de Imbariê, abrangendo uma área de aproximadamente 1,57 km². Segundo Santos (2010), a referida Rebio é constituída por cobertura vegetal alterada e por floresta ombrófila em diferentes estágios sucessionais. Dentre os principais conflitos na área da reserva figuram a ocupação indevida e a prática de manifestações religiosas, propiciando a abertura de trilhas e a geração de grande acúmulo de lixo.

Figura 75 – Sede da Rebio do Parque Equitativa, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Legenda: Praça criada para abrigar a sede e entrada da Rebio do Parque Equitativa.
Fonte: CAXIAS MAIS VERDE, 2012.

5.4 Caracterização socioeconômica na sub-bacia do rio Saracuruna

5.4.1 Estruturação e ocupação territorial

A estruturação humana do território da sub-bacia do rio Saracuruna pode ser entendida a partir do resgate histórico e atual de ocupação social e econômica ligados à dinâmica da Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro, mais precisamente à da denominada Baixada Fluminense, no que se refere à porção central e ao sul da sub-bacia; e à Região Serrana, no que se refere à sua porção nordeste, à montante.

A denominada Baixada Fluminense configura uma região com características de ocupação diferenciadas no contexto da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. De paisagem tipicamente urbana (com alguns remanescentes florestais), é considerada como periferia, com uma relação mais direta com o núcleo-sede da Metrópole – o Município do Rio de Janeiro.

Porém abarca em seu interior diferentes estratos sociais de ocupação (ROCHA, 2007; CONCEIÇÃO e DORNELLES, 2010).

Historicamente, a ocupação portuguesa na área da Baixada Fluminense ocorreu na orla da Baía de Guanabara, onde os manguezais e áreas alagáveis deram lugar a faixas de terra firme. Nestas se multiplicaram os engenhos de açúcar, ligados à cidade do Rio de Janeiro por uma farta rede hidrográfica e de portos. Os colonizadores foram se estabelecendo nos vales dos rios Meriti, Sarapuí, Iguaçú, Pilar, Estrela, Saracuruna e Inhomirim. O povoamento da área foi contemporâneo ao da cidade do Rio de Janeiro, com a doação, a partir de 1566, de grandes extensões de terras (as sesmarias) pelos governadores da época (IBG, 2002).

Reconhecidamente, o atual Município de Magé possui um histórico relevante no cenário da região, por ter abrigado importantes elementos estruturadores do território fluminense no passado, a exemplo do Porto Estrela e da Estrada de Ferro Mauá. Magé obteve participação nos ciclos econômicos em função de sua posição geográfica privilegiada, como parte importante das rotas comerciais, o que permitiu o surgimento de uma função logística associada a vários modos de transporte (COMPERJ, 2011, TCE-RJ, 2012a).

Porém, toda esta área sofreu um grande declínio econômico ainda no século XIX, motivado pelo fim da escravatura e insalubridade do clima, além da obstrução paulatina dos rios e canais (IBGE, 2013c).

Resumidamente, a ocupação mais recente da região, considerando o último século, pode ser explicada a partir do entendimento da dinâmica histórica da própria metrópole do Rio de Janeiro. As antigas fazendas da Baixada Fluminense, após o declínio de atividades agrícolas, passaram a ser loteadas, sob influência da instalação de distritos industriais, então se direcionando para as áreas periféricas e com estoque de terras e recursos em abundância (KAMP, 2003; ROCHA 2007).

Segundo Santos (2006) o crescimento da ocupação nesta área começa a se dar a partir do desenvolvimento de políticas desenvolvimentistas implantadas a partir da década de 1950, principalmente no município de Duque de Caxias, orientadas para a instalação de empresas de grande porte, como é o caso da Refinaria de Duque de Caxias (REDUC), localizada próximo à orla da Baía de Guanabara, ao sul dos limites da sub-bacia do rio Saracuruna.

O desenvolvimento industrial impulsionou a abertura de novas estradas em Duque de Caxias e Magé, direcionando a ocupação e modificando a paisagem, outrora natural. De acordo com informações do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (COMPERJ, 2011, p. 28) neste período “já havia sido iniciado o trabalho de drenagem dos rios da região, com

benefícios diretos para a atividade agropecuária e urbana.” Porém, tal ação contribuiu para o desencadeamento de processos atuais com impactos sobre a população e seu meio.

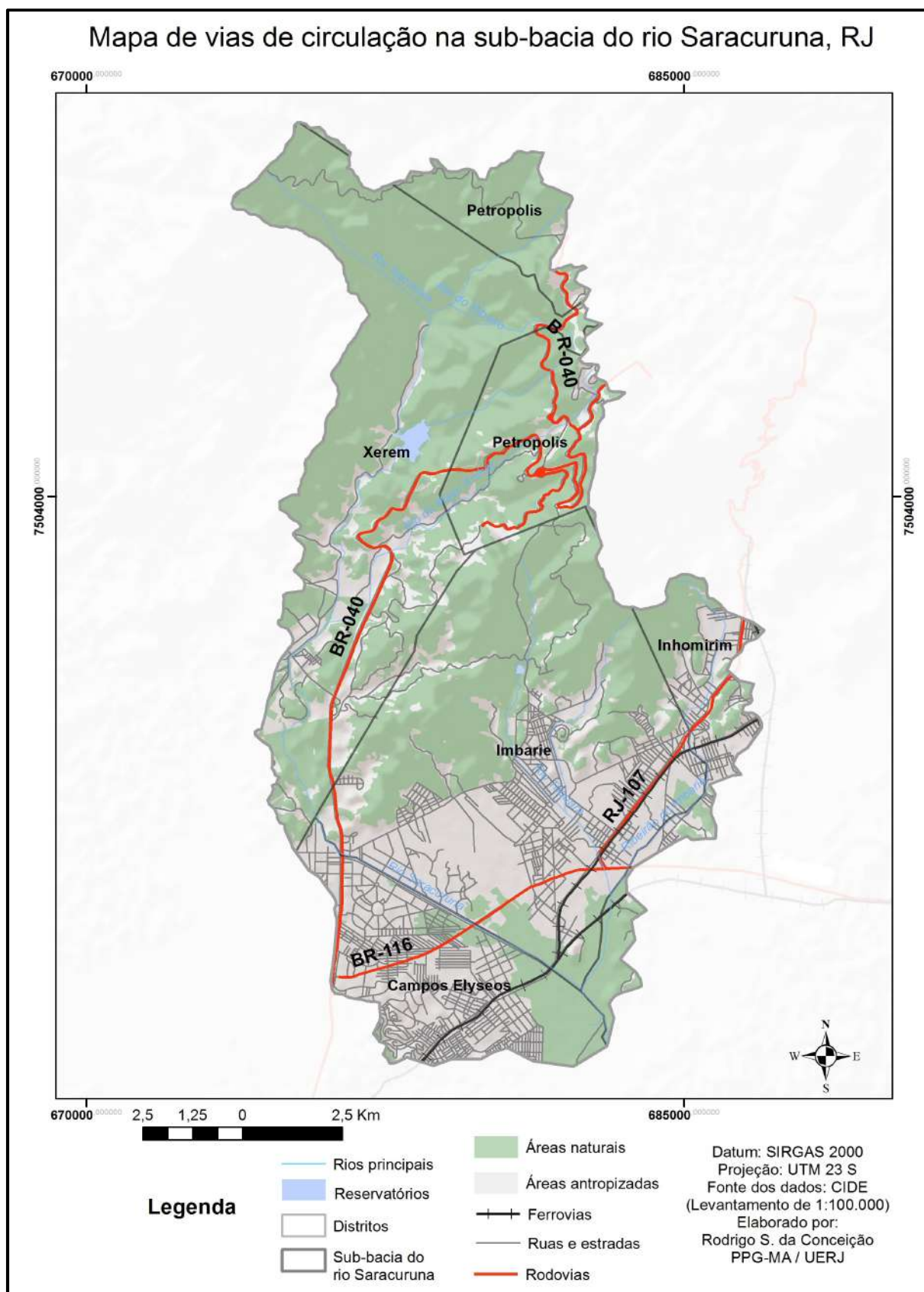
A integração ferroviária (de passageiros) e rodoviária com a cidade do Rio de Janeiro também pode ser atribuída como contribuição ao crescimento da ocupação na sub-bacia, bem como nos municípios e região associada como um todo. De acordo com o Tribunal de Contas do Estado do Rio de Janeiro (TCE-RJ, 2012b) o prolongamento das linhas da estrada de ferro Leopoldina melhorou o acesso destes municípios à capital. Posteriormente, a abertura da estrada Rio-Petrópolis (BR-040) trouxe prosperidade e dinamismo para Duque de Caxias e localidades próximas.

Ao sul de Duque de Caxias, o corredor da rodovia BR-040 estabeleceu um limite da dinâmica de crescimento urbano em direção à orla, uma vez que a faixa litorânea entre este e o mar é constituída de áreas frágeis, de preservação permanente e impróprias à urbanização. A ocupação planejada da BR-040 foi promovida pelo parcelamento deste corredor viário em grandes lotes industriais (ao sul dos limites da sub-bacia do rio Saracuruna), deixando ainda desocupadas as áreas baixas da orla e beira de rios. Estas, contudo, foram ao longo dos anos, sofrendo ocupações irregulares em diversos pontos sujeitos a inundações, como no núcleo de Campos Elyseos (em Duque de Caxias), por exemplo, o qual cresceu originalmente em terras recuadas da orla, onde as condições de drenagem eram favoráveis à urbanização (CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR, 2005).

No que diz respeito exclusivamente ao território da sub-bacia do rio Saracuruna, especialmente a porção inserida em Duque de Caxias e Magé, com base na descrição do Mapa 12, a ocupação é direcionada pela presença de vias de circulação e se concentra, em sua porção inferior, a leste da BR-040 (Washington Luiz), ocorrendo o seu limite junto aos fragmentos de áreas naturais, relacionadas ao ecossistema costeiro (manguezal) e às áreas brejosas ao sul da sub-bacia, em Campos Elyseos. Outra importante rodovia delimita os limites de ocupação nesta porção: a BR-116 (Rio-Magé / Rio-Teresópolis). O entroncamento entre as duas rodovias marca um dos pontos de concentração de ocupação urbana e de infraestrutura de vias de circulação em Duque de Caxias.

A rodovia denominada RJ-107 corta a ocupação em Imbariê (Duque de Caxias) e Inhomirim (Magé), acompanhando a linha férrea em parte de seu trecho inserido na sub-bacia e irradiando vias de circulação nestes distritos, tendo como limitantes, ao norte, o início das terras dominadas pelo relevo de altitude. Na porção central da sub-bacia a BR-040 acompanha formações paralelas ao vale do rio Saracuruna, junto ao Distrito de Xerém.

Mapa 12 – Vias de circulação na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Fonte: Adaptado de FUNDAÇÃO CENTRO DE INFORMAÇÕES E DADOS DO RIO DE JANEIRO, 2005.

Duque de Caxias apresenta atualmente grandes manchas contínuas de ocupação urbana em seu território, conectado por rodovias e linhas férreas (TCE-RJ, 2012b). É justamente neste município onde se localiza a maior parte das terras da sub-bacia do rio Saracuruna, e, sendo assim, a sua extensão abarca parcialmente algumas destas manchas, cortadas pela BR-040 (Figura 76).

Figura 76 – Ocupação urbana em Duque de Caxias, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Legenda: Rodovia BR-040 e ocupação residencial e comercial de média/alta densidade. Na imagem está representada a ponte sobre o rio Saracuruna, com ocupação densificada às suas margens. Imagem de julho de 2011, tomada a partir do ponto de visão da Washington Luiz, em Campos Elyseos, Duque de Caxias.

Fonte: Adaptado de GOOGLE STREET VIEW, 2011.

O Município de Magé é considerado um ponto de passagem entre a cidade do Rio de Janeiro e Teresópolis com manchas de ocupação urbana isoladas por seu território (COMPERJ, 2011; TCE-RJ, 2012a). A porção do referido município inserida na sub-bacia do rio Saracuruna apresenta uma de suas manchas de ocupação, cortada pela RJ-107 (Figura 77) em direção ao norte do Distrito de Inhomirim.

Figura 77 – Ocupação urbana em Magé, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Legenda: Rodovia RJ-107 e ocupação residencial e comercial de baixa/média densidade. Imagem de agosto de 2011, tomada a partir do ponto de visão da RJ-107, em Inhomirim, Magé.

Fonte: Adaptado de GOOGLE STREET VIEW, 2011.

No que diz respeito ao norte da sub-bacia, considerando a sua contextualização regional, deve se levar em consideração que na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro predominam paisagens naturais e ocupação dispersa, além da ocupação concentrada em centros urbanos, sedes de municípios. Sua ocupação iniciou-se no período colonial com a abertura do Caminho Novo que ligava o litoral do Rio de Janeiro às minas de ouro em Minas Gerais. Porém, sua história possui grande peso no período imperial, onde surgiram os primeiros planos urbanísticos na cidade de Petrópolis, por exemplo (IBGE, 2013c).

Com relação ao Município de Petrópolis, dentre as principais atividades desenvolvidas ao longo dos anos, citam-se o cultivo, a extração madeireira (causando grandes desmatamentos) e a implantação das indústrias têxtil, de papel e de vestuário. Com a expansão urbana da cidade, devido ao processo de industrialização atrair mão-de-obra, as encostas de menor declividade e o sopé de encostas começaram a ser ocupados, causando transformações na paisagem e deflagrando distintos processos (GONÇALVES e GUERRA, 2006).

Atualmente, Petrópolis configura um dos mais importantes pólos turísticos do Estado do Rio de Janeiro. No entanto, assim como ocorreu em Duque de Caxias, a inauguração da

estrada Rio-Petrópolis foi fator preponderante para seu desenvolvimento, transformando a cidade de veraneio em grande centro industrial e comercial (IBGE, 2013c; TCE, 2012c).

No município há o predomínio de áreas florestadas e de ocupação residencial, de baixa e média densidade, ocorrentes em vales e encostas (BRASIL, 2011a; CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR, 2005; IBG, 2002). A porção da sub-bacia que integra o município de Petrópolis abarca algumas pequenas áreas ocupadas (Figura 78), cortadas pela rodovia Rio-Petrópolis.

Figura 78 – Ocupação urbana em Petrópolis, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Legenda: Rodovia BR-040 (Parque da Serra) e ocupação de baixa/média densidade. Percebe-se a presença de pousadas. Imagem de dezembro de 2011, tomada a partir do ponto de visão da Rio-Petrópolis, em Petrópolis.
Fonte: Adaptado de GOOGLE STREET VIEW, 2011.

Nesta porção da sub-bacia encontra-se ainda o início da mancha urbana do 1º Distrito de Petrópolis, bem representada pela Rodoviária de Petrópolis (Figura 79), totalmente inserida nesta compartimentação. A ocupação urbana mais densificada em Petrópolis avança em direção à bacia vizinha ao norte da bacia do rio Estrela (bacia do Piabanha), constituindo-se então a maior parte da sub-bacia do rio Saracuruna, inserida em Petrópolis, de áreas naturais.

Figura 79 – Rodoviária e início da mancha urbana de Petrópolis, parcialmente inserida na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



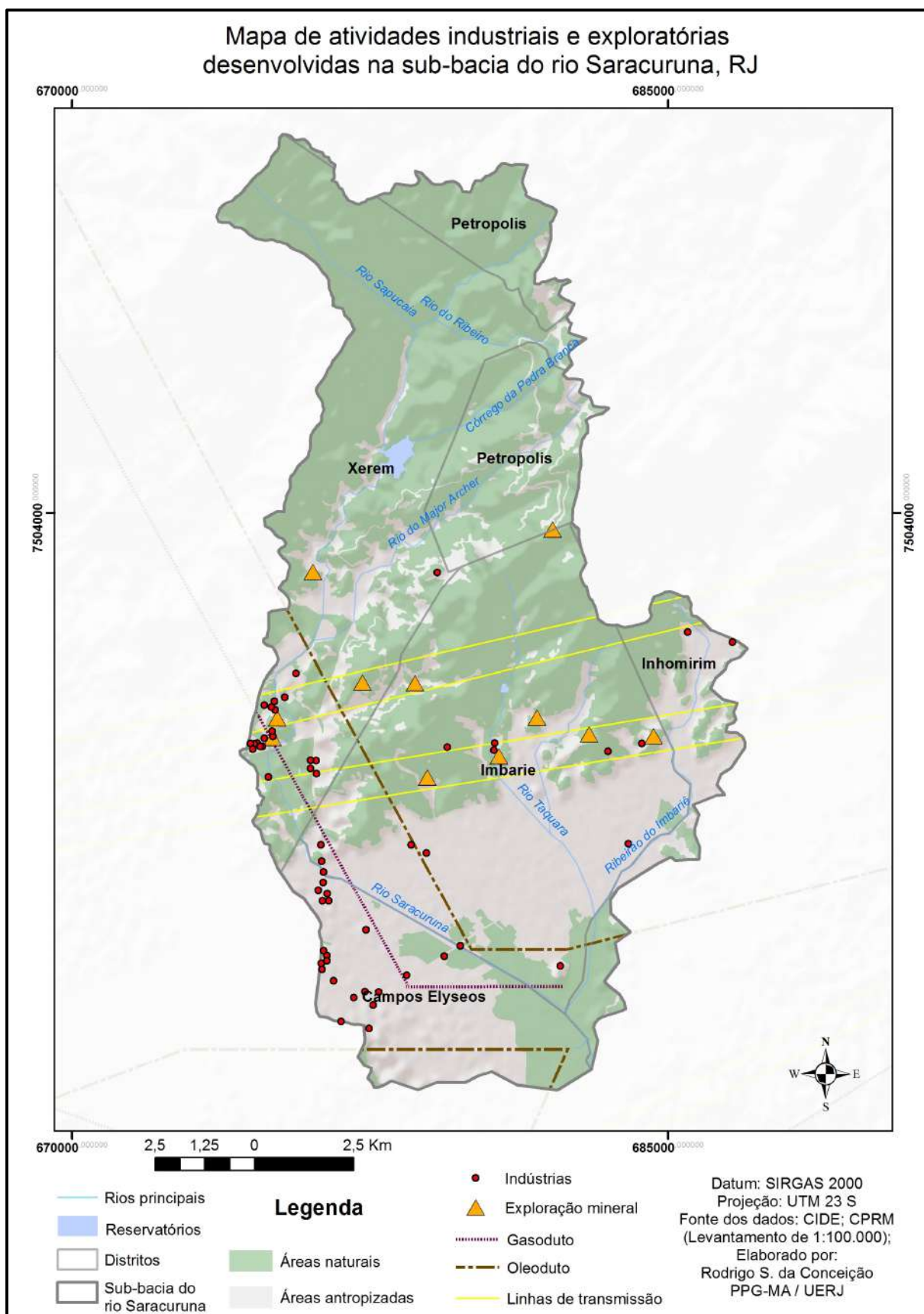
Legenda: No canto inferior direito da imagem, Rodoviária de Petrópolis. À esquerda, em primeiro plano, início da mancha de ocupação urbana no Distrito-Sede de Petrópolis, parcialmente inserida na sub-bacia do rio Saracuruna. As elevações no entorno da Rodoviária delimitam a sub-bacia.

Fonte: RIO DE JANEIRO, 2009b.

Além da ocupação residencial e comercial, a sub-bacia do rio Saracuruna conta ainda com a presença de indústrias e de infraestrutura ligada ao setor de energia (Mapa 13). Basicamente, tais atividades estão presentes na porção que se insere em Duque de Caxias, o qual se destaca atualmente pelo desenvolvimento de atividades vinculadas aos grandes pólos industriais, comerciais e por sua economia dinâmica (TCE-RJ, 2012b).

As indústrias inseridas na sub-bacia se concentram ao sul do Distrito de Xerém, onde se percebe a formação de um parque industrial próximo ao rio Saracuruna, em seu médio curso; e em Campos Elyseos, ao longo da BR-040. Dentre as indústrias presentes citam-se, por exemplo, as químicas (Figura 80), de produção de peças e as ligadas à extração e comercialização de rochas ornamentais e industriais. Na própria sub-bacia são reconhecidas ainda atividades de exploração mineral, concentradas nas bordas da Serra da Estrela e elevações associadas, para uso na construção civil e industrial (CPRM, 2010).

Mapa 13 – Atividades industriais e exploratórias desenvolvidas na sub-bacia do Saracuruna, RJ



Fonte: Adaptado de FUNDAÇÃO CENTRO DE INFORMAÇÕES E DADOS DO RIO DE JANEIRO, 2005; COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS, 2010.

Figura 80 – Indústria em Duque de Caxias, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Legenda: Entrada da indústria Poland Química. Imagem de setembro de 2011, tomada a partir do ponto de visão da Rua Quinze, em Xerém, Duque de Caxias.

Fonte: Adaptado de GOOGLE STREET VIEW, 2011.

De acordo ainda com o mapa 13, a sub-bacia é cortada ainda, em sua porção central e sul, por oleodutos e gasodutos pertencentes a sistemas vinculados ao COMPERJ e à REDUC, ambos complexos localizados fora dos limites da sub-bacia. As linhas de transmissão compreendem rede de cabos suspensos e algumas torres sustentadoras localizadas na porção central da sub-bacia.

A respeito da situação dos domicílios, de acordo com IBGE (2013a), na sub-bacia são encontrados setores censitários urbanos e rurais, parcialmente ou totalmente inseridos em seu território, classificados da seguinte forma: área urbanizada de cidade ou vila, área não urbanizada de cidade ou vila, zona rural e aglomerado rural de extensão urbana. Segundo o IBGE (2011a) os domicílios de situação urbana são aqueles localizados nas áreas urbanas, que são as áreas internas ao perímetro urbano de uma cidade ou vila, definido por Lei Municipal.

Os setores, urbanos e rurais, são assim descritos, por sua situação específica:

- Área urbanizada: área legalmente definida como urbana, que se caracteriza por construções, arruamentos e intensa ocupação humana;

- Área não urbanizada: área legalmente definida como urbana, que se caracteriza por ocupação de caráter predominantemente rural;
- Zona rural: áreas externas aos perímetros urbanos, inclusive nos aglomerados rurais de extensão urbana;
- Aglomerado rural⁵³ do tipo extensão urbana: área situada fora do perímetro urbano legal, desenvolvida a partir da expansão de áreas urbanas de cidades ou vilas. Pode ser loteamento, conjunto habitacional, ou outro núcleo de característica urbana.

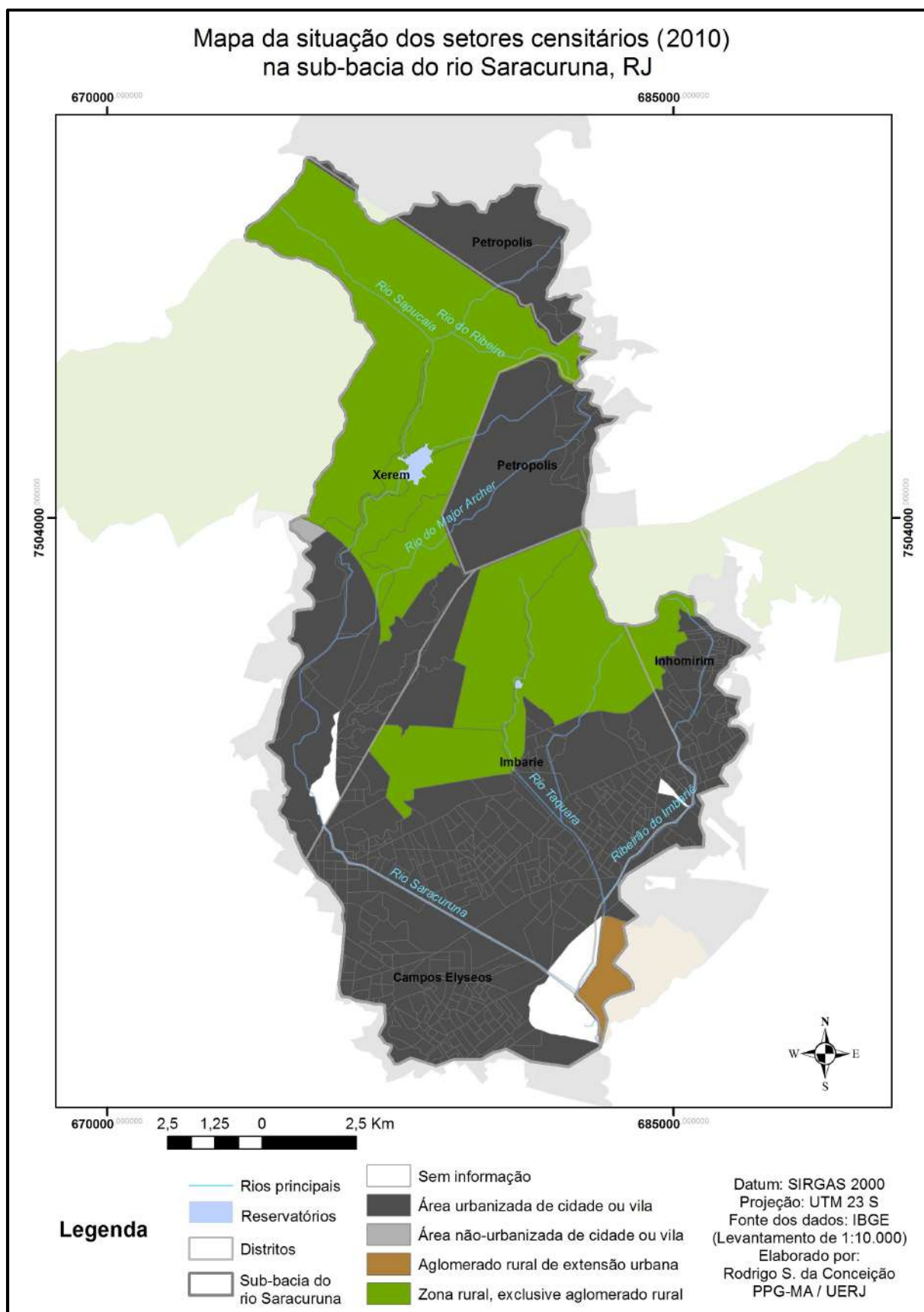
A zona rural da sub-bacia do rio Saracuruna (Mapa 14) é composta por um conjunto de setores localizados ao norte dos distritos de Xerém, Imabriê (Duque de Caxias) e Inhomirim (Magé). O perímetro considerado urbano compreende terras dos distritos de Petrópolis (ao norte) e de Campos Elyseos (ao sul), além de abranger parte dos setores dos demais distritos. Isto permite-nos conjecturar sobre a diversidade de usos e paisagens construídas pelo homem na sub-bacia do rio Saracuruna.

Com base no exposto, pode-se dizer que o território da sub-bacia do rio Saracuruna emerge em potencial para a ocorrência de distintas situações relacionadas ao nível de preservação e degradação de faixas de APP, inclusive no que se refere à necessidade de atuação dos gestores locais quanto à tomada de decisão em casos de alterações e supressão da vegetação, listados pelo Código Florestal, para áreas urbanas e rurais.

Como visto, nas ditas áreas urbanizadas são desenvolvidas atividades industriais e comerciais, além da ocupação mais densa de domicílios. Vinculada à zona rural da sub-bacia do rio Saracuruna observa-se a prática de cultivo, ainda que relacionado às pequenas propriedades (prática que se averigua também em setores urbanos). Encontra-se ainda nestas áreas um número grande de sítios de lazer, ranchos (Figura 81) e propriedades dispersas entremeadas às áreas naturais, o que facilita, além da ocupação de domicílios, a introdução de espécies exóticas em detrimento da mata ciliar natural (Figura 82).

⁵³ De acordo com o IBGE (2011a) aglomerado rural consiste em localidade situada em área legalmente definida como rural, onde existam unidades domiciliares que conformem um conjunto de edificações adjacentes (50 m ou menos de distância entre si) com características de permanência.

Mapa 14 – Situação dos setores censitários (2010) na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



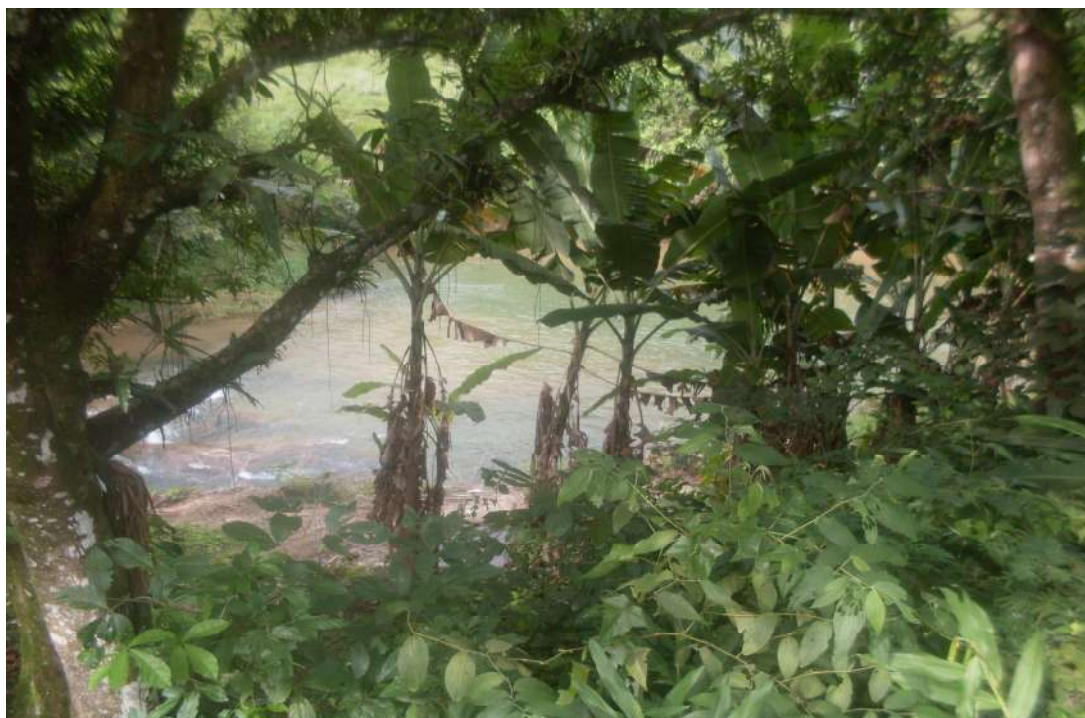
Fonte: Adaptado de INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2013a.

Figura 81 – Rancho em Duque de Caxias, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Legenda: Entrada do rancho Peniel. Imagem de dezembro de 2011, tomada a partir do ponto de visão da Washington Luiz, em Xerém, Duque de Caxias.
Fonte: Adaptado de GOOGLE STREET VIEW, 2011.

Figura 82 – Bananeiras às margens do médio curso do rio Saracuruna, RJ



Legenda: Presença de espécies invasoras (bananeiras) em margem do médio curso do rio Saracuruna, na zona rural de Xerém, Duque de Caxias.
Fonte: O autor, 2013.

A sub-bacia do rio Saracuruna é composta ainda por aglomerados subnormais⁵⁴, totalmente ou parcialmente inseridos, distribuídos por toda a extensão leste da sub-bacia (Mapa 15). Tais áreas são caracterizadas, basicamente, pela urbanização em desacordo com padrões vigentes e pela precariedade de serviços públicos essenciais. Estes podem ser enquadrados em categorias tais como: invasão, loteamento irregular ou clandestino, ou mesmo áreas regularizadas em período recente (IBGE, 2011b).

A porção da sub-bacia inserida nos distritos de Imbariê e Inhomirim abarcam os aglomerados subnormais identificados como Sapateiro, Cruzeiro, Morro São Luiz, Jardim Florestal, Sapê e Parque Estrela. Tais aglomerados assentam-se em áreas de relevo plano ou suave (neste último caso, considerando a ocupação no sopé de morros).

Já a porção referente à Petrópolis integra os seguintes aglomerados subnormais: Comunidade de São João Batista e São Jorge, Contorno I (Figura 83), Contorno II, Duques e Alto Independência. Este conjunto apresenta como principal característica a ocupação em encostas, íngremes ou não.

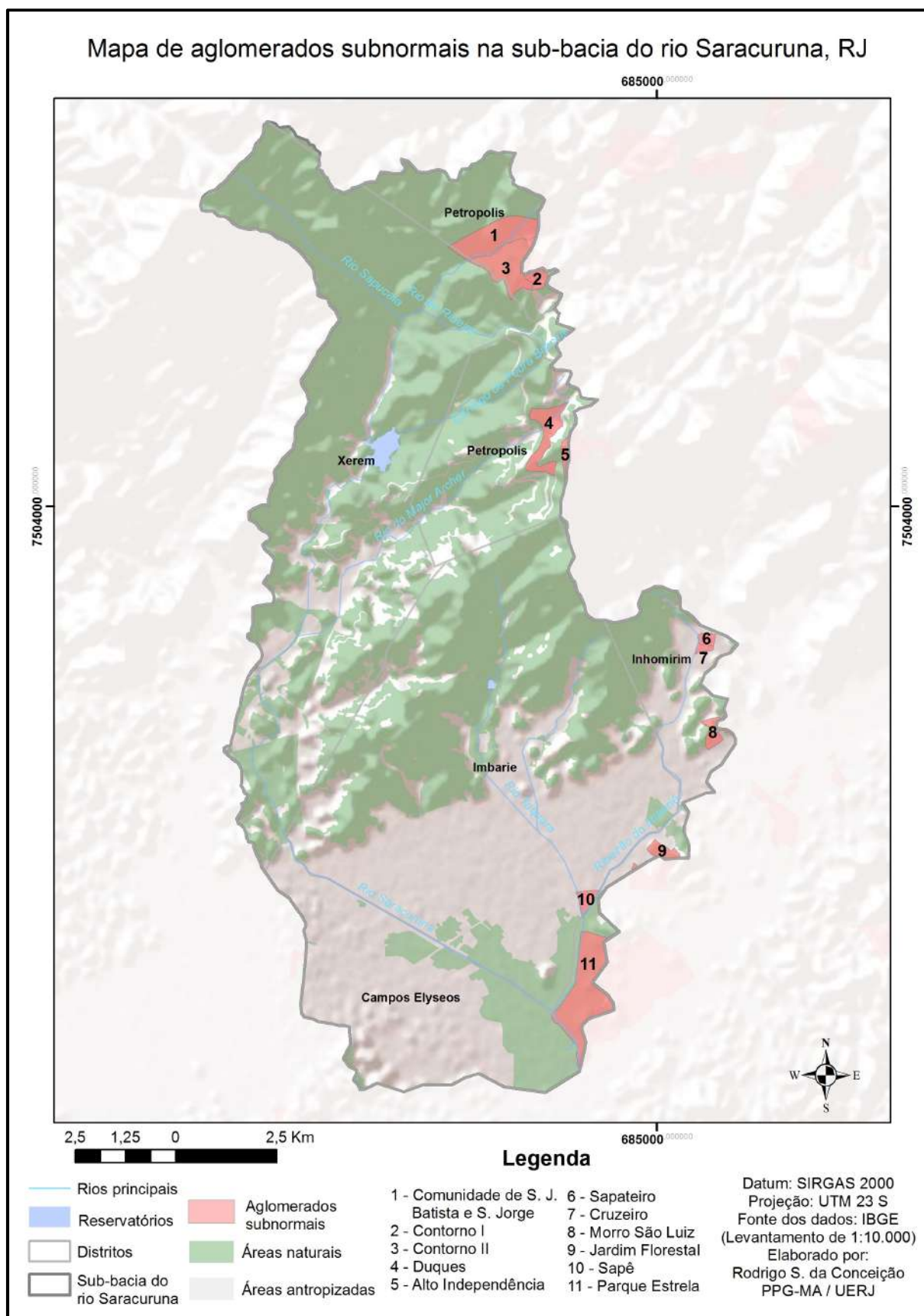
Figura 83 – Ocupação pertencente ao Aglomerado subnormal “Contorno I”, Distrito de Petrópolis, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Fonte: O autor, 2013.

⁵⁴ Segundo IBGE (2011b, p. 19) aglomerado subnormal consiste em “um conjunto constituído de, no mínimo, 51 unidades habitacionais (barracos, casas etc.) carentes, em sua maioria de serviços públicos essenciais, ocupando ou tendo ocupado, até período recente, terreno de propriedade alheia (pública ou particular) e estando dispostas, em geral, de forma desordenada e densa.”

Mapa 15 – Aglomerados subnormais na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Fonte: Adaptado de INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2013a.

5.4.2 Aspectos sócio-demográficos

A partir de informações do IBGE (2013c), verifica-se que Duque de Caxias, Magé e Petrópolis contavam com uma população residente, em 2010, de 855.048, 227.322, e 295.917, respectivamente. A taxa de crescimento populacional, entre 2000 e 2010 é acima de 10% nos municípios de Duque de Caxias – 10,2%, e Magé – 10,4%; e de 3,2% em Petrópolis.

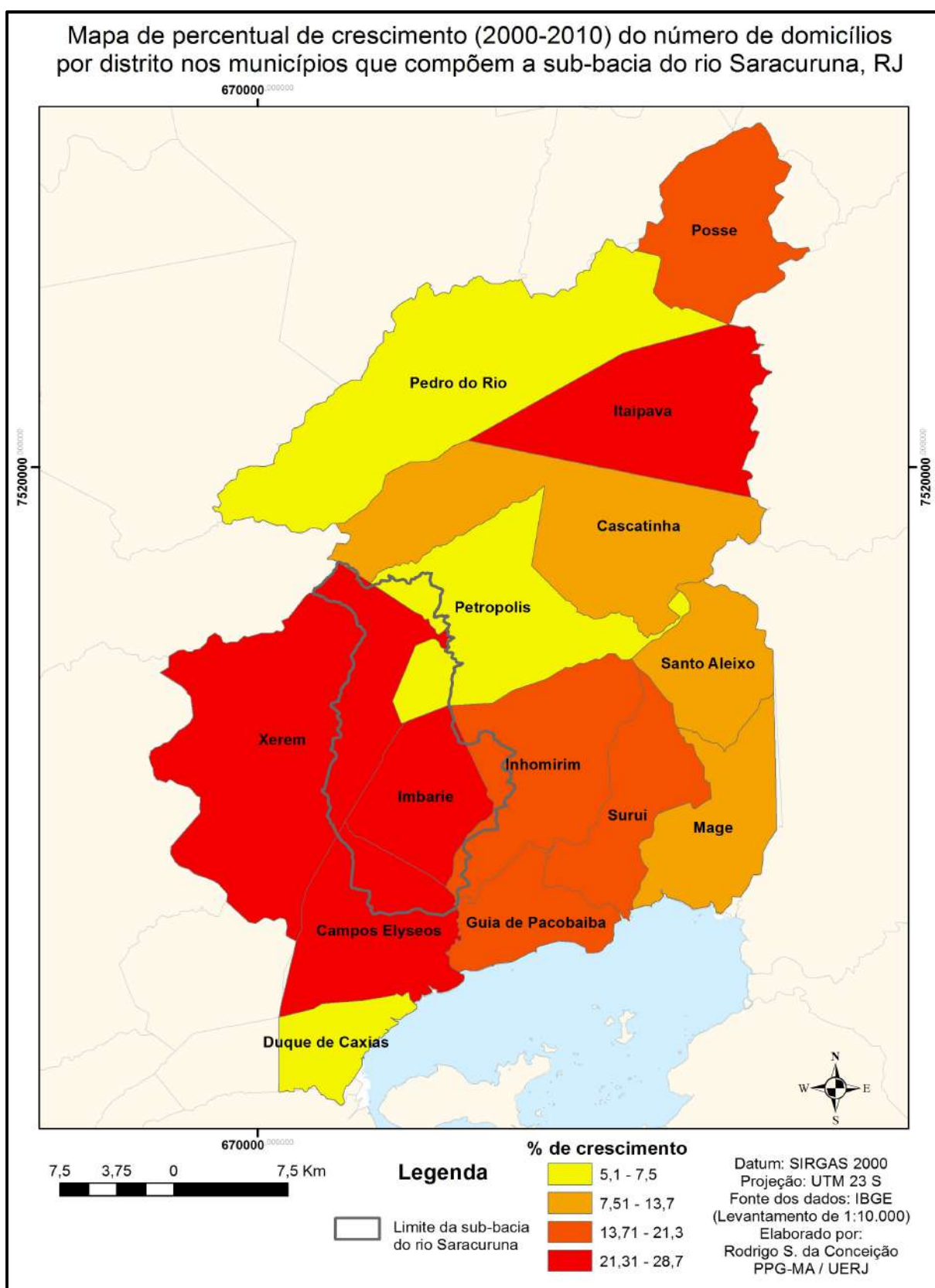
Acompanhando este processo, a taxa de crescimento do número de domicílios é expressiva nos municípios (Quadro 5), e nos distritos que compõem a sub-bacia (Mapa 16), com exceção de Petrópolis, principalmente no que se refere aos setores urbanos (Mapa 14, p. 268), os quais concentram majoritariamente áreas de baixa e média ocupação, em extensão, nos municípios de Duque de Caxias e Magé.

Quadro 5 – Percentual de crescimento (2000-2010) de domicílios, por sua situação, nos municípios que compõem a sub-bacia do rio Saracuruna, RJ

Município	Situação do domicílio	Ano		Taxa de crescimento (%)
		2000	2010	
Duque de Caxias – RJ	Total	256.422	295.258	15,1
	Urbana	255.051	293.879	15,2
	Rural	1.371	1.379	0,5
Magé – RJ	Total	74.373	87.752	17,9
	Urbana	69.447	82.429	18,6
	Rural	4.926	5.323	8,0
Petrópolis – RJ	Total	104.057	114.396	9,9
	Urbana	97.481	107.752	10,5
	Rural	6.576	6.644	1,0

Fonte: Adaptado de INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2013c.

Mapa 16 – Percentual de crescimento (2000-2010) de domicílios por distritos que compõem a sub-bacia do Saracuruna, RJ



Fonte: Adaptado de INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2011c; 2011d; 2013a.

Com base nos mapeamentos de densidade de domicílios na sub-bacia do rio Saracuruna, para os períodos de 2000 e 2010, atesta-se visualmente⁵⁵ uma densificação da ocupação de domicílios em setores inseridos na porção sul da referida compartimentação (Mapas 17 e 18).

Este processo de densificação se associa basicamente aos setores urbanos (Mapa 14, p. 268), corroborando o quadro 5 no que diz respeito à baixa taxa de crescimento de domicílios em situação rural, principalmente em Duque de Caxias, que, como dito, concentra manchas de ocupação urbana e pólos dinâmicos irradiando fluxos de pessoas e direcionando a ocupação (TCE-RJ, 2012b).

Essa intensificação se comprova pela alteração quanto à classificação da densidade em setores censitários, que mantiveram a sua configuração espacial, principalmente em Campos Elyseos e Imbariê. Nestes distritos, na porção que compreende as áreas ocupadas na sub-bacia (setores com densidade acima de 5 domicílios por hectare), as classes predominantes de densidade em 2000 eram da ordem de 5,1 a 15 e de 15,1 a 30 domicílios por hectare, com predominância da primeira; já em 2010 percebe-se um aumento de setores com densidade acima de 15 domicílios por hectare e diminuição de setores com densidade baixa.

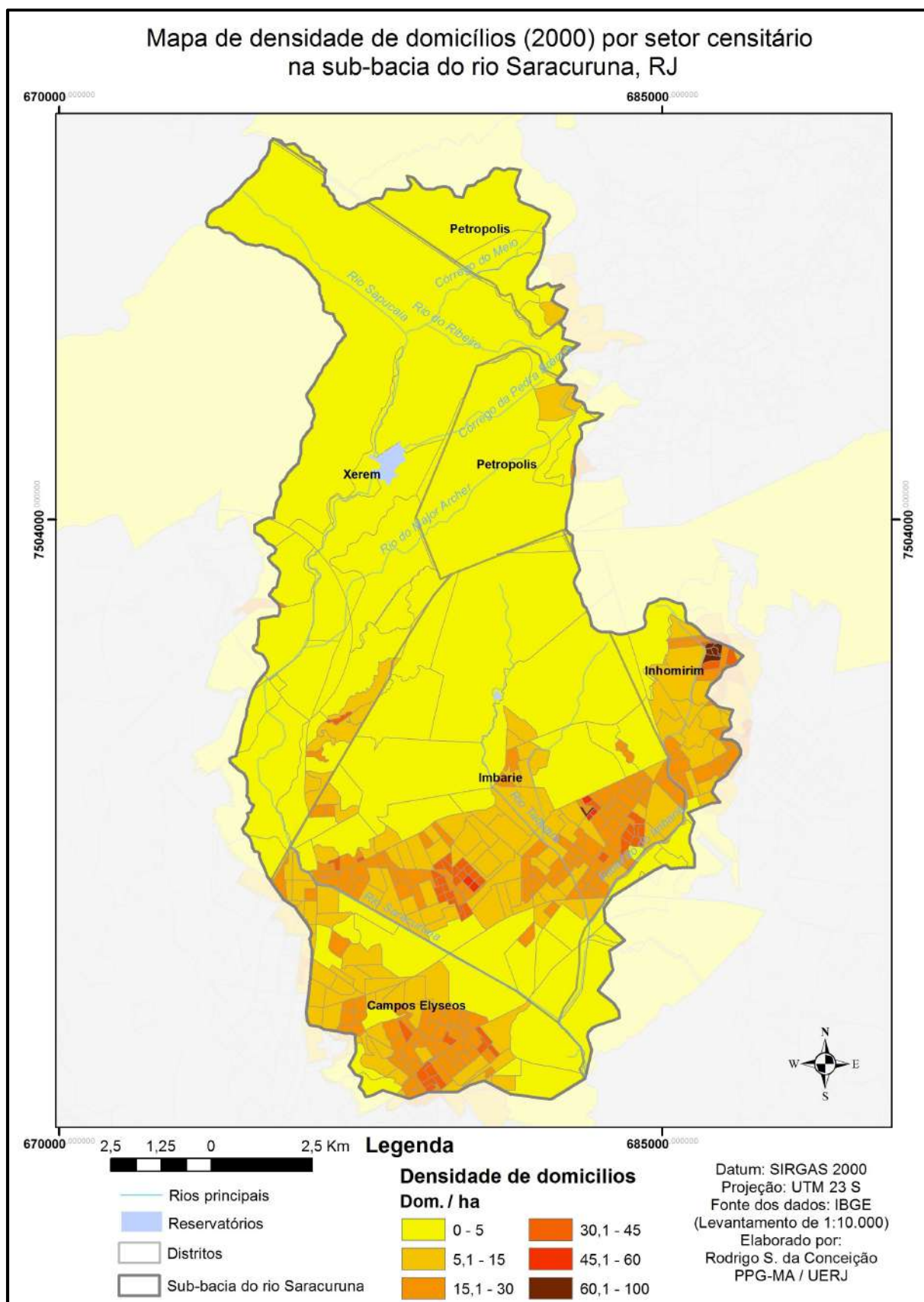
No que se refere aos setores da sub-bacia ocupados junto ao distrito de Petrópolis, estes parecem se manter estáveis no período de 2000 a 2010, visto que não se observam alterações com relação à densidade de domicílios, mas sim apenas na configuração dos setores. O mesmo ocorre em Inhomirim, Magé, onde a redivisão de setores isolou as áreas ocupadas, determinando influência sobre as alterações na densidade de domicílios.

Considerando a área da sub-bacia como um todo, não se percebe visualmente, comparando-se os dois mapas (17 e 18), a expansão da ocupação de domicílios em direção àquelas áreas de mais baixa densidade em 2000, visto que, no geral, os setores com densidade até 5 domicílios por hectare se mantêm neste intervalo, a exceção de alguns setores à borda de outros mais densificados nos distritos de Xerém, Campos Elyseos e Imbariê.

A partir da caracterização da sub-bacia, atesta-se a presença de alguns limitantes à ocupação, como as serras ao norte, que abrigam UCs federais e municipais protegendo remanescentes de Mata Atlântica e recursos hídricos; e as áreas brejosas ao sul, cortadas pelo rio Saracuruna até a sua foz. É justamente ao sul onde se localizam setores com alteração na densidade de domicílios, da classe mais baixa em 2000 para a subsequente em 2010.

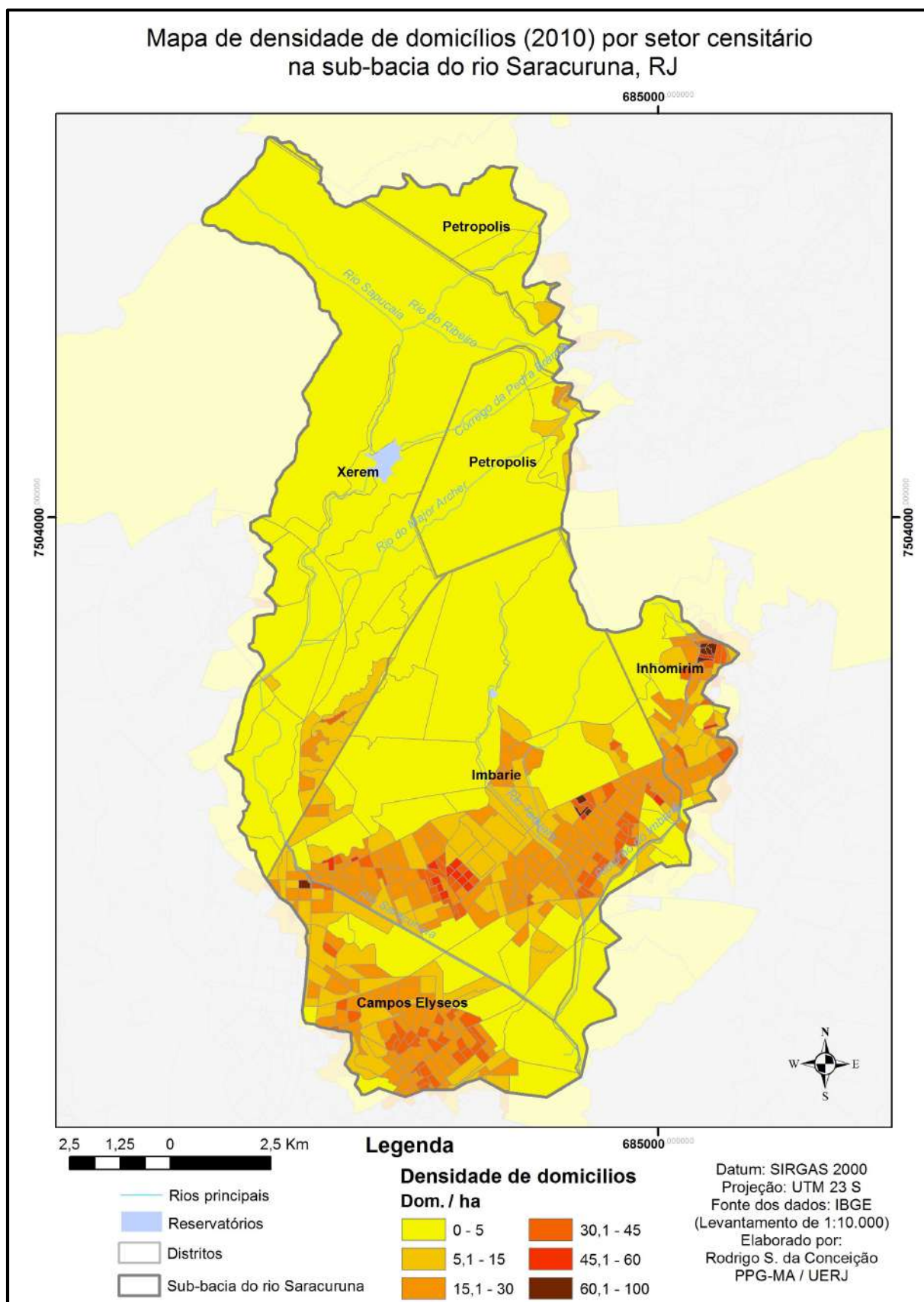
⁵⁵ A malha de setores censitários não permite o acompanhamento de séries históricas devido ao fato de que as mesmas não mantêm, necessariamente, a sua configuração espacial. Em alguns casos os setores podem ser divididos, em outros aglutinados, ou mesmo serem alterados em direção à outros setores.

Mapa 17 – Densidade de domicílios (2000) por setor censitário na sub-bacia do Saracuruna, RJ



Fonte: Adaptado de INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2011c; 2013a.

Mapa 18 – Densidade de domicílios (2010) por setor censitário na sub-bacia do Saracuruna, RJ



Fonte: Adaptado de INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2011d; 2013a.

O aumento da densidade de domicílios em setores com valores praticamente nulos em 2000 se deve, por exemplo, ao avanço da urbanização formal concentrada no Distrito de Campos Elyseos, a partir do loteamento e surgimento de novos condomínios, como o denominado “Via Parque” (Figura 84), inaugurado na segunda metade da década de 2000 e localizado à noroeste do referido distrito, próximo ao rio Saracuruna, na divisa com Imbariê.

Figura 84 – Entrada do condomínio Via Parque, na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Legenda: O condomínio, construído e inaugurado entre 2000 e 2010, se localiza em um dos setores censitários com aumento na densidade de domicílios (de 0-5 para 5,1-15 domicílios por hectare) no período. Imagem de agosto de 2011, tomada a partir do ponto de visão da Estrada do Parque, em Campos Elyseos, Duque de Caxias.

Fonte: Adaptado de GOOGLE STREET VIEW, 2011.

No entanto, verifica-se ainda nestes mesmos setores, de densificação recente ao sul da sub-bacia, a presença de domicílios em situação irregular, ou seja, com características diferenciadas daqueles em loteamentos formais. Em alguns casos estes domicílios estão localizados em faixas de APP, predominantemente às margens de rios. Por se tratarem de setores ainda com baixa densidade (apesar do aumento entre as primeiras classes no período analisado), estes domicílios se encontram entremeados à vegetação ciliar e se caracterizam por constituírem construções inacabadas (Figura 85).

Figura 85 – Domicílio em situação irregular, na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



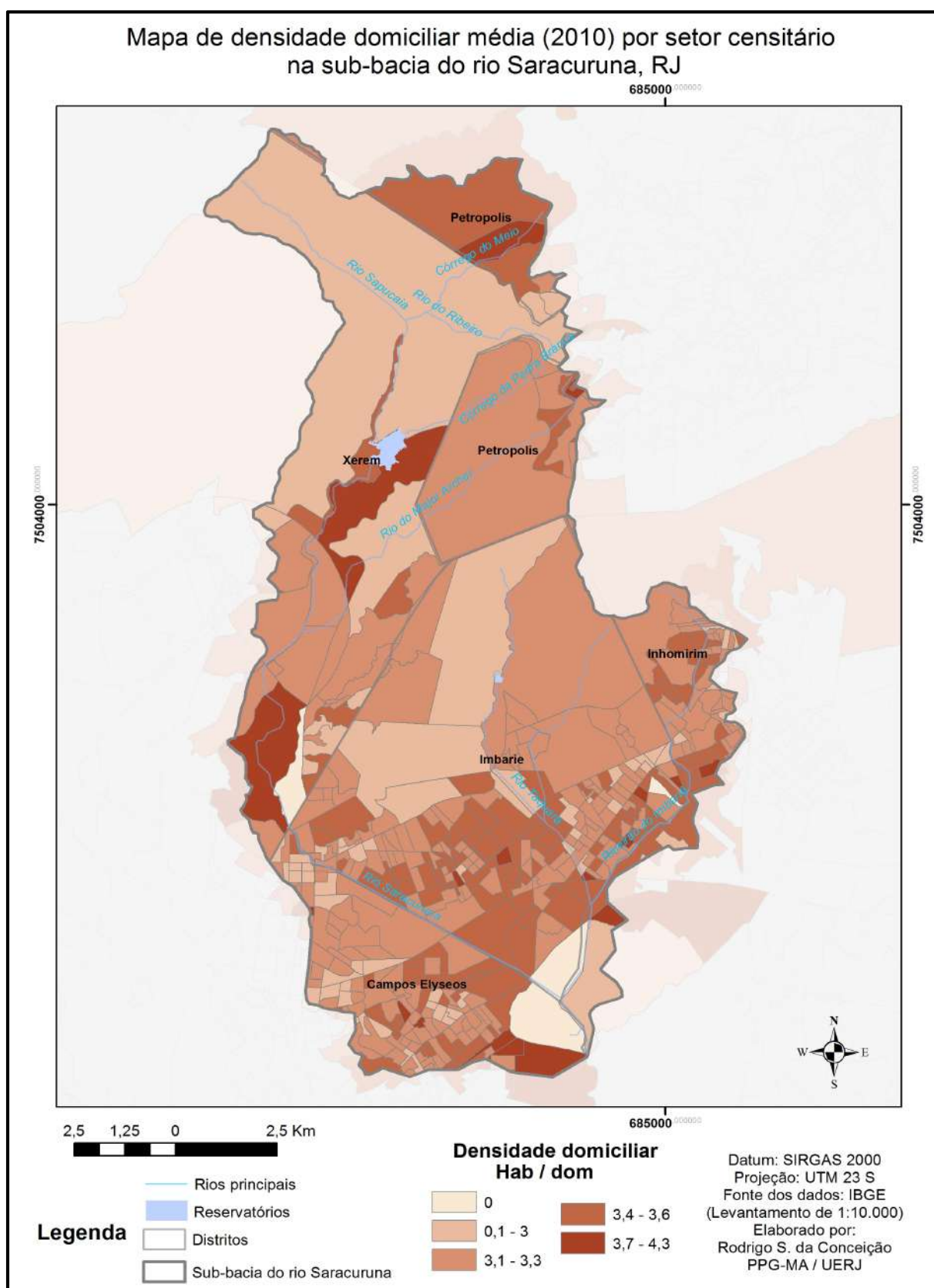
Legenda: Construção inacabada (recente) às margens do rio Saracuruna, junto à divisa de Campos Elyseos e Imbariê, em setor censitário com aumento na densidade de domicílios (de 0-5 para 5,1-15 domicílios por hectare) no período entre 2000-2010, o mesmo onde se localiza o condomínio Via Parque.

Fonte: O autor, 2013.

Já o mapeamento de densidade domiciliar média (Mapa 19) demonstra números mais expressivos em setores com menor ocupação de domicílios. Na porção da sub-bacia em Xerém, por exemplo, setores territorialmente extensos, em situação rural e urbana, apresentam densidade domiciliar média da ordem de 3,7 a 4,3 habitantes por domicílio. Estes setores se assentam no médio vale do rio Saracuruna, inclusive junto ao reservatório presente neste distrito (Reservatório de Saracuruna).

Sendo assim, apesar da baixa densidade de domicílios, setores da sub-bacia em situação rural, especificamente àqueles cortados pelo rio Saracuruna, apresentam tendência a concentrarem um contingente de residentes por domicílio considerável, com demanda por recursos e, ou ainda, com ocupação voltada ao uso e exploração dos mesmos (cultivo, por exemplo).

Mapa 19 – Densidade domiciliar média (2010) por setor censitário na sub-bacia do Saracuruna, RJ



Fonte: Adaptado de INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2011d; 2013a.

Ainda com base em informações do mapa 19 atesta-se que, ao sul da sub-bacia, na baixada urbanizada, predominam setores com densidade média entre 3,1 e 3,6 habitantes por domicílio, tanto em setores de densidade média a alta como em setores de baixa ocupação. No entanto, percebe-se que, na maioria dos casos, quanto menor a densidade de domicílios maior é a densidade domiciliar.

Já as informações de renda (Mapa 20) apresentam, no geral, um quadro de certa homogeneidade, visto que não se encontram grandes concentrações de renda e nem disparidades sociais (visto a baixa amplitude dentre as classes de renda do mapa). Ou seja, não se identifica de maneira mais precisa um padrão na distribuição espacial de renda na sub-bacia.

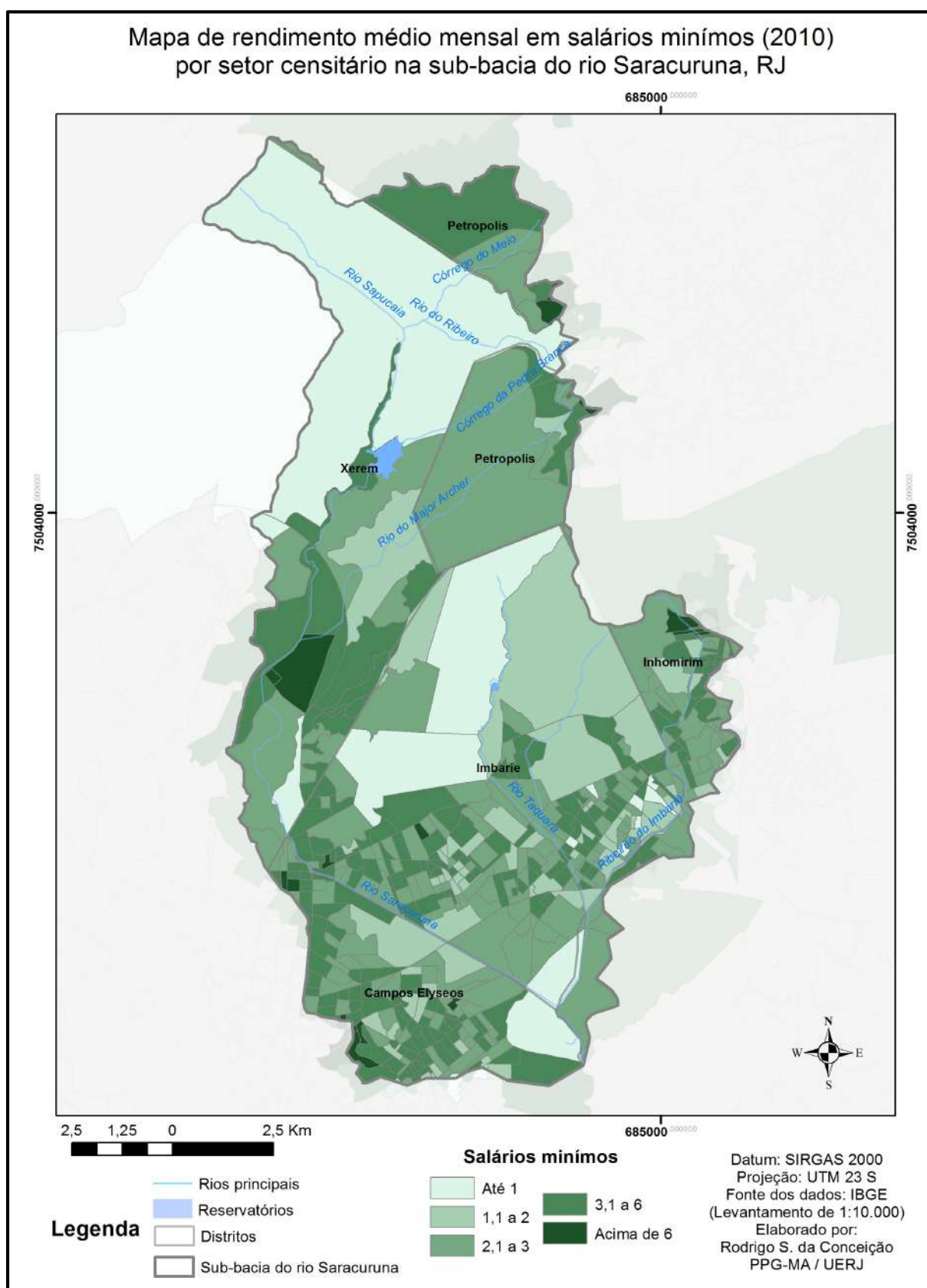
No geral, nas áreas urbanas da sub-bacia, ao sul e em Petrópolis, predominam os setores com rendimento médio mensal de 2 a 6 salários mínimos. Os setores com renda abaixo de 2 salários mínimos associam-se basicamente às áreas de baixa ocupação de domicílios, principalmente ao norte de Xerém e de Imbariê, ou ainda ao longo do baixo curso do rio Saracuruna (próximo à sua foz). Os setores com renda média superior a 6 salários mínimos distribuem-se de maneira desfragmentada e constituem a minoria.

Segundo o TCE-RJ (2012a; 2012b; 2012c) os municípios de Magé e Duque de Caxias, e algumas das encostas de Petrópolis, abrigam uma concentração de população de baixa renda ao longo de seu território, o que se verifica em porções ocupadas na sub-bacia do rio Saracuruna. Neste sentido, pode-se conjecturar sobre a forte presença de assentamentos urbanos desfavorecidos de infraestrutura e/ou irregulares em aglomerados subnormais, ou não.

Há de se considerar que, ao longo dos últimos anos, houve um desenvolvimento das áreas urbanizadas e infraestrutura habitacional, a partir do próprio crescimento social e econômico do país (vide os programas do governo para habitação, como o “MCMV”), com influência sobre os municípios em questão, especificamente Duque de Caxias e Magé. Por exemplo, como visto anteriormente, em distritos como o de Campos Elyseos verifica-se o surgimento, nos últimos anos, de condomínios residenciais, nos quais as habitações podem ser adquiridas a partir de crédito imobiliário facilitado.

Sendo assim, a sub-bacia do rio Saracuruna pode ser definida como uma área que abriga predominantemente uma ocupação com características de baixa renda, ora evidenciando um quadro mais latente de pobreza, ora evidenciando um quadro voltado ao desenvolvimento social em áreas urbanas periféricas.

Mapa 20 - Rendimento médio mensal (2010) por setor censitário na sub-bacia do Saracuruna, RJ



Fonte: Adaptado de INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2011d; 2013a.

5.4.3 Infraestrutura de saneamento

A infraestrutura de saneamento engloba, dentre outros aspectos, o abastecimento de domicílios com água potável. Na sub-bacia do rio Saracuruna o abastecimento via rede geral de distribuição é mais comum na porção oeste da sub-bacia, desde Xerém (mais ao norte) até Campos Elyseos (mais ao sul), acompanhando o curso do rio Saracuruna (Mapa 21). No entanto, percebe-se que esta forma de abastecimento ocorre ainda de maneira incipente, visto que mesmo esta porção, a oeste, integra setores distribuídos em diferentes faixas com relação ao percentual de domicílios atendidos. Neste caso, os setores com percentual acima de 90% são escassos e há uma grande variação espacial de setores classificados entre as demais categorias (entre 10 a 90%).

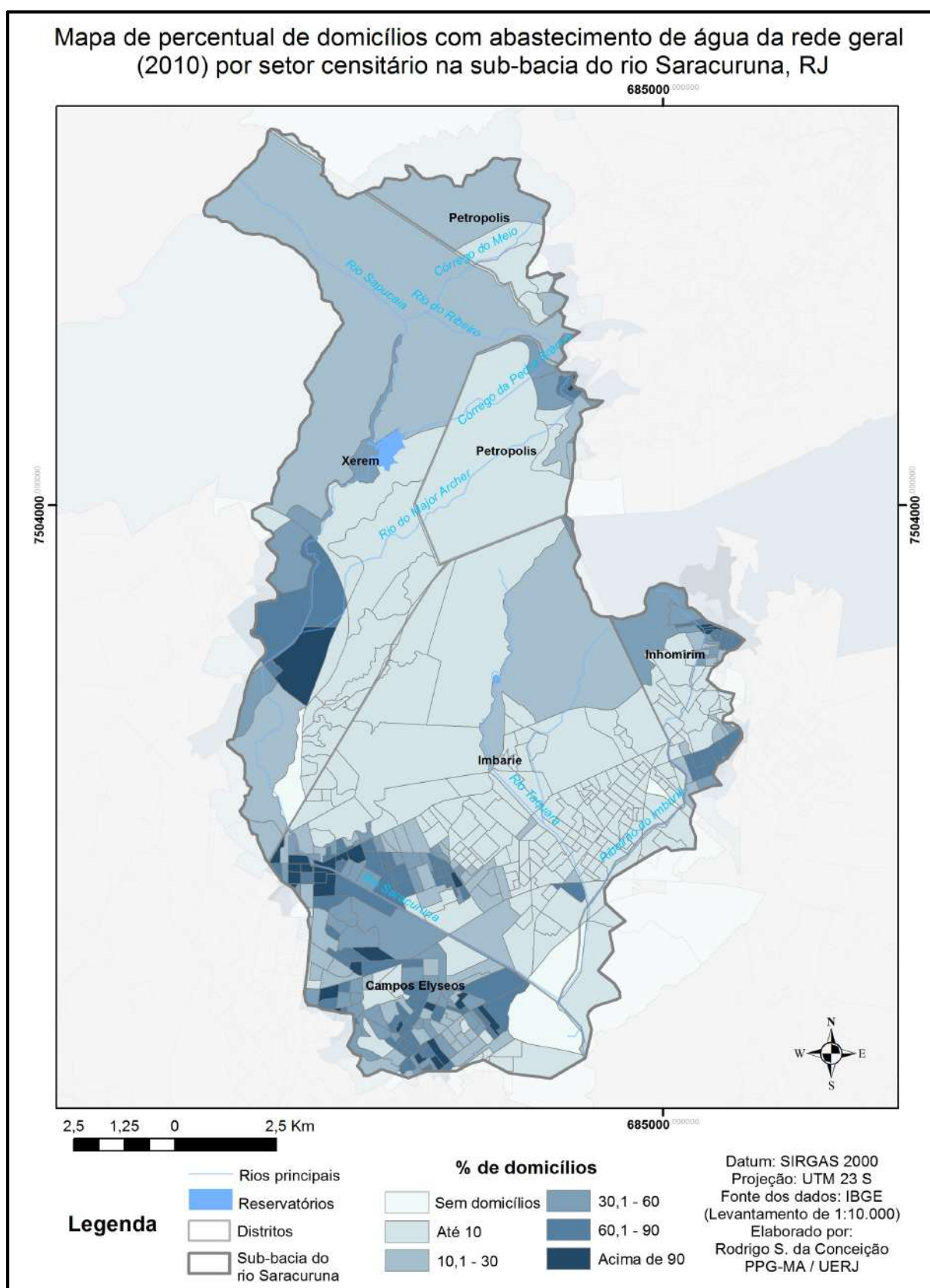
Ao centro-sul da sub-bacia, em parte das áreas urbanas de Xerém, Imbariê e Inhomirim, se concentram setores com baixíssimo percentual (até 10%) de domicílios atendidos por abastecimento de água via rede geral. Esta situação ocorre mesmo em áreas de ocupação consolidada, com densidade acima de 15 domicílios por hectare, a exemplo dos setores urbanos localizados na extensa baixada cortada pelo rio Taquara e Ribeirão do Imbariê.

Ao se analisar outras formas de abastecimento de água na sub-bacia atesta-se uma forte presença da captação via poço ou nascente na propriedade⁵⁶ (Mapa 22), justamente nas áreas com baixo percentual de abastecimento via rede geral. De acordo com o Consórcio Ecologus-Agrar (2005), na Região Hidrográfica da Baía de Guanabara as captações de água em nascentes e poços atendem basicamente a pequenas aglomerações urbanas e condomínios de moradias, operadas diretamente por usuários.

Em grande parte dos setores vinculados às porções distritais de Imbariê e Inhomirim, por exemplo, esta forma de abastecimento é a predominante (acima de 80% dos domicílios). Mesmo nas porções em que o abastecimento via rede geral se faz presente em alguns domicílios, esta forma de acesso à água potável é considerável (variando em até 80% dos domicílios em alguns setores). O quadro apresentado pode indicar alterações sobre a preservação permanente no entorno de nascentes, principalmente nos distritos que contemplam áreas elevadas, como Imbariê, visto que a captação realizada nestes pontos indica um não isolamento destas faixas.

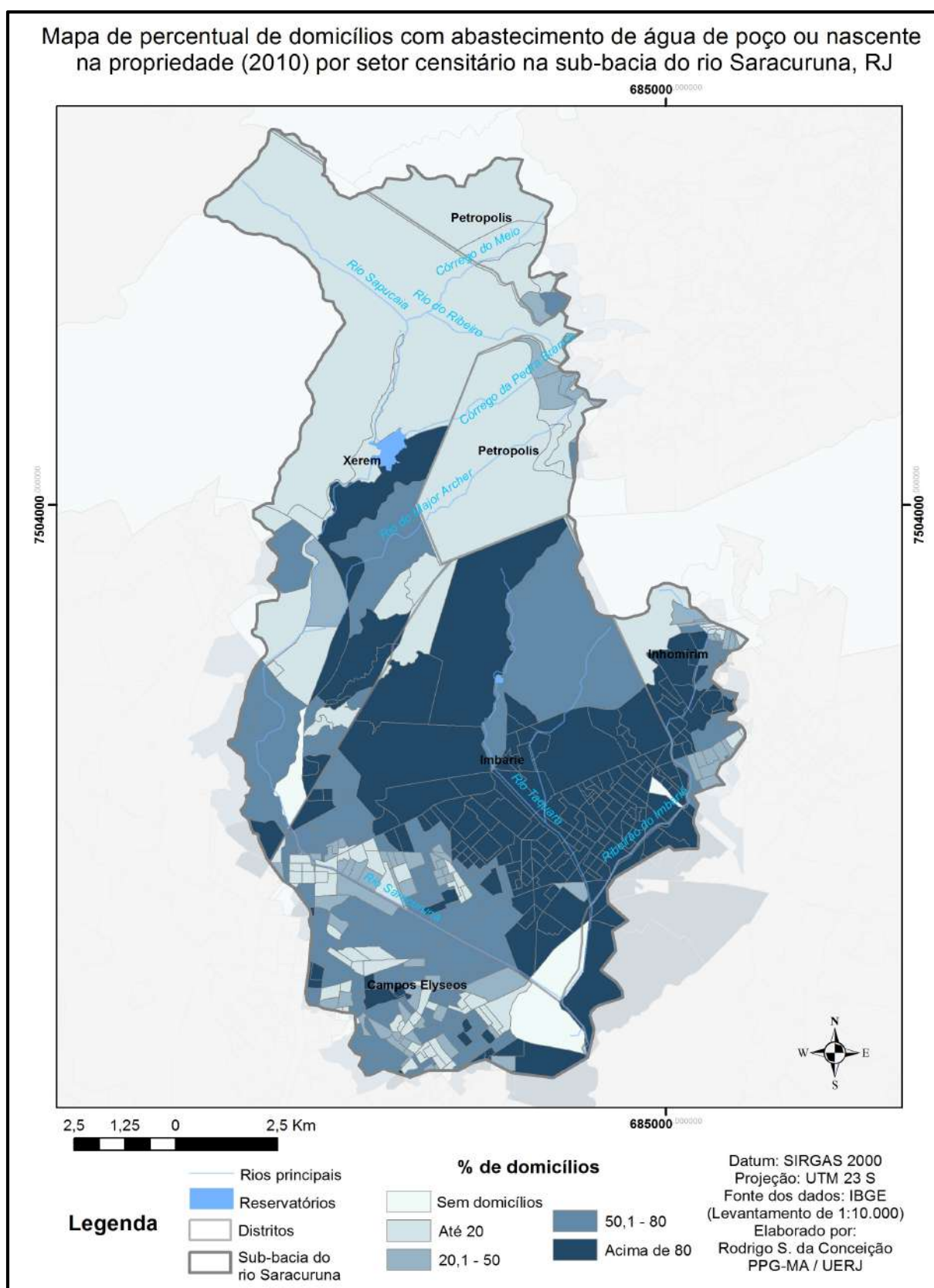
⁵⁶ Esta situação ocorre, segundo IBGE (2011a, p. 22), “quando o domicílio era servido por água proveniente de poço ou nascente localizado no terreno ou na propriedade onde estava construído.”

Mapa 21 – Percentual de domicílios com abastecimento de água da rede geral (2010) por setor censitário na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Fonte: Adaptado de INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2011d; 2013a.

Mapa 22 – Percentual de domicílios com abastecimento de água de poço ou nascente na propriedade (2010) por setor censitário na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Fonte: Adaptado de INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2011d; 2013a.

No que se refere à infraestrutura ligada ao esgotamento sanitário, atesta-se que, com base no mapa 23, a sub-bacia do rio Saracuruna contempla, de maneira não concentrada à uma porção específica, setores em que a maior parte dos banheiros ou sanitários dos domicílios (acima de 90%) estejam ligados à rede geral ou a uma fossa séptica, reconhecidamente formas adequadas de esgotamento⁵⁷.

Segundo o Consórcio Ecologus-Agrar (2005, p. 62) é necessário lembrar que nem todo o esgoto transportado pela rede chega às denominadas ETEs, visto que “uma parcela do esgoto é transportada por redes de águas pluviais e lançada diretamente nos cursos d’água.” (Figura 86).

Figura 86 – Lançamento de esgoto no rio Santo Antônio, Distrito de Xerém, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ

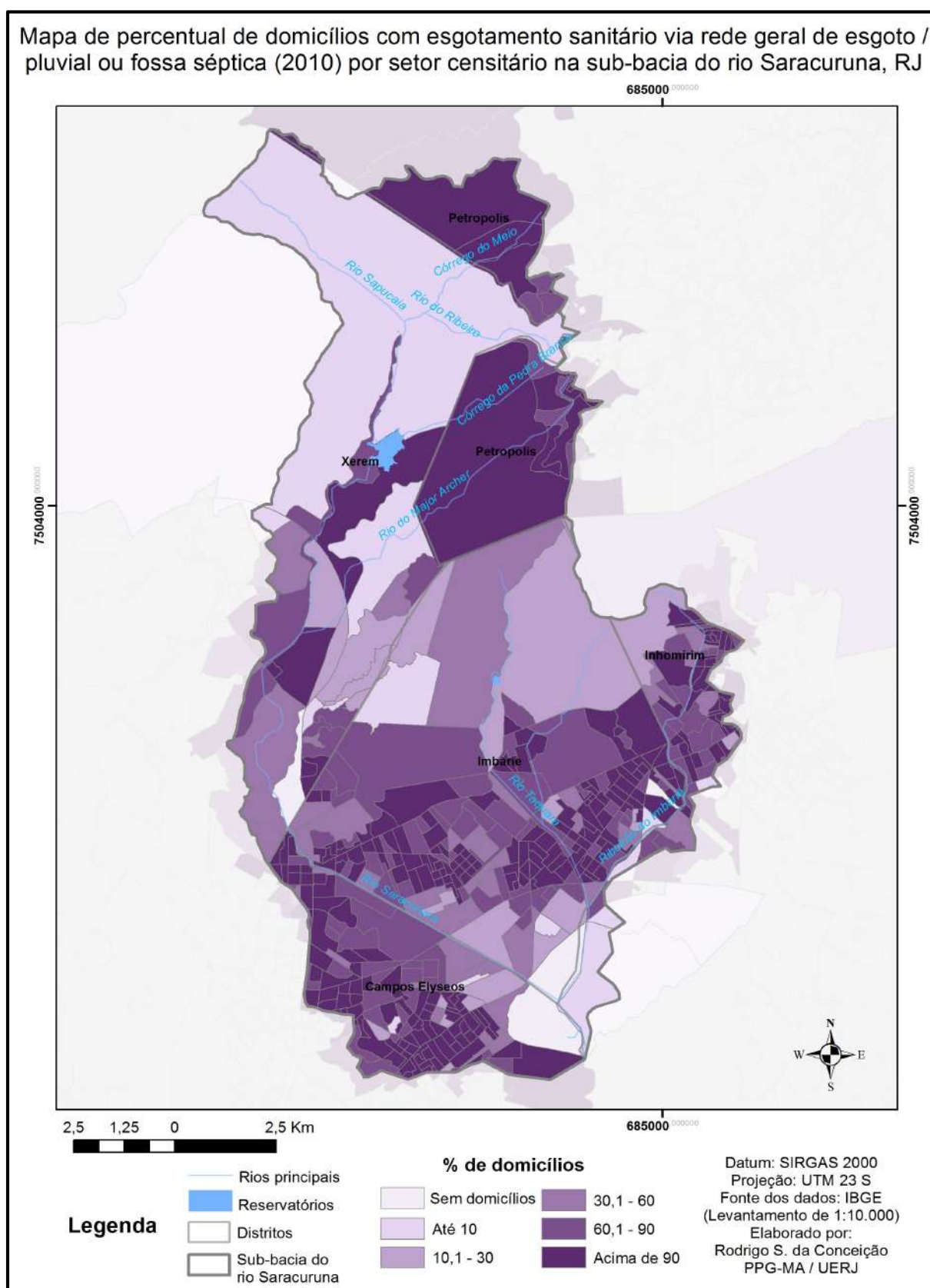


Legenda: No canto inferior esquerdo da imagem percebe-se uma língua negra (esgoto “in natura”) lançada por manilha junto ao rio, a qual possivelmente faz parte de infraestrutura ligada à rede pluvial.

Fonte: O autor, 2013.

⁵⁷ Sobre tais tipos de esgotamento sanitário, IBGE (2011a, p. 21) define que a rede geral de esgoto ou pluvial envolve a canalização das águas servidas e dos dejetos, proveniente do banheiro ou sanitário, a partir de ligação a um sistema de coleta que os conduza a um desaguadouro geral da área, região ou município, mesmo que o sistema não disponha de estação de tratamento da matéria esgotada; já a fossa séptica envolve a ligação a uma fossa séptica próxima, onde a matéria passa por um processo de tratamento ou decantação, sendo, ou não, a parte líquida conduzida em seguida para um desaguadouro geral da área, região ou município.

Mapa 23 – Percentual de domicílios com esgotamento sanitário via rede geral de esgoto / pluvial ou fossa séptica (2010) por setor censitário na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Fonte: Adaptado de INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2011d; 2013a.

Além da descarga concentrada, em casos de lançamento de esgoto via rede pluvial, deve-se levar em consideração a descarga difusa, oriunda de lançamentos individuais em corpos d'água. O mapa 24 demonstra que na sub-bacia em análise tal prática ocorre concentrada à distintos setores de Xerém e ao norte de Imbariê e Inhomirim (alto e médio curso de rios); e aos setores de baixada pouco ocupados em Campos Elyseos, Imbariê e Inhomirim, junto às áreas brejosas ao sul (seguindo o baixo curso do rio Saracuruna e do ribeirão do Imbariê – Figura 87).

Figura 87 – Lançamento de esgoto no ribeirão do Imbariê, Distrito de Inhomirim, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ

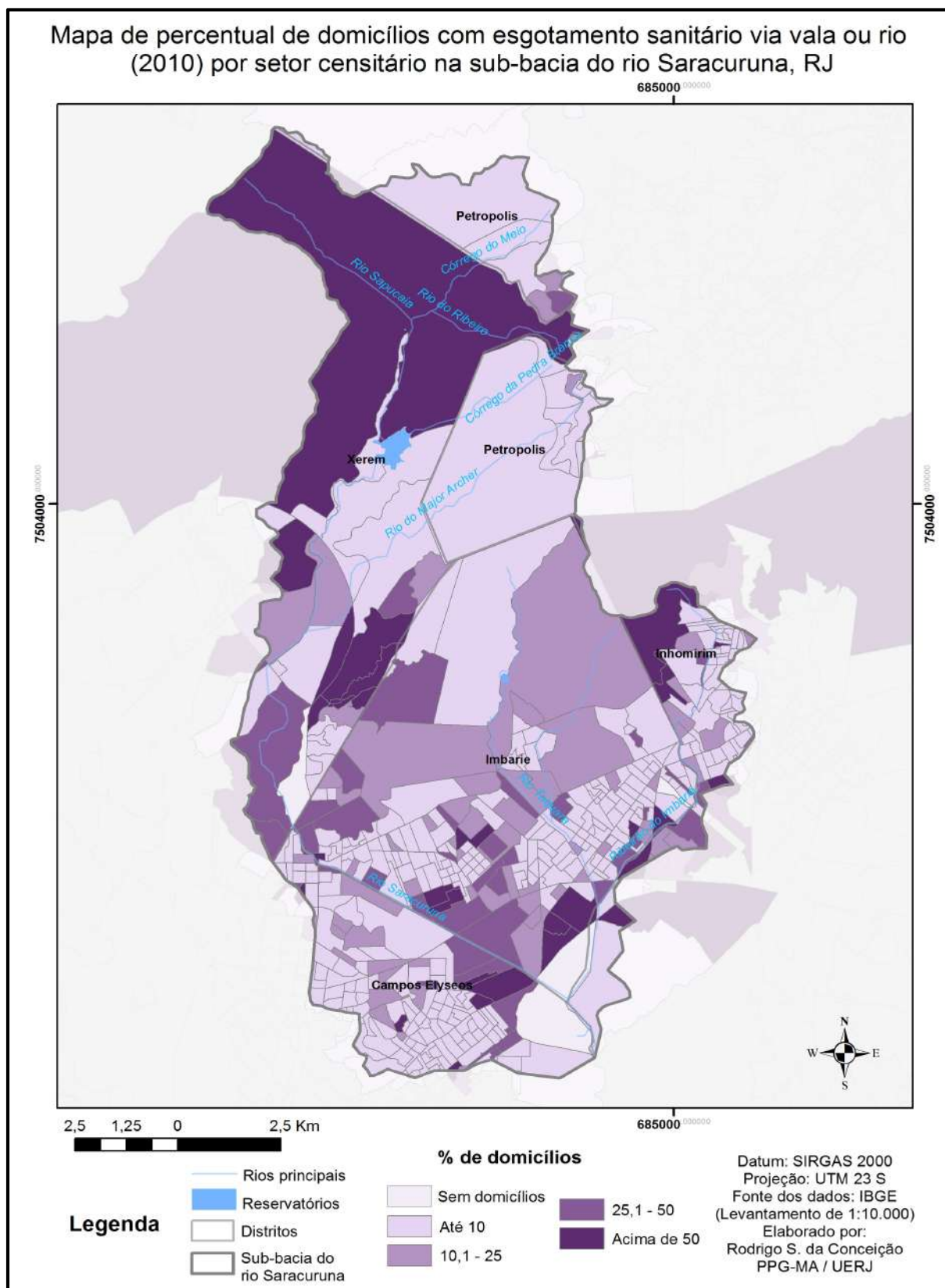


Legenda: Nas indicações em amarelo percebem-se tubulações advindas de residências para despejo de água servida diretamente no curso d'água. Tais domicílios localizam-se em setor censitário com percentual de esgotamento via vala ou rio acima de 50%. Imagem de julho de 2011, tomada a partir do ponto de visão de travessa não identificada, próxima à Rua do Cruzeiro, em Inhomirim, Magé.

Fonte: Adaptado de GOOGLE STREET VIEW, 2011.

Tal situação aponta para a ocupação em faixas marginais de rios, voltadas à preservação permanente. Além da retirada de vegetação e impermeabilização de tais faixas, a ocupação em APPs favorece à poluição dos cursos d'água pelo despejo do esgoto doméstico.

Mapa 24 - Percentual de domicílios com esgotamento sanitário via vala ou rio (2010) por setor censitário na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Fonte: Adaptado de INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2011d; 2013a.

Por fim, com relação à coleta de lixo na sub-bacia do rio Saracuruna, os dados referentes ao censo demográfico de 2010 apresentam uma situação mais favorável, em comparação ao abastecimento de água e ao esgotamento sanitário.

Grande parte dos setores urbanos na sub-bacia, incluindo aqueles mais densamente ocupados, possui acima de 90% de seus domicílios servidos com coleta de lixo (Mapa 25). Neste caso o IBGE (2011a, p. 22) considera duas formas de coleta, a saber:

Diretamente por serviço de limpeza - quando o lixo do domicílio era coletado diretamente por serviço de empresa pública ou privada;
Em caçamba de serviço de limpeza - quando o lixo do domicílio era depositado em uma caçamba, tanque ou depósito, fora do domicílio, para depois ser coletado por serviço de empresa pública ou privada.

Ainda assim, mesmo em setores em que o serviço de coleta se faz presente, encontram-se locais de descarte e acúmulo de lixo. Em muitos casos, as faixas marginais de rios com algum tipo de interferência (a exemplo da presença de logradouro) servem como depósitos destes materiais (Figura 88).

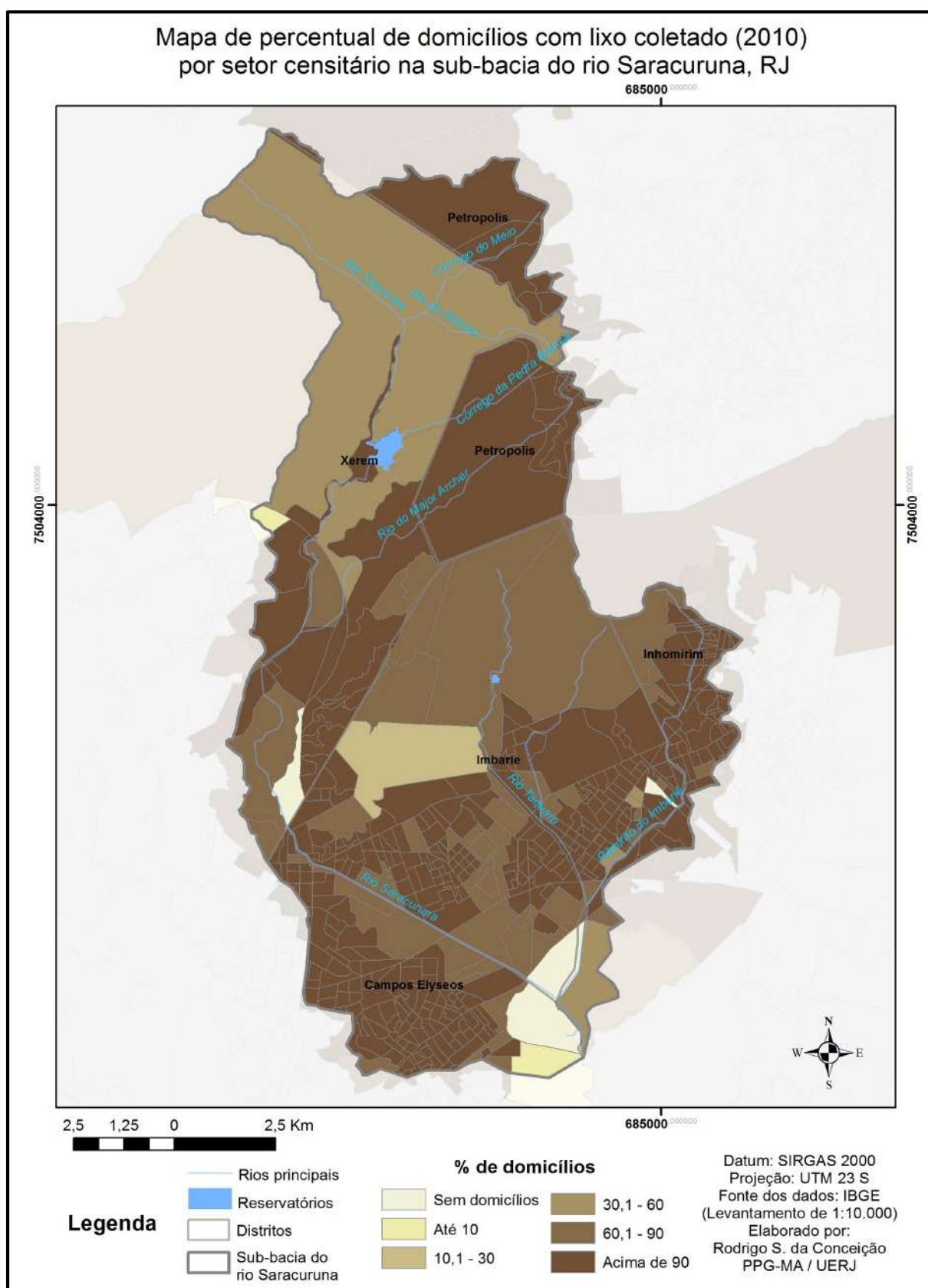
Figura 88 – Acúmulo de lixo às margens do rio Saracuruna, Xerém, RJ



Legenda: Observa-se o acúmulo de lixo e entulho entre a rua (à direita) e a vegetação que ocupa a calha do rio (no segundo plano da imagem), em setor censitário identificado com coleta de lixo entre 60 a 90% dos domicílios, no Distrito de Xerém.

Fonte: O autor, 2013.

Mapa 25 - Percentual de domicílios com lixo coletado (2010) por setor censitário na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Fonte: Adaptado de INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2011d; 2013a.

Dentre os demais destinos de lixo provenientes de domicílios, destacam-se ainda, no contexto da sub-bacia do rio Saracuruna, situações relacionadas ao descarte de lixo em terrenos baldios, logradouros ou rios. O mapa 26 demonstra a existência de setores em que tal prática foi declarada como efetiva em parte de seus domicílios. Isto ocorre de maneira mais concentrada (ainda que variando entre 5 a 50% dos domicílios) em setores urbanos localizados ao centro da porção distrital de Imbariê.

Esta situação ocorre ainda em Campos Elyseos (Figura 89), o qual contempla ainda um setor censitário de baixa ocupação (no extremo sul) em que tal destino do lixo é comum em acima de 50% de seus domicílios (Mapa 26).

Figura 89 – Lixo jogado em terreno desocupado, Campos Elyseos, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ

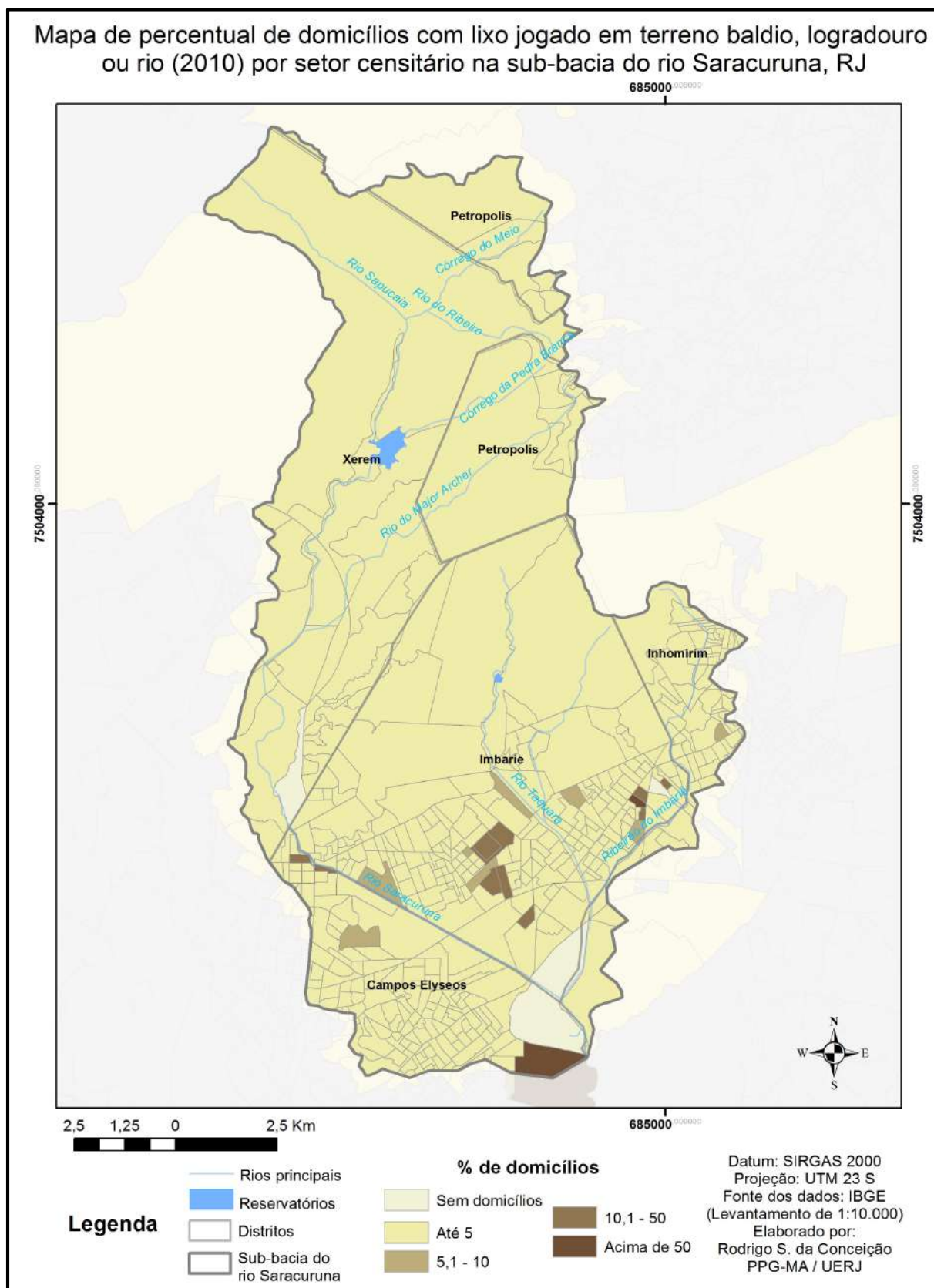


Legenda: Observa-se a presença de lixo em terreno coberto por vegetação gramíneo-lenhosa, em setor censitário que contempla de 5 a 10% dos domicílios com lixo jogado em terreno baldio, logradouro ou rio, Distrito de Campos Elyseos.

Fonte: O autor, 2013.

Nestes setores é ainda maior a possibilidade de intervenções em faixas marginais de rios, como a ocupação dispersa. Quanto maior o número de domicílios em que o destino do lixo seja um rio, maior é o indicativo de que estes domicílios estejam próximos a este.

Mapa 26 - Percentual de domicílios com lixo jogado em terreno baldio, logradouro ou rio (2010) por setor censitário na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Fonte: Adaptado de INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2011d; 2013a.

5.5 Situação dos recursos hídricos na sub-bacia do rio Saracuruna

A sub-bacia do rio Saracuruna contempla, dada a sua grande extensão e diversidade de usos, diferentes níveis de conservação dos recursos hídricos. Neste sentido, ao norte da compartimentação, com abrangência de áreas naturais, se encontram as infraestruturas para captação de água (para abastecimento residencial e industrial) (Mapa 27), o que indica um nível maior de conservação. Ao sul, junto às áreas urbanizadas, os corpos d'água sofrem intensa degradação.

Conforme a proposta de enquadramento dos cursos d'água da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara (CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR, 2005), baseada na Resolução CONAMA nº 357, de 18 de março de 2005⁵⁸, que classifica, segundo seus usos preponderantes (sistemas de classes de qualidade) as águas doces, salobras e salinas (CONAMA, 2005), os cursos d'água presentes na sub-bacia do rio Saracuruna estariam distribuídos pelas 05 (cinco) distintas classes de água doce apresentadas (especial, 1, 2, 3 e 4 – ANEXO C).

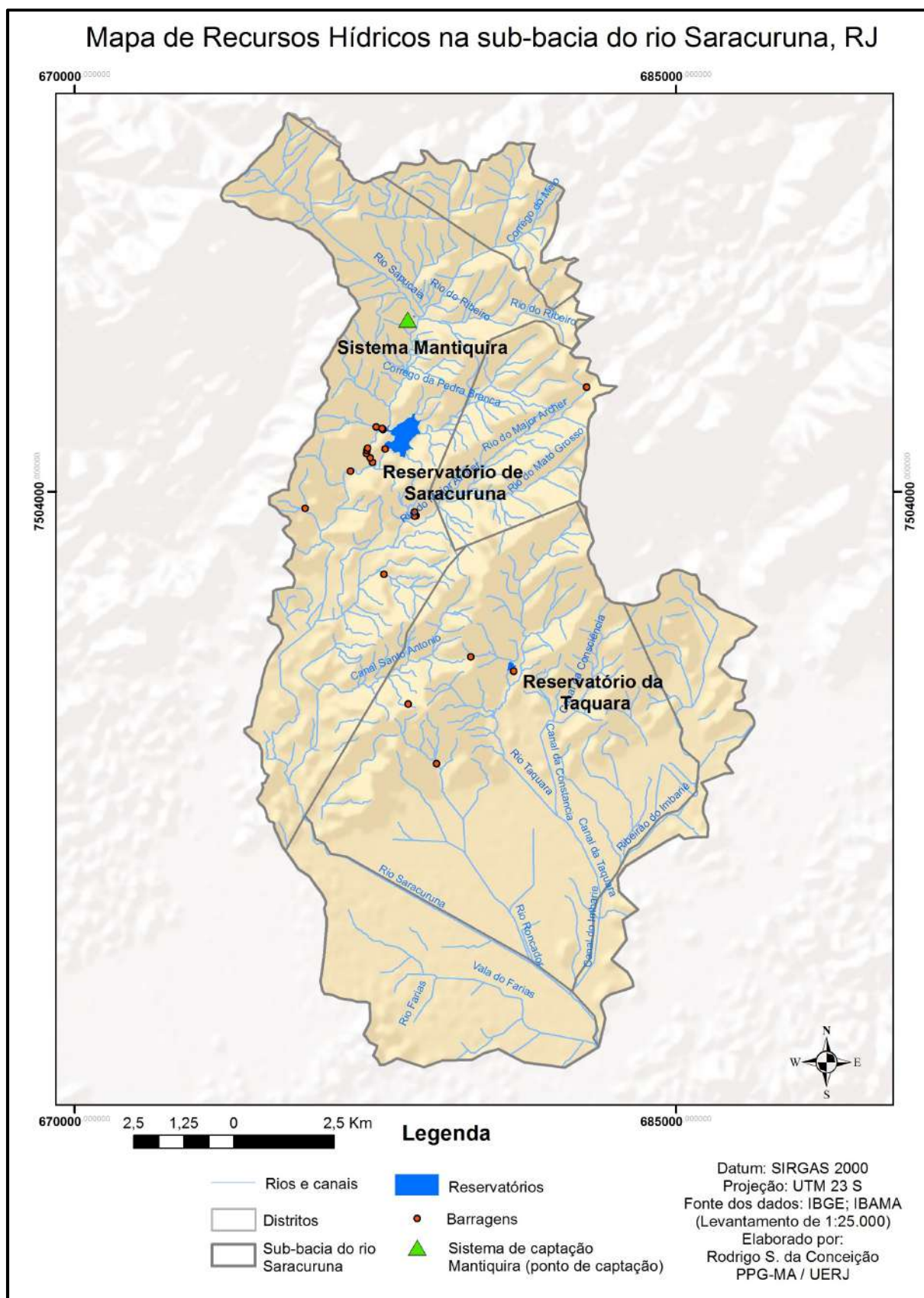
Deve-se esclarecer que, conforme CONAMA (2005, p. 2) as classes de qualidade referem-se a um “conjunto de condições e padrões de qualidade de água necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais ou futuros.”

Segundo o Consórcio Ecologus-Agrar (2005) foram enquadrados na Classe Especial, cujas águas são destinadas ao abastecimento doméstico com simples desinfecção e à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas, os rios ao norte da sub-bacia, dentre eles o rio Sapucaia, o rio do Ribeiro, e o Córrego do Meio (Mapa 27), os quais copõem importantes mananciais para abastecimento na região.

Segundo IBG (2002), as nascentes de qualquer rio são especialmente protegidas e estão enquadradas na Classe Especial. Tais nascentes se concentram por toda a extensão das porções distritais, parcialmente inseridas na sub-bacia, de Xerém e Petrópolis; bem como ao norte de Imabriê e Inhomirim.

⁵⁸ O Estado do Rio de Janeiro não possui legislação específica de classificação das águas e enquadramento de todos os seus corpos hídricos. Segundo o Consórcio Ecologus-Agrar (2005) a Comissão Estadual de Controle Ambiental (CECA) elaborou algumas diretrizes para a classificação das águas da Baía de Guanabara e seu entorno, no entanto, nenhuma faz referência ao estabelecimento de enquadramentos em função dos usos na área da sub-bacia.

Mapa 27 – Recursos Hídricos na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ

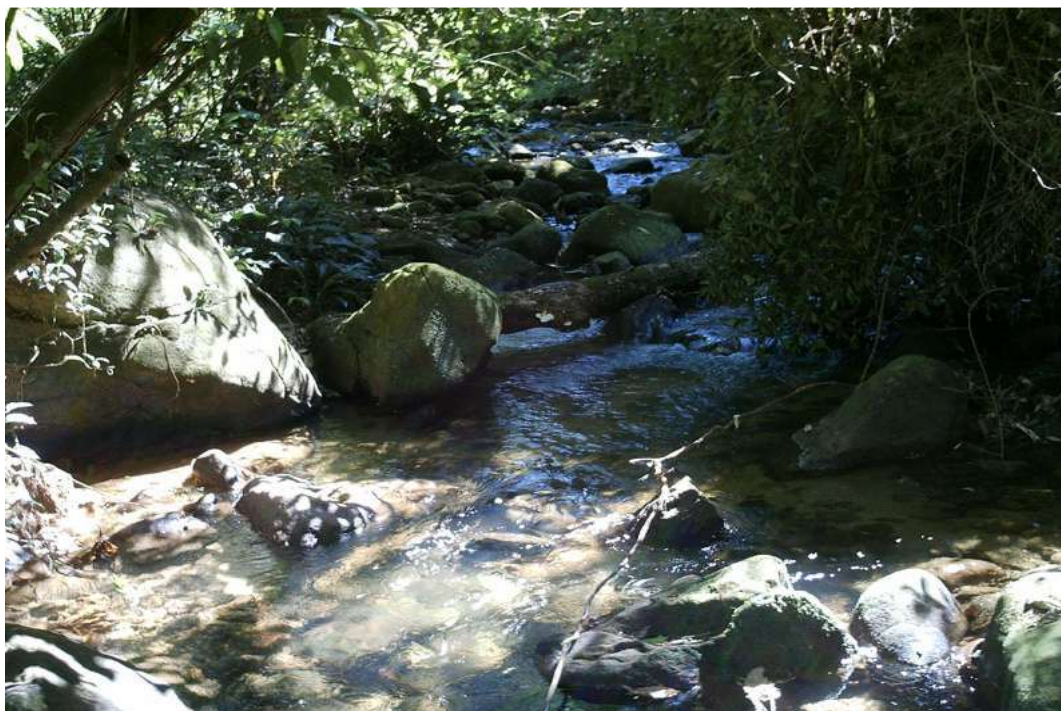


Fonte: Adaptado de INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2013b; INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS, 2006.

Na proposta de enquadramento figuram na Classe 1, por exemplo, os rios do Major Archer e do Mato Grosso, além de um pequeno trecho do rio Saracuruna, a jusante de sua barragem (Mapa 27). Neste caso, as águas de tais corpos hídricos ou de seus trechos se voltariam, dentre outras destinações, ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado.

As classes 2 e 3 contemplam o médio curso do rio Saracuruna, o canal de Santo Antônio, além do alto e médio curso do rio Taquara (Figura 90) e do canal da Constância. Dentre as destinações das águas assim classificadas cita-se o abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado.

Figura 90 – Rio Taquara, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Legenda: Médio curso do rio Taquara com mata ciliar e recurso hídrico preservado (aspecto visual).

Fonte: NÚCLEO INTERDISCIPLINAR DE MEIO AMBIENTE, 2008.

Por fim, na Classe 4, sem qualquer possibilidade de tratamento para abastecimento e consumo, figuram os rios e canais da porção de baixada da sub-bacia do rio Saracuruna, a exemplo do baixo curso do rio Saracuruna, do rio Roncador, do rio e vala do Farias, e do canal Taquara (Figura 91).

Figura 91 – Canal Taquara, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Legenda: Baixo curso do rio, já denominado “canal”. Percebem-se alterações na mata ciliar (presença de espécies invasoras - capim, construções e lixo) e recurso hídrico poluído (aspecto visual).

Fonte: O autor, 2013.

Como se observa no Mapa 27, a sub-bacia do rio Saracuruna conta com alguns reservatórios frutos de pequenas barragens no alto e médio curso de rios e represamento, a exemplo das represas da Taquara (em Imbariê) e de Saracuruna (em Xerém), evidenciando uma possível ocorrência de APPs ligadas ao entorno de reservatórios d’água artificiais. Ao todo são contabilizados na sub-bacia 22 (vinte e dois) pontos de barragem, sendo 4 (quatro) em Imbariê, 1 (um) em Petrópolis, e 17 (dezessete) em Xerém (vinculados, em grande parte, ao rio Saracuruna).

O reservatório da Taquara servia à fábrica de tecidos Nova América, que entrou em processo de falência nos anos 1980 e fechou em 2005, sendo atualmente administrado pela Companhia Estadual de Águas e Esgotos (CEDAE) para captação, tratamento, e distribuição de água. Segundo o NIMA (2009) em dias de verão chega a receber uma média de cinco mil pessoas que utilizam o reservatório como opção de lazer, gerando riscos e conflitos de usos (Figura 92).

Figura 92 – Prática irregular no Reservatório da Taquara, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Legenda: Na imagem percebe-se o entorno preservado do reservatório da Taquara (com vegetação arbóreo-arbustiva). No entanto, constata-se ainda a utilização irregular do reservatório d'água como local de lazer (banho) pela população local.

Fonte: ROCHA, 2011.

O reservatório de Saracuruna foi construído entre 1960 e 1962, com o objetivo de substituir a já existente barragem de Registro no fornecimento de água bruta para a Refinaria de Duque de Caxias⁵⁹. O seu sistema adutor corta os distritos de Xerém, Imbariê e Campos Elyseos, até atingir seu ponto de destino (SANTOS, 2006; SCHOR, 2006).

Em seu entorno, a represa conta com espécies nativas de mata fechada assim como áreas de clareira com vegetação rasteira (Figura 93). Segundo informações do NIMA, (2009), apesar de possuir um enorme potencial de uso como área de lazer (contemplativa), de conservação e de educação ambiental, a represa foi considerada pela equipe da Secretaria de Meio Ambiente de Duque de Caxias como o maior passivo ambiental do município na ocasião.

⁵⁹Inserida ao sul dos limites da sub-bacia do Saracuruna, a Refinaria de Duque de Caxias foi fundada em 1961, com o objetivo de abastecer os estados do Rio de Janeiro, do Espírito Santo e parte de Minas Gerais com derivados de petróleo. Sua capacidade de processamento a posiciona como a terceira maior refinaria de petróleo do país. Para garantir o processamento do petróleo e seus derivados a REDUC necessita da água advinda do reservatório do rio Saracuruna e rio Guandu (SCHOR, 2006; RIO DE JANEIRO, 2011a).

Figura 93 – Reservatório de Saracuruna, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Legenda: Entorno com vegetação preservada do reservatório de Saracuruna, entremeadado de campos com vegetação rasteira.

Fonte: NÚCLEO INTERDISCIPLINAR DE MEIO AMBIENTE, 2008.

A exploração dos recursos hídricos na parte superior da sub-bacia é compartilhada com a CEDAE, que tem prioridade para as captações do denominado Sistema Acari⁶⁰. A porção inferior da sub-bacia fica à jusante do ponto de captação da CEDAE.

Schor (2006) analisa que no período de estiagem há baixa contribuição para o reservatório de Saracuruna da parte superior da sub-bacia, uma vez que praticamente toda a água é utilizada pela 5ª adutora da CEDAE. Entretanto, a bacia incremental, localizada a jusante da captação da CEDAE, com 12,7 km², alimenta continuamente o reservatório utilizado pela REDUC.

Sobre a outorga à REDUC, Schor (2006, p. 80) defendeu, na ocasião de seu trabalho:

[...] a importância de se buscar a regularização [da vazão], através de estudos de manutenção da integridade física da barragem, redução de assoreamento no reservatório através da preservação das matas ciliares, redução da ocupação irregular das margens do rio e da realização de estudos mais aprofundados sobre o reservatório, tais como batimetria para se conhecer o volume real de água armazenada.

⁶⁰ Segundo IBAMA (2006), o Sistema Acari constitui-se no mais antigo sistema de suprimento de água da cidade do Rio de Janeiro, sendo constituído de 5 linhas de ferro que captam água de mananciais conhecidos como São Pedro, Rio do Ouro, Tinguá, Xerém e Mantiquira.

Schor (op. cit.) ainda propõe ações de reflorestamento de encostas, favorecendo a redução do transporte de sedimentos durante as chuvas e diminuindo o assoreamento detectado em alguns pontos do reservatório e do rio.

O autor supramencionado acredita ainda que o crescimento populacional da Baixada Fluminense pode impactar a REDUC sob vários aspectos, a exemplo do aumento do consumo de água, contribuindo para a disputa pelo insumo, e reduzindo a oferta de água na região. Outra problemática apresentada pelo autor relaciona-se ao fato de o tratamento do esgoto gerado na região não ser de 100% do volume gerado, aumento o volume de esgoto lançado sem tratamento nos mananciais da região, incluindo aqueles utilizados pela REDUC como fonte de abastecimento (SCHOR, 2006).

Devido à localização dentro da Rebio do Tinguá (Mapa 11, p. 254), os mananciais da sub-bacia do rio Saracuruna são relativamente preservados da ocupação e exploração irregular, o que garante às suas águas uma boa qualidade. Segundo a CEDAE (2010) a proteção da reserva é essencial para a conservação dos mananciais, além daqueles inseridos na sub-bacia, responsáveis pelo abastecimento de parte do Rio de Janeiro e de quase 80% da Baixada Fluminense, com benefício direto para a população que utiliza este recurso.

O denominado Sistema Mantiquira corresponde a uma linha adutora vinculada a um sistema maior de captação de água da CEDAE (Acari) abrigado parcialmente pela Rebio Tinguá, abastecendo uma população de cerca de 30.000 habitantes. No caso do Sistema Mantiquira, são dois os mananciais em questão, o rio Saracuruna, com nascente na reserva, e seu afluente Mato Grosso (ambos componentes da sub-bacia do Saracuruna e responsáveis pelo abastecimento da Unidade de Tratamento Mantiquira) (CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR, 2005; CEDAE, 2010).

De acordo com informações do relatório de diagnóstico sobre a proteção de mananciais, produzido pela Superintendência Estadual de Rios e Lagoas (SERLA, 1995), ligado ao Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do rio Iguaçu, o sistema Mantiquira era composto, em 1995, por sete captações⁶¹ com os nomes de Ribeiro, Meio, Fazenda, Hamilton, Aniceto, Guerra e Mantiquira, distribuídas por várias sub-bacias, e o início de sua operação data de 1908.

⁶¹ Segundo o Plano de Manejo da Rebio Tinguá nenhuma dessas captações se localiza no interior da reserva. No entanto o próprio plano indica que a área de captação Mantiquira faz parte do zoneamento de uso conflitante da Rebio (IBAMA, 2006).

Conforme indica o documento a área de drenagem do manancial foi considerada, de um modo geral, bem preservada, a exceção da barragem do Meio (Figura 94), que faz parte da sub-bacia do rio Saracuruna (sem localização exata). Sobre esta situação o relatório relata ainda que

A prefeitura de Petrópolis até recentemente mantinha um lixão localizado numa das vertentes da área de drenagem desse reservatório. Quando ocorria uma chuva forte, a enxurrada transportava lixo até o local da captação. Como resultado das solicitações da CEDAE e da prefeitura de Duque de Caxias, a prefeitura de Petrópolis transferiu o lixão para uma área próxima, cuja rede de drenagem converge para uma outra bacia. Entretanto, o lixão anterior, mesmo desativado, pode estar contaminando a drenagem com o chorume proveniente da decomposição anaeróbia da matéria orgânica depositada. Outro fator de comprometimento desse manancial é a ocupação das encostas das áreas próximas ao lixão. Além de ser uma ocupação ilegal, por estar na área de preservação permanente da Reserva Biológica do Tinguá, a ocupação das encostas íngremes gera erosão, transportando com as chuvas muito sedimento para o reservatório. Quando isso ocorre a CEDAE é obrigada a interromper a captação de água desse manancial (SERLA, 1995, p. 6).

Figura 94 – Reservatório da Barragem do Meio, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Legenda: Observa-se um início de assoreamento do reservatório em decorrência dos processos erosivos que vem ocorrendo com a ocupação das vertentes situadas à montante, no município de Petrópolis.

Fonte: SUPERINTENDÊNCIA ESTADUAL DE RIOS E LAGOAS, 1995, f. 25.

Dentre as demais captações do sistema, se destaca ainda a Mantiqueira (de mesmo nome do sistema) presente na sub-bacia do Saracuruna. Segundo o Plano de Manejo da Rebio do Tinguá (IBAMA, 2006), nessa zona são encontrados três pequenos represamentos, e além destes, fazem parte dessa zona, as áreas de entorno do reservatório, que sofrem freqüentes

manutenções para retirada de serrapilheira e matéria orgânica, assim como as estruturas funcionais da CEDAE.

5.6 Problemas ambientais na sub-bacia do rio Saracuruna e suas APPs

Conforme Carneiro, Cardoso e Azevedo (2008) revisam, na origem dos problemas ambientais, verificados em bacias da região da Baixada Fluminense, sempre se encontra ou uma legislação inadequada de uso do solo, ou, na grande maioria dos casos, o não cumprimento da legislação existente.

São elencadas pelos autores supramencionados as seguintes situações desfavoráveis, as quais, com base no exposto ao decorrer deste capítulo e, também nos trabalhos de Santos (2006) e Conceição e Dornelles (2011), podem ser vinculadas à realidade da sub-bacia do rio Saracuruna: a falta de infraestrutura urbana; a deficiência ou inexistência dos serviços de esgotamento sanitário e coleta de resíduos sólidos; o desmatamento das cabeceiras; a maciça exploração de jazidas minerais; a ocupação desordenada e ilegal de margens dos rios ou de planícies inundáveis; a obstrução ou estrangulamento do escoamento em decorrência de estruturas de travessia (pontes, tanto rodoviárias quanto ferroviárias e tubulações de água) e canalização; bem como a presença de muros e edificações que obstruem as calhas dos rios.

O processo histórico de ocupação e urbanização da região da Baixada Fluminense, como um todo, foi marcado pela proliferação de loteamentos sem infraestrutura. Segundo Rocha (2007, p. 8), “o surto de crescimento da população desencadeado ao longo da segunda metade do século XX atribui ao território um uso intenso e ‘desordenado’, que em sua maior parte não houve um amparo em infra-estrutura básica.”

No entanto, esta situação parece recorrente no histórico de ocupação deste território. Schor (2006) resgata que, ainda no século XIX, a urbanização não planejada da região da Baixada Fluminense resultou em desmatamentos excessivos das margens dos rios, obstruiu corpos hídricos e causou transbordamentos, o que, no futuro, favoreceu o surgimento de diversos problemas sócio-ambientais, como por exemplo, as epidemias, afastando os senhores de terra e interrompendo o crescimento econômico trazido pela agricultura e rotas exploratórias.

A ocupação inadequada e os ciclos econômicos que se sucederam na área refletem os graves problemas ambientais e sociais que se verificam atualmente na bacia do rio Estrela e sua compartimentação, a sub-bacia do rio Saracuruna (IBG, 2002).

Como visto o início da área de planície e a baixada da sub-bacia do Saracuruna coincidem com a presença de núcleos urbanizados. Sobre esta faixa de terreno destaca-se que:

[...] as inundações são decorrentes, principalmente, da baixa declividade e de estrangulamentos, além de canalizações que alteraram significativamente seus hidrogramas de cheias. Nessas áreas de baixada o regime torrencial das chuvas, associado a pontos de estrangulamento e ângulos de confluência alterados pela ocupação inadequada bem como as cotas baixas das áreas marginais junto a BR-116 provocam inundações freqüentes [...]. (CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR, 2004, p. 183).

A expansão da urbanização às margens de rios, por, predominantemente, população de baixa renda, agravou os problemas relativos às inundações tanto pela retirada da vegetação ciliar (protetora das margens dos rios), como pela exposição ao risco. Revela-se ainda que, a mata ciliar na sub-bacia do Saracuruna encontra-se expressiva apenas no alto curso dos rios e com remanescentes em médio curso (CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR, 2005).

Neste sentido, pode-se pontuar que as faixas destinadas à preservação permanente às margens de rios da sub-bacia do rio Saracuruna encontram-se bastante descaracterizadas quanto à sua(s) função(ões) ambiental(ais), principalmente em porções de baixada, onde os rios, além de poluídos, possuem sua dinâmica alterada. IBAMA (2006), por exemplo, considera o próprio rio Saracuruna, de maior extensão na sub-bacia um canal artificial.

Conforme consta em IBG (2002), com base em dados da antiga Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA)⁶² para o período de 1995 e 1999, a poluição predominante no rio Saracuruna é a agrotóxica com violações aos padrões mínimos de qualidade. O estudo indica também que a qualidade é ainda pior nos rios Inhomirim e Estrela, com predominância da poluição industrial e doméstica, respectivamente. Cabe ressaltar que, o rio Estrela recebe uma carga de contribuição dos rios Saracuruna e Inhomirim, e de seus tributários. O próprio rio Saracuruna corta uma significativa aglomeração urbana, bem representada pelo Distrito de Campos Elyseos, o qual vem se expandindo (em termos de ocupação), nos últimos anos. Algumas destas localidades possuem um baixo percentual de

⁶²Atualmente o INEA faz o controle da qualidade das águas dos rios da bacia nos pontos de amostragem: Estrela (ES-400), Inhomirim (IN-460) e Saracuruna (SC-420) e os resultados das análises são divulgados periodicamente.

infraestrutura sanitária. Sendo assim, pode-se inferir que a sub-bacia do Saracuruna possui também um potencial de poluição doméstica em seus corpos hídricos.

A poluição de rios e canais envolve outros problemas relacionados, tais como a expansão de vetores de doença e de espécies invasoras. Segundo Santos (2006) o aguapé, por exemplo, é um das plantas comuns em brejos da sub-bacia (Figura 95) e que, atualmente, se prolifera em grandes extensões nos canais e rios que recebem os esgotos domésticos nesta compartimentação.

Figura 95 – Presença de aguapé no rio da Figueira, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Legenda: O aguapé se plorifera no corpo hídrico em questão (afluente do rio Roncador), altamente poluído (aspecto visual), localizado junto à porção brejosa em Imbariê.

Fonte: O autor, 2013.

Próximo a Baía de Guanabara, concentram-se áreas de manguezal, importante ecossistema costeiro, e suas APPs associadas, porém sob forte pressão da proximidade com atividades urbanas e industriais, principalmente em Duque de Caxias.

Segundo Soares et. al. (2011), por todo o trecho nordeste da baía de Guanabara encontra-se uma faixa de manguezais que se estende do rio Saracuruna até a localidade de Mauá no município de Magé. Essa área é caracterizada por uma planície lamosa de

manguezais degradados, sendo a porção continental em parte urbanizada e em parte ocupada por relevo íngreme.

Nos manguezais do rio Estrela podem ser encontradas as espécies características como mangue branco, mangue preto e mangue vermelho. Ao longo das suas margens é identificada a presença de grandes clareiras e a ocorrência de exemplares de samambaia do brejo e algodoeiro da praia, formando moitas ou isoladamente, que são indicativos de alterações ambientais (SILVEIRA e TRIERVEILER, 2012).

Neste sentido, o manguezal que se estende até a sub-bacia do rio Saracuruna configura-se altamente degradado e sem parte da cobertura vegetal original sendo limitado em um trecho por área urbanizada (SOARES et. al., 2011).

Como visto, a sub-bacia também possui suas terras parcialmente inseridas no município de Petrópolis, o qual integra um contexto de ocupação físico-territorial e humano diferenciado da Baixada Fluminense. No entanto, alguns problemas também podem ser apontados e vinculados de maneira mais específica a esta porção.

O município de Petrópolis, como um todo, vem sofrendo, assim como outros municípios de sua região, com desastres naturais de grandes proporções com relação à perda de vidas humanas em deslizamentos de terra e inundações ocorrentes especialmente em encostas íngremes e vales de rios encaixados, por exemplo. A ocupação desfavorecida em áreas de risco é comum neste município, e pode ser explicada como áreas de segregação sócio-espacial, marginal à cidade formal (BRASIL, 2011a; GONÇALVES e GUERRA, 2006).

Considerando especificamente a área da sub-bacia pode-se atentar para os conflitos existentes nas UCs que recobrem esta e outras porções da sub-bacia (ao norte). Segundo IBAMA (2006) na Rebio do Tinguá os principais problemas se relacionam às áreas de invasão, à extração vegetal, bem como à controvérsia por parte da administradora da Represa de Saracuruna (REDUC) sobre os limites da Rebio⁶³.

Já na APA de Petrópolis, segundo Paiva (2010), a ocupação não necessariamente tem sido promovida de forma ordenada, comprometendo os recursos naturais e deflagrando riscos ambientais. Segundo IBAMA (2007) dentre as atividades conflitantes na APA constam a expansão da ocupação em APP, a especulação imobiliária, a exploração de pedreiras, a extração de produtos da flora, a caça predatória, dentre outras.

⁶³ Em 21 de outubro de 2005 foi assinado um Termo de Ajustamento de Conduta entre Petrobras e Ibama, através do Ministério Público Federal, que prevê a recuperação de áreas degradadas dentro da Rebio, além da doação de aparelhos para a comunicação, como forma de compensação ambiental (IBAMA, 2006, p. 3-146).

A exploração de pedreiras na sub-bacia envolve terrenos dentro e fora de Ucs. Segundo Santos (2006) os morros são locais preferíveis para a exploração mineral (áreas de empréstimo), o que os torna suscetíveis aos processos erosivos e, conseqüentemente, uma fonte potencial de sedimentos para os cursos d'água, já muito assoreados.

A própria ocupação por edificações, ruas e outras construções humanas têm favorecido ao surgimento de cicatrizes de erosão às margens de rios (Figura 96), em seu alto e médio curso. Isto se deve à retirada de vegetação e exposição dos materiais ao trabalho de escavação dos rios e ao carreamento do solo via escoamento superficial.

Figura 96 – Cicatrizes de erosão às margens do rio Saracuruna, RJ



Legenda: As setas em vermelho indicam as cicatrizes de erosão junto às marges do rio Saracuruna, em seu médio curso, Distrito de Xerém. Apesar da presença de vegetação na calha do rio o mesmo não ocorre em direção aos limites da faixa marginal, ocupada por pavimentação.

Fonte: O autor, 2013.

Costa et. al. (1995, p. 493) constataram, em um diagnóstico ambiental na sub-bacia, a ocorrência de processos erosivos em áreas onde a cobertura florestal foi retirada e nas margens do reservatório da REDUC. Os autores assim atestam “as causas destes processos advêm, inicialmente, da própria construção da barragem, agravadas posteriormente, por ações predatórias que vêm ocorrendo na bacia hidrográfica contribuinte.”

As intervenções humanas ao norte contribuem ainda para a degradação dos recursos hídricos e seu aproveitamento. Segundo Santos (2006, p. 61) na sub-bacia do rio Saracuruna, “as agressões observadas ao ambiente, e em especial aos recursos hídricos, provém principalmente da desordenada ocupação do seu solo”, com sério comprometimento quanto à disponibilidade e qualidade da água de abastecimento do sistema Mantiquira.

Por exemplo, as nascentes dos tributários do rio Mato Grosso (sub-bacia do rio Saracuruna), componente do manancial Mantiquira, situam-se em áreas com ocupação em Petrópolis, o que prejudica o seu aproveitamento. Ressalta-se que a exploração de nascentes pela população como alternativa ao sistema público é comum em várias localidades (CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR, 2005). Neste sentido, revelam-se questões voltadas à intervenção em faixas de entorno de nascentes e suas consequências.

Todas as situações frente ao cenário ambiental apresentado apontam para uma realidade concreta: há uma grande diversidade de áreas com características correspondentes àquelas definidas pela lei do Código Florestal, com função ambiental específica aos ecossistemas seus naturais, inseridas em um contexto histórico-social peculiar que se reflete na composição urbana dos municípios que integram o recorte espacial analisado. Assim, tais áreas, entendidas juridicamente como de preservação permanente, podem variar em nível de conservação pela extensão do território da sub-bacia do Saracuruna.

Múltiplas situações podem emergir a partir desta realidade, pois a forma de apropriação irregular do solo urbano por esta população, reconhecida como, em sua maioria, de baixa renda, e os seus impactos associados, podem variar em cada categoria de APP (CONCEIÇÃO e DORNELLES, 2012).

5.7 Instrumentos e planos e gestão incidente às APPs da sub-bacia do rio Saracuruna

Devem ser entendidas como normas principais diretamente relacionadas ao instituto das APPs na sub-bacia do rio Saracuruna: o Código Florestal de 2012, o qual configura a política máxima sobre a matéria específica (APPs), envolvendo diretrizes sobre os limites e ordenamento destas faixas, a serem obedecidos nos mais diferentes níveis e situações territoriais, em nível federal; a lei definidora das Áreas de Interesse Especial do Estado, no âmbito do território fluminense, a qual versa sobre a delimitação das áreas Especiais, dentre elas as correspondentes às faixas de APP do Código Florestal ligadas à drenagem, lançando

bases para a delimitação e o tratamento das FMPs (atualmente responsabilidade do INEA), bem como delegando as normas para a sua ocupação aos órgãos estaduais de planejamento.

O INEA possui competência no que se refere à demarcação de FMPs e autorização quanto à supressão da vegetação em APPs. Especificamente sobre as FMPs, atua a denominada “Gerência de Hidrologia e Hidráulica, Faixas Marginais e Outorga”, vinculada à Diretoria de Licenciamento Ambiental (DILAM) e mantendo controle sobre o Serviço de Demarcação de Faixa Marginal de Proteção (SEDEMA).

Além das políticas que versam diretamente sobre o tema, são elencadas as políticas não-específicas, mas com influência direta sobre o estado do meio ambiente das APPs e sua gestão territorial em âmbito local na sub-bacia do rio Saracuruna, e planos associados, sendo estes considerados como de enfoque em “uso e ocupação em APPs” (Quadro 6). Por outro lado, elencam-se ainda junto ao quadro 6 as políticas e planos transversais incidentes na sub-bacia, com enfoque nas funções ambientais das APPs e com potencial para a articulação de ações dos atores envolvidos.

Quadro 6 - Legislações não-específicas e transversais às APPs, e planos associados com influência na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ (continua)

Enfoque	Lei(s)	Planos (nível de gestão)			
		Federal	Estadual	Intermunicipal	Municipal
Uso e ocupação em APPs	Estatuto da Cidade (Lei nº 10.257 de 2001)				Planos diretores de Magé, Duque de Caxias e Petrópolis
	SNUC (Lei nº 9.985 de 2000)	Planos de manejo da APA de Petrópolis e da Rebio do Tinguá			Planos de manejo das UCs de Duque de Caxias (não disponíveis)
Funções ambientais das APPs	Políticas nacional (Lei nº 9.433 de 1997) e estadual (Lei nº 3.239 de 1999) de recursos hídricos	Plano Nacional de Recursos Hídricos	Plano Estadual de Recursos Hídricos - RJ (em andamento)	Plano Diretor de Recursos Hídricos da Baía de Guanabara	

Quadro 6 - Legislações não-específicas e transversais às APPs, e planos associados com influência na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ (conclusão)

Enfoque	Lei(s)	Planos (nível de gestão)			
		Federal	Estadual	Intermunicipal	Municipal
Funções ambientais das APPs	Política Nacional da Biodiversidade (Decreto nº 4.339 de 2002)	PAN - Bio			
	Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (Lei nº 12.608 de 2012)	Plano Nacional de Proteção e Defesa Civil (a ser elaborado)	Plano Estadual de Proteção e Defesa Civil (a ser elaborado)		Planos de Contingência de Proteção e Defesa Civil de Magé, Duque de Caxias e Petrópolis (em andamento)

Fonte: O autor, 2013.

Com enfoque no uso e ocupação do solo, citam-se as políticas não-específicas às APPs, as quais influenciam, por um lado, sobre a institucionalização de instrumentos em potencial ao ordenamento das mesmas frente a distintas situações de descaracterização, como é o caso do Estatuto da Cidade, oferecendo subsídios para o desenvolvimento urbano em harmonia com a proteção do meio ambiente nas cidades, considerando, por exemplo, o respeito aos limites e a recuperação de APPs; ou, por outro lado, influenciam sobre o contexto territorial e ambiental de inserção e preservação destas faixas, a exemplo do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), que doutrina sobre a criação de UCs. Em associação a estas políticas emergem os planos para o direcionamento das ações e manejo dos recortes territoriais influenciados sobre estes.

Relacionados ao Estatuto da Cidade, encontram-se disponíveis os planos diretores dos municípios de Duque de Caxias, Magé e Petrópolis, com influência sobre a sub-bacia do rio Saracuruna.

O município de Duque de Caxias possui seu Plano Diretor disponibilizado através de sua câmara municipal. A análise do capítulo I, referente à política ambiental, deste documento, denota a percepção de um quadro em que se almeja o (re)ordenamento territorial a partir da compatibilização do atendimento às normas ambientais gerais. Em relação à apropriação da legislação e definição estratégica de APPs, o Plano analisado contempla as

mesmas definições de APP e larguras lançadas pelo Código Florestal então vigente (DUQUE DE CAXIAS, 2006).

O Plano Diretor de Duque de Caxias aborda ainda outro instrumento previsto no Estatuto da Cidade: o zoneamento ambiental. Segundo o plano as denominadas Zonas Especiais de Interesse Ambiental (ZEIAs) constituem instrumento fundamental de gestão territorial da política ambiental municipal, devendo ser implementadas ações necessárias ao seu manejo ambiental, à sua consolidação e conservação.

No entanto, como denuncia a Federação de Órgãos para a Assistência Social e Educacional (FASE, 2009) a metodologia empregada na elaboração do Plano não privilegiou a identificação de conflitos nem a criação de diagnósticos capazes de orientar a aplicação dos instrumentos e estratégias previstas no Estatuto da Cidade, a fim de reverter processos contrários à função social da propriedade e da cidade. A avaliação realizada pela FASE (op. cit., p. 10) complementa que “as questões relativas à política do uso do solo não foram debatidas no Plano Diretor.”

O Plano Diretor do Município de Magé possui como princípios a função social da cidade, a função social da propriedade e a sustentabilidade ambiental. Nesta perspectiva, o plano contempla um capítulo contendo diretrizes voltadas à preservação ambiental e oportunidades trazidas pela geomorfologia e biodiversidade em seu território (a exemplo do turismo), sem, no entanto, aprofundar a gama de questões relacionadas à necessidade de preservação e delimitação de espaços estratégicos à cidade “sustentabilidade” em seu território (MAGÉ, 2006).

Sobre as faixas de APP, o plano se limita a criar diretrizes relacionadas ao denominado Plano Diretor Municipal de Drenagem Urbana, envolvendo a adequação das FMPs de todos os cursos d'água, considerando a calha necessária para as vazões máximas, e a manutenção ou recomposição da vegetação marginal.

Com relação ao zoneamento ambiental, o Plano Diretor de Magé não define de fato as áreas de especial interesse ambiental, deixando tal possibilidade a cargo de legislação complementar específica. Sobre tal situação a Fundação Bento Rubião (2009, p. 9) versa:

O Plano não estabelece limites para a expansão urbana, nem para ocupação dos vazios no interior da área urbanizada. [...] O Plano não é auto-aplicável, pois precisa ser regulamentado por: Leis Complementares, Leis Ordinárias, Decretos, Ordens de Serviço ou Portarias e remete à elaboração das leis específicas que tratam do controle do crescimento urbano do município e a elaboração de Planos Setoriais.

Apesar das lacunas, o plano ressalta que a Política Municipal de Meio Ambiente é definida pelo Código Ambiental de Magé, o qual organiza e apresenta seus princípios, objetivos e conceitos gerais.

O município de Petrópolis define em seu Plano Diretor, em processo de atualização, alguns objetivos estratégicos, dentre eles a compatibilização entre o desenvolvimento urbano e rural e a proteção ao meio ambiente natural e construído, com particular ênfase dos mananciais de abastecimento e demais recursos hídricos. No capítulo que versa sobre a legislação ambiental este objetivo é reforçado ao se indicar a composição de um grupo de leis ligadas à proteção de nascentes, rios e lagos, bem como da flora. No entanto, tais leis não são detalhadas e nem associadas a temas de interesse (PETRÓPOLIS, 2005).

O plano supracitado define ainda instrumentos para o planejamento de seu território, a exemplo do zoneamento ambiental. Porém, o plano se limita ao estabelecimento de diretrizes a serem cumpridas, como por exemplo, o levantamento, avaliação e/ou delimitação das áreas de interesse especial para a preservação, em função de seu valor ambiental, sem a definição prática de tais zonas em seu território.

No que se refere à atualização do plano, o documento relacionado a minuta do Projeto de Lei garante que não serão passíveis de parcelamento, edificação ou utilização compulsórios, os imóveis que se encontrem em APPs (PETRÓPOLIS, 2011).

Para a implementação das diretrizes contidas nos planos acima mencionados, com ênfase para a problemática das APPs em meio urbano, deve-se atentar para a atuação dos órgãos municipais:

- Prefeitura de Duque de Caxias: Secretaria de Articulação Institucional; Secretaria de Habitação; Secretaria de Meio Ambiente e Agricultura; Secretaria de Obras e Urbanismo; Secretaria de Integração, Segurança Pública e Defesa Civil;
- Prefeitura de Magé: Secretaria de Planejamento; Secretaria de Habitação; Secretaria de Urbanismo; Secretaria de Obras; Secretaria de Turismo e Meio Ambiente; Defesa Civil; Secretaria de Desenvolvimento e Agricultura;
- Prefeitura de Petrópolis: Secretaria de Obras; Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável; Coordenadoria de Defesa Civil; Secretaria de Planejamento e Urbanismo; Secretaria de Habitação.

Relacionados ao SNUC temos disponíveis os planos de manejo das UCs federais parcialmente inseridas na sub-bacia do rio Saracuruna: a APA de Petrópolis e a Rebio do Tinguá, geridas pelo IBAMA. Apesar da gestão federal, os planos possuem aplicação local contendo contextualização, análise e planejamento das UCs frente à sua realidade territorial e ações previstas, inclusive, para a preservação e recuperação de APPs.

O Plano de Manejo da APA de Petrópolis apresenta como norma geral, por exemplo, a preservação ou, se necessária, a restauração da vegetação nativa das APPs inseridas em seu interior. O plano contempla ainda a necessidade de estabelecimento de um programa de fiscalização priorizando ações voltadas ao cumprimento de exigências ambientais e da legislação relativa às APP (IBAMA, 2007).

Para a zona de amortecimento da Rebio do Tinguá (adaptada à realidade territorial do entorno da UC, excluindo, por exemplo, assentamentos urbanos consolidados) são previstas a conservação ou recuperação de APPs, conforme as disposições legais vigentes, promovendo a fiscalização necessária por meio de “ações gerenciais gerais externas”, com apoio da Delegacia de Proteção ao Meio Ambiente. Dentre outras ações previstas no programa de proteção à zona de amortecimento, cita-se ainda a delimitação das APPs em SIG como instrumento de manejo (IBAMA, 2006).

Os planos de manejo das UCs municipais inseridas na sub-bacia (Rebio do Parque Equitativa, Parque Natural da Caixa D’água e Parque Natural da Taquara), geridas pela Secretaria de Meio Ambiente de Duque de Caxias, não se encontram disponíveis.

Dentre as políticas transversais, as quais compartilham interesse direto sobre as funções ambientais das APPs, citam-se a Política Nacional de Recursos Hídricos, a Política Nacional da Biodiversidade, e a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil.

A Política Nacional de Recursos Hídricos fomentou a geração de Planos de Recursos Hídricos para sua efetiva implementação e gerenciamento da matéria. Estes planos prevêm ações sobre a função ambiental das APPs ligada a preservação dos recursos hídricos, majoritariamente.

O Plano Nacional de Recursos Hídricos apresenta macrodiretrizes a serem desdobradas nos planos de aplicação regional, e que se relacionam à temática das APPs inseridas na sub-bacia do rio Saracuruna, dentre estas pode se destacar o enfoque sobre ações de conservação que promovam a integridade dos ecossistemas aquáticos, assim como as funções representadas pelo papel estratégico das florestas e das áreas protegidas na melhoria do regime hídrico. No que se refere às situações associadas às interferências em APPs são previstas ações, a serem executadas pela ANA, relativas à revitalização de bacias, incluindo a

recuperação de matas ciliares e várzeas, a proteção e a recuperação das áreas de nascentes, em casos prioritários (BRASIL, 2006b; c).

O Plano Estadual de Recursos Hídricos do Rio de Janeiro se encontra em processo de elaboração e finalização⁶⁴. A Política de Recursos Hídricos atua com base na visão de bacia e gestão ambiental integrada, ou seja, facilita a articulação intermunicipal na gestão de APPs a partir da constituição dos comitês de bacia.

Vinculado à Política Estadual de Recursos Hídricos, em nível regional, na RHBG+SLMJ atua o Comitê da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara e dos Sistemas Lagunares de Maricá e Jacarepaguá (CRHBG+SLMJ). Seu plenário é composto por 15 (quinze) membros Usuários de Água, dentre os quais se destaca a CEDAE; 15 (quinze) membros da Sociedade Civil, e 15 (quinze) membros do Poder Público, dentre os quais se destacam, em nível estadual, o INEA/SEA. O Comitê integra ainda distintas Câmaras Técnicas, a saber: “Instrumentos e gestão”; “Institucional e legal”; “Análise de projetos”; “Educação ambiental e mobilização”. Mais especificamente, na área da sub-bacia, atua o Sub-Comitê da Região Hidrográfica drenante para a Baía de Guanabara – Trecho Oeste.

Segundo o regimento interno do CRHBG+SLMJ, dentre os objetivos do referido Comitê destacam-se: o de “promover, em sua área de atuação, o gerenciamento descentralizado, participativo e integrado, sem dissociação dos aspectos quantitativos e qualitativos dos recursos hídricos”; e o de “identificar as causas e efeitos adversos da poluição, dos desmatamentos, das inundações, das estiagens, da erosão do solo e do assoreamento dos corpos hídricos nas áreas silvestres, rurais e urbanas da sua área de atuação.” (COMITÊ DE BACIA DA BAÍA DE GUANABARA, 2010, p. 2). Tais objetivos mantêm proximidade com a questão da importância da integração entre as políticas territoriais e esferas de governo, e com a avaliação integrada do meio ambiente.

Em relação às APPs, e especificamente àquelas às margens de rios, é de competência do Comitê, segundo seu regimento, a implementação de ações conjuntas com o organismo competente do Poder Executivo, visando à definição, a demarcação e aplicação dos critérios de preservação, recuperação, e uso de FMPs dos rios, lagoas, canais e reservatórios.

O Plano Diretor de Recursos Hídricos da Baía de Guanabara, o qual configura o plano de bacia da RHBG+SLMJ, prevê sua implementação a partir de, por exemplo, utilização de “processos de controle e monitoramento para a proteção e conservação dos mananciais, ainda

⁶⁴ O desenvolvimento do Plano Estadual de Recursos Hídricos teve início em 2011 com base em contrato firmado entre a Fundação COPPETEC e o INEA, contando com alguns produtos já disponíveis, como o relatório diagnóstico do plano (RIO DE JANEIRO, 2013a).

disponíveis, e, para a administração dos problemas responsáveis pela poluição das águas, inundações, erosão dos solos e assoreamento dos corpos hídricos.” (CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR, 2005, p. 16). Nesta perspectiva, são elencados, junto ao plano, distintos programas e atividades relacionadas, os quais possuem potencial de incidência sobre as APPs da sub-bacia do rio Saracuruna.

Os investimentos (recursos financeiros), necessários para implementação dos programas previstos no plano de bacia, na ocasião de seu lançamento, são compartilhados entre a administração direta estadual (atualmente INEA/SEA), a CEDAE e os municípios componentes da região. No plano é ressaltado ainda que as repercussões financeiras sejam compatíveis com as respectivas realidades orçamentárias dos órgãos envolvidos.

A Política Nacional da Biodiversidade possui como produto principal, até o momento, o denominado “Diretrizes e Prioridades do Plano de Ação para Implementação da Política Nacional da Biodiversidade (PAN-Bio)”, em âmbito nacional, se vinculando, no que se refere às APPs, essencialmente à função ambiental de preservação da biodiversidade.

O plano prevê ações vinculadas ao monitoramento, avaliação, prevenção e mitigação de impactos sobre a biodiversidade. Dentre estas, citam-se: a criação e implementação de mecanismos de apoio técnico e financeiro para as atividades de monitoramento, fiscalização e recuperação de APPs, integrando ações nas três esferas de governo, tendo como potencial executor e articulador o MMA; bem como o fomento às atividades de restauração e recuperação de áreas, priorizando a conectividade de fragmentos e de APPs, considerando o uso de espécies nativas (BRASIL, 2006d).

Por fim, a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil contempla a elaboração de planos em diferentes níveis de abrangência e incidentes à sub-bacia do rio Saracuruna (nacional, Estado do Rio de Janeiro, e municípios de Duque de Caxias, Magé e Petrópolis). Tais planos possuem forte inclinação ao estabelecimento de diretrizes e ações voltadas às APPs da sub-bacia no que se refere à sua função ambiental de assegurar o bem estar das populações humanas, em medida de zoneamento de riscos naturais e fiscalização quanto a não ocupação destas faixas.

Pelo fato da política acima mencionada ter sido recentemente promulgada (em 2012) as referências aos seus planos ainda são escassas. Além das defesas civis dos municípios, a execução dos futuros planos (municipais e estadual) deverá contar com expressiva participação da Secretaria Nacional de Defesa Civil e da Secretaria de Estado de Defesa Civil do Rio de Janeiro (SEDEC).

6 RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos frente à adaptação do modelo *PEIR* para avaliação ambiental integrada de APPs, com aplicação na sub-bacia do rio Saracuruna. Em um primeiro momento apresenta-se a carta-síntese de avaliação integrada de APPs, a qual contempla indicadores de pressão, estado, impacto e resposta em potencial para a composição de ciclos avaliativos. Ressalta-se que tais ciclos se baseiam na sequência lógica do modelo *PEIR* integrada à ordem sequencial exemplificativa das funções ambientais para grupos de categorias de APP, de forma que cada indicador represente uma função ambiental. Para cada grupo de APP (associadas à drenagem e ao relevo de altitude) será associado um ciclo aplicado, contendo, cada um, 4 (quatro) indicadores efetivamente mensurados, frente à disponibilidade e ao levantamento de dados desagregáveis, classificados frente aos componentes da matriz. Outros ciclos, parcialmente aplicados, serão revistos para cada grupo de APP e para a categoria de manguezal, a fim de se demonstrar as possibilidades frente ao modelo adaptado, contemplando informações gerais que justifiquem a sua inserção na composição do ciclo. Ressalta-se ainda que, apenas os ciclos aplicados irão subsidiar a elaboração do mapeamento-síntese da situação das APPs para cada grupo, com potencial para a tomada de decisão.

6.1 Indicadores selecionados

A carta-síntese de indicadores de avaliação integrada de APPs na sub-bacia do rio Saracuruna possui um elenco de 40 (quarenta) indicadores, distribuídos em número igual, ou seja, 10 (dez), para cada componente do modelo *PEIR* (Quadro 7).

Os grupos de pressão e impacto possuem um total de 60% dos indicadores diretamente vinculados ao tema, e 40% *transversais*. Já os grupos de estado e resposta abarcam um maior percentual de indicadores diretamente vinculados ao tema (70% contra 30% de indicadores *transversais*).

Quadro 7 – Carta-síntese de indicadores de avaliação integrada de APPs na sub-bacia do rio Saracuruna – RJ, diretamente e *transversalmente* ligados ao tema

INDICADORES			
PRESSÃO	ESTADO	IMPACTO	RESPOSTA
<i>Crescimento do número de domicílios</i>	Uso do solo	<i>Contaminação e degradação hídrica</i>	Plano diretor urbano
<i>Densidade de domicílios</i>	<i>Adequação / Inadequação de moradias</i>	<i>Escassez de água</i>	Plano de bacia hidrográfica
<i>Rendimento da população residente</i>	Qualidade ambiental das terras	Áreas críticas de inundação	Agenda 21 local
Redução de cobertura vegetal	Superfície em assentamentos urbanos formais e informais	<i>Incidência de doenças por veiculação hídrica</i>	Fiscalização ambiental
Evolução da área urbana em encostas	Cobertura vegetal nativa	Áreas de risco de escorregamentos ou desmoronamentos	Ampliação da cobertura vegetal
<i>Acesso à infraestrutura sanitária</i>	<i>Disponibilidade hídrica</i>	<i>Áreas de erosão e assoreamento</i>	<i>Interferências sobre o tipo de habitação</i>
Estabelecimentos industriais que exercem atividades potencialmente poluidoras	Impermeabilização do solo	Perda de amenidades ambientais	<i>Recursos financeiros para o meio ambiente</i>
Terras destinadas a culturas temporárias e permanentes	Susceptibilidade à erosão e capacidade de uso	Danos aos ecossistemas	Áreas de risco recuperadas
Usos predominantes dos recursos	Sítios contaminados	Perda de biodiversidade	Áreas protegidas
Alteração de áreas naturais por áreas antrópicas	<i>Qualidade das águas</i>	Áreas degradadas	<i>Atendimentos da Defesa Civil relacionados ao meio ambiente</i>

























































Legenda: Os indicadores das células em cinza são *transversalmente* ligados ao tema.

Fonte: O autor, 2013.











































































Com base no conjunto de indicadores diretamente e *transversalmente* ligados ao tema pertencentes à Carta-síntese, foram selecionados 26 (vinte e seis) para a geração, composição e interpretação de 6 (seis) ciclos parcialmente aplicados em APPs em geral e 2 (dois) ciclos aplicados na sub-bacia em estudo. Tais indicadores, além de relevantes no contexto geral de cada grupo a qual se associam, expressam a necessidade de uma maior abrangência das informações tornando os ciclos menos fechados. No entanto, cumpre dizer que todos os indicadores da carta-síntese possuem potencial de utilização em ciclos *PEIR* voltados à avaliação de APPs, sob diferentes perspectivas, e são relevantes no contexto da sub-bacia.












Dentre os indicadores selecionados (Quadro 8), 18 (dezoito), ou cerca de 70% com relação ao total, são diretamente relacionados ao tema. Os grupos de pressão e estado estão representados por um total de 7 (sete) indicadores cada; e os de impacto e resposta, 6 (seis). Com relação ao número de indicadores efetivamente mensurados, os grupos de pressão e resposta possuem um total de 5 (cinco) indicadores cada; o grupo de estado possui 4 (quatro); já o grupo de impacto possui apenas 2 (dois).

Quadro 8 – Indicadores selecionados e vínculos com as funções ambientais das APPs (continua)

Situação	Indicadores e vínculos com funções ambientais das APPs
Efetivamente mensurados	1) <i>Crescimento do número de domicílios</i>  
	2) <i>Rendimento da população residente</i>  
	3) <i>Evolução da área urbana em encostas</i>      
	4) <i>Acesso à infraestrutura sanitária</i>   
	5) <i>Alteração de áreas naturais por áreas antrópicas</i>       
Com potencial para mensuração	6) <i>Redução de cobertura vegetal</i>       
	7) <i>Usos predominantes dos recursos</i>       
Efetivamente mensurados	8) <i>Uso do solo</i>       
	9) <i>Qualidade ambiental das terras</i>    
	10) <i>Superfície em assentamentos urbanos formais e informais</i>    
	11) <i>Impermeabilização do solo</i>       

Quadro 8 – Indicadores selecionados e vínculos com as funções ambientais das APPs (conclusão)

Situação	Indicadores e vínculos com funções ambientais das APPs
Com potencial para mensuração	12) <i>Disponibilidade hídrica</i>    
	13) Susceptibilidade à erosão e capacidade de uso    
	14) <i>Qualidade das águas</i>    
Efetivamente mensurados	15) Áreas críticas de inundação    
	16) Áreas de risco de escorregamentos ou desmoronamentos    
Com potencial para mensuração	17) <i>Escassez de água</i>    
	18) <i>Áreas de erosão e assoreamento</i>     
	19) Danos aos ecossistemas     
	20) Perda de biodiversidade    
Efetivamente mensurados	21) Plano diretor urbano       
	22) Plano de bacia hidrográfica       
	23) Agenda 21 Local       
	24) Áreas de risco recuperadas    
	25) Áreas protegidas      
Com potencial para mensuração	26) <i>Interferências sobre o tipo de habitação</i>     

Legenda: 1 - () Pressão; () Estado; () Impacto; () Resposta;
 2 - Em *itálico*: indicadores *transversalmente* vinculados ao tema;
 3 - () Preservar os recursos hídricos; () Preservar a paisagem; () Preservar a estabilidade geológica; () Preservar a biodiversidade; () Facilitar o fluxo gênico da fauna e flora; () Proteger o solo; () Assegurar o bem-estar das populações humanas.

Fonte: O autor, 2013.

Os indicadores selecionados possuem, em sua maioria (85%), vínculos com mais de metade das funções ambientais elencadas pelo Código Florestal, o que garantiu flexibilidade na composição de ciclos *PEIR*, aplicados ou parcialmente aplicados, integrados à ordem-

sequencial exemplificativa das funções ambientais no contexto da sub-bacia do rio Saracuruna (APÊNDICE D).

Sendo assim, os ciclos propostos refletem a integração lógica entre os indicadores frente ao modelo *PEIR* e à hierarquização das funções ambientais por grupos de APPs. Os ciclos aplicados possuem indicadores de pressão, estado e impacto associados, a princípio, às primeiras ordens das funções ambientais, de maneira sequencial. Nos ciclos parcialmente aplicados os indicadores estão integrados sob a mesma perspectiva de ordenamento exemplificada (APÊNDICE D), porém sem necessariamente iniciar pela primeira instância ou em uma mesma sequência.

Todos os grupos de categorias de APP possuem a função ambiental ligada à preservação da paisagem associada à primeira instância. Os grupos ligados à drenagem e ao relevo de altitude se diferenciam quanto ao ordenamento das funções em suas terceira e quarta instância, estando a preservação dos recursos hídricos em um nível superior no primeiro grupo; e a preservação da estabilidade geológica, no segundo grupo.

O terceiro grupo, da categoria isolada de manguezal, se diferencia ao apresentar em segunda e terceira instância as funções de facilitação do fluxo gênico de fauna e flora e de preservação da biodiversidade, respectivamente, contempladas em quinta e sexta instância (de maneira invertida) nos demais grupos.

As 3 (três) primeiras instâncias do quadro de ordenamento das funções ambientais relativas às APPs abarcam 6 (seis) destas, ao se considerar todos os grupos de categorias. A função ambiental referente à garantia do bem estar das populações humanas é representada no último nível de todos os grupos.

No que se referem aos indicadores efetivamente mensurados, os mesmos se apresentam a partir da clara definição de seu conceito e de suas unidades de medição adotadas para a sua mensuração frente aos recortes mínimos de disponibilidade de dados para a visualização de valores relativos aos segmentos da sub-bacia (no caso dos indicadores *transversais*) e às suas APPs (no caso dos indicadores diretamente vinculados ao tema) (Quadro 9). Associados a tais indicadores se encontram disponíveis dados quantitativos e sua descrição (para todos os indicadores), além de informações espaciais desagregadas (para os indicadores de pressão, estado e impacto) relativos à sub-bacia do rio Saracuruna e suas APPs.

Quadro 9 – Informações básicas sobre indicadores efetivamente mensurados para a avaliação integrada de APPs na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ (continua)

Indicador	Conceito	Referência(s) utilizadas(s)	Unidades de medição adotadas
<i>Crescimento do número de domicílios</i>	Revela o incremento de novos domicílios em determinado espaço geográfico, no período considerado.	Adaptado de IBGE (2012)	% por distritos parcialmente inseridos na sub-bacia (2000-2010).
<i>Rendimento da população residente</i>	Expressa os valores referentes ao rendimento mensal da população residente em determinado espaço geográfico.	Adaptado de IBGE (2012)	Valor médio (em salários mínimos) por setores censitários inseridos na sub-bacia (2010).
Evolução da área urbana em encostas	Demonstra a intensidade com que as áreas de encostas (e em direção aos topos de elevação) são ocupadas em determinado espaço geográfico, no período considerado.	Adaptado de IPP (2005)	% na sub-bacia e por suas APPs (2003-2011).
<i>Acesso à infraestrutura sanitária</i>	Expressa a relação entre o contingente de domicílios atendidos pelos sistemas adequados de infraestrutura sanitária (serviços de água, esgoto e lixo) e o total de domicílios em determinado espaço geográfico.	Adaptado de IPP (2005); IBGE (2012)	% médio por setores censitários inseridos na sub-bacia (2010).
Alteração de áreas naturais por áreas antrópicas	Consiste na identificação de áreas de vegetação nativa, ou não, que foram convertidas ou densificadas com relação ao uso antrópico ou degradadas pela retirada da cobertura vegetal em determinado espaço geográfico, no período considerado.	Adaptado de IPP (2005)	Nº de pontos na sub-bacia e por suas APPs (2003-2011).
Uso do solo	Consiste na classificação dos tipos de usos naturais e artificiais da superfície em determinado espaço geográfico.	Adaptado de Rio de Janeiro (2011a)	% na sub-bacia e por suas APPs (2011).

Quadro 9 – Informações básicas sobre indicadores efetivamente mensurados para a avaliação integrada de APPs na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ (continuação)

Indicador	Conceito	Referência(s) utilizadas(s)	Unidades de medição adotadas
Qualidade ambiental das terras	Corresponde ao estado atual das terras resultante da pressão que as ações antrópicas exercem sobre os atributos naturais do solo, e de como o próprio ambiente reage a esta pressão, em determinado espaço geográfico.	Adaptado de Crespo e La Rovere (2002); IPP (2005)	% na sub-bacia e por suas APPs (2011).
Superfície em assentamentos urbanos formais e informais	Revela a proporção de ocupações regulares e irregulares em determinado espaço geográfico.	Adaptado de PNUMA (2004); São Paulo (2004)	% na sub-bacia e por suas APPs (2010).
Impermeabilização do solo	Consiste na identificação dos diferentes níveis de impermeabilização (antrópica) do solo em determinado espaço geográfico.	Adaptado de Azevedo (2006)	% na sub-bacia e por suas APPs (2011).
Áreas críticas de inundação	Consiste na abrangência das faixas de inundações, recorrentes em determinado espaço geográfico.	Adaptado de Crespo e La Rovere (2002); PNUMA (2004); São Paulo (2004)	Nº e % na sub-bacia e % de APPs inseridas (2004 e 2011).
Áreas de risco de escorregamentos ou desmoronamentos	Consiste na identificação dos pontos de risco iminente a escorregamentos ou desmoronamentos, ocorrentes pela combinação de fatores como susceptibilidade do terreno e vulnerabilidade das ocupações em determinado espaço geográfico.	Adaptado de Crespo e La Rovere (2002); PNUMA (2004); São Paulo (2004)	Nº na sub-bacia e por suas APPs (2007 e 2011).
Plano diretor urbano	Avalia a existência de Plano Diretor municipal (ajustamento ao Estatuto da Cidade) e o potencial do mesmo frente às questões avaliadas para determinado espaço geográfico.	Adaptado de PNUMA (2004); São Paulo (2004)	Nº de instrumentos e/ou diretrizes (frente ao tema) por planos incidentes na sub-bacia (2006).

Quadro 9 – Informações básicas sobre indicadores efetivamente mensurados para a avaliação integrada de APPs na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ (conclusão)

Indicador	Conceito	Referência(s) utilizadas(s)	Unidades de medição adotadas
Plano de bacia hidrográfica	Permite diagnosticar o ajustamento da bacia hidrográfica à PNRH e a averiguação de propostas relacionadas a temáticas específicas em determinado espaço geográfico.	Adaptado de Guimarães (2008); Brasil (2011b)	Nº de programas e/ou diretrizes (frente ao tema) contidos no plano incidente à sub-bacia (2005).
Agenda 21 Local	Expressa a disseminação da Agenda 21 Local, podendo ser ainda trabalhado sob a perspectiva de sua implementação em determinado espaço geográfico.	Adaptado de IBGE (2012)	Nº de propostas e ações (frente ao tema) contidas na agenda incidente na sub-bacia (2011).
Áreas de risco recuperadas	Representa a proporção de áreas recuperadas do total de áreas de risco em determinado espaço geográfico.	Adaptado de São Paulo (2004)	Nº na sub-bacia e por suas APPs (2007 e 2011).
Áreas protegidas	Representa o tipo, sobreposição e a extensão dos espaços territoriais ambientalmente protegidos em determinado espaço geográfico.	Adaptado de IPP (2005); Rio de Janeiro (2011a); IBGE (2012)	Nº de UCs e % da sub-bacia e de suas APPs inseridas em UCs (2011).

Legenda: (■) Pressão; (■) Estado; (■) Impacto; (■) Resposta.
 Fonte: O autor, 2013.

Com relação aos indicadores selecionados e não-aplicados (devido à atual indisponibilidade de dados, materiais e instrumentos para sua quantificação e espacialização), com potencial para mensuração, os mesmos se encontram devidamente organizados com informações disponíveis quanto à sua(s) referência(s) e base de cálculo. Apresenta-se ainda o conceito de cada indicador para futuras avaliações (Quadro 10). Associados a estes indicadores se encontram informações gerais e conjecturais a respeito da sub-bacia do rio Saracuruna e suas APPs, evidenciando a importância de sua efetiva mensuração no futuro.

Quadro 10 – Informações básicas sobre indicadores com potencial para mensuração para a avaliação integrada de APPs na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ (continua)

Indicador	Conceito	Referência(s)	Base de cálculo para sua construção efetiva
Redução de cobertura vegetal	Consiste na redução da área ocupada por florestas e outros tipos de vegetação natural.	Crespo e La Rovere (2002); PNUMA (2004); São Paulo (2004); Soares, Lins e Cândido (2009); Lins (2010); Raiol (2010); Ariza (2010); UNEP (2012)	Para o seu cálculo obtém-se a área (m^2/km^2) de florestas ou outro tipo de vegetação natural, que tenha sido desflorestada em determinado período de tempo.
Usos predominantes dos recursos	Engloba os usos dos recursos existentes ou protegidos pela faixa de preservação permanente.	Rovedder (2007)	Para a sua obtenção faz-se necessário o levantamento dos principais usos (tipo e frequência) dos recursos naturais pela população local.
<i>Disponibilidade hídrica</i>	Refere-se à quantidade de água disponível em um trecho de corpo hídrico. Se dentro do contexto de uma sub-bacia preservada, atesta o potencial hídrico da mesma.	Galinkin (2003); PNUMA e CLAES (2008); Guimarães (2008)	Seu cálculo vincula-se ao monitoramento de vazões (m^3/s) a partir de dados de estações fluviométricas e pluviométricas.
Susceptibilidade à erosão e capacidade de uso	Consiste na caracterização dos solos quanto a sua sensibilidade e capacidade de uso frente a distintas atividades, a partir da identificação de áreas críticas.	Galinkin (2003)	A mensuração envolve, basicamente, o mapeamento, com base em fatores tais como tipo de solo, uso, e topografia (análise multicritério), e a geração dos percentuais de classes.
<i>Qualidade das águas</i>	Apresenta a qualidade da água em alguns corpos de água interiores (trechos de rios e represas).	Crespo e La Rovere (2002); La Rovere e Crespo (2002); Galinkin (2003); São Paulo (2004); Azevedo (2006); Ariza (2010); Rio de Janeiro (2011a); IBGE (2012)	É expresso pelo Índice de Qualidade da Água (IQA), pautado nos parâmetros: temperatura da amostra; pH; oxigênio dissolvido; demanda bioquímica de oxigênio; coliformes termotolerantes; nitrogênio total; fósforo total; resíduo total; e turbidez.

Quadro 10 – Informações básicas sobre indicadores com potencial para mensuração para a avaliação integrada de APPs na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ (continuação)

Indicador	Conceito	Referência(s)	Base de cálculo para sua construção efetiva
<i>Escassez de água</i>	Avalia a disponibilidade do recurso água, por meio da observação da periodicidade de sua escassez, do tempo de duração e da extensão da mesma.	Crespo e La Rovere (2002); PNUMA (2004); São Paulo (2004); Lins (2010); Ariza (2010); UNEP (2012)	Seu cálculo envolve um índice baseado em número de episódios de falta de água durante o ano, sua duração (dias/ano) e porcentagem da população afetada pelo racionamento, podendo ser obtido através da autoridade competente que gerencia o abastecimento.
<i>Áreas de erosão e assoreamento</i>	Consiste na determinação espacial de áreas com o predomínio, em diferentes níveis, de processos erosivos (ou ainda de sua forma resultante - cicatrizes de erosão), e de acumulação de sedimentos.	São Paulo (2004)	Seu cálculo vincula-se ao número de áreas com feições erosivas e de locais com assoreamento, conforme dimensão (pequena, média, grande); quantidade total de desassoreamento (m ³).
Danos aos ecossistemas	Avalia os danos com relação ao funcionamento dos ecossistemas, por meio da averiguação de alterações biológicas, físicas e químicas destes.	La Rovere e Crespo (2002); Santos (2007)	Sua obtenção vincula-se ao monitoramento da dinâmica natural do ecossistema, em longo prazo (tipo e número de alterações), por meio de estudos locais e critérios e parâmetros de avaliação específicos a cada tipo de ecossistema.
Perda de biodiversidade	Refere-se ao número de espécies da fauna e da flora não encontradas no meio ambiente no momento de realização da avaliação em comparação a momentos anteriores em que tais espécies faziam-se presentes.	Crespo e La Rovere (2002); PNUMA (2004); São Paulo (2004); Lins (2010); Raiol (2010)	Seu cálculo vincula-se ao levantamento do número e a variedade de espécies da fauna e da flora característicos do meio ambiente em dado recorte espacial, encontradas no passado, e sua situação atual.

Quadro 10 – Informações básicas sobre indicadores com potencial para mensuração para a avaliação integrada de APPs na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ (conclusão)

Indicador	Conceito	Referência(s)	Base de cálculo para sua construção efetiva
<i>Interferências sobre o tipo de habitação</i>	Avalia a existência e resultados de projetos habitacionais para população de baixa renda.	Santos (2007)	Seu cálculo envolve a identificação (nº) e abrangência espacial de projetos junto aos atores governamentais e aferição sobre os mesmos.

Legenda: (■) Pressão; (■) Estado; (■) Impacto; (■) Resposta.

Fonte: O autor, 2013.

6.2 Ciclos para avaliação de APPs de margem de rios, entorno de nascentes e de reservatórios d'água artificiais

Para avaliação de APPs às margens de rios, e no entorno de nascentes e de reservatórios d'água artificiais são apresentados, além do mapa de delimitação das faixas vinculadas a tais categorias, a quantificação de indicadores pertencentes ao ciclo *PEIR* aplicado e os resultados que ilustram 2 (dois) ciclos *PEIR* parcialmente aplicados. Por fim, revela-se ainda o mapa de legitimação de APPs do grupo mencionado e informações descritivas associadas.

6.2.1 Faixas delimitadas para a margem de rios, entorno de nascentes e reservatórios d'água artificiais

As faixas marginais e de entorno ligadas à drenagem, delimitadas segundo os parâmetros do Código Florestal, estão distribuídas por todo o território da sub-bacia do rio Saracuruna, porém concentradas, em termos de diversidade de categorias, a partir de sua porção central em direção ao norte (Mapa 28).

As faixas às margens de rios somam um total de 26,5 km², ou 14% com relação à área da sub-bacia; as faixas representativas do entorno de nascentes somam um total de 2,2 km²,

ou 1,1% com relação à área da sub-bacia; por fim, as faixas de entorno de reservatório d'água artificiais somam um total de 0,58 km², ou 0,3% com relação à área da sub-bacia.

Neste sentido, percebe-se a predominância espacial da categoria de margem de rios (90,5%), dentre as categorias de APP ligadas à drenagem na sub-bacia. Tal categoria é a única presente em todas as porções distritais componentes do recorte em estudo.

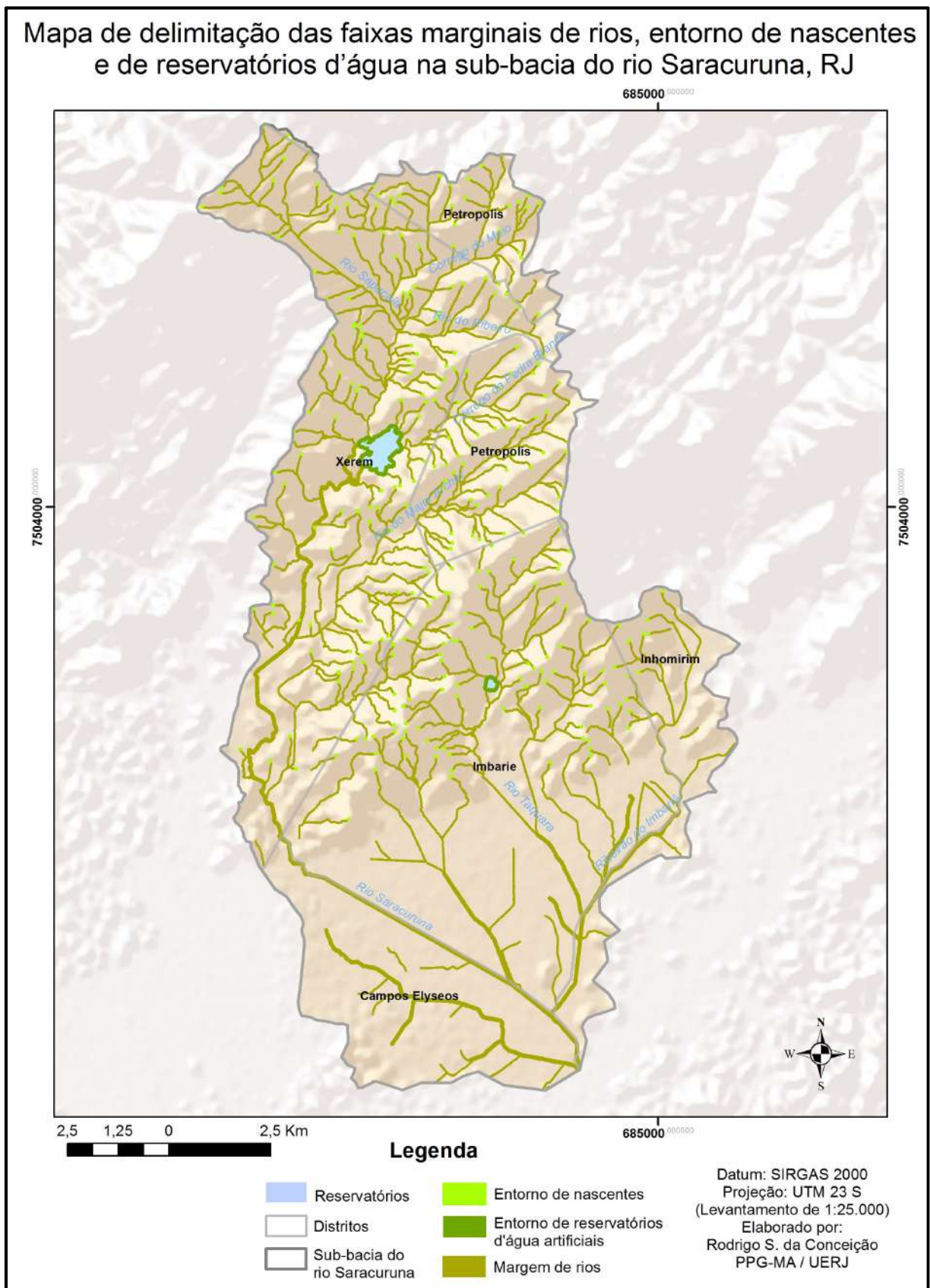
Ao sul da compartimentação, na porção de baixada, tais faixas estão associadas aos rios e canais retelinizados, em sua maioria, e caracterizadas por serem mais abrangentes (com cerca de 100 metros de largura, ou 50 para cada lado do rio) devido ao fato de que o baixo curso dos rios na sub-bacia, a exemplo do rio Taquara, possuem uma seção transversal com mais 10 metros.

Ao centro e ao norte da sub-bacia se concentram as faixas delimitadas com 30 metros de largura. A estas faixas se associam os cursos d'água com morfologia natural, predominantemente.

Pode-se destacar ainda que, as faixas marginais do rio Saracuruna, curso d'água principal da sub-bacia, se tornam mais abrangentes a partir da represa do Reservatório de Saracuruna, localizado no Distrito de Xerém, em direção ao sul.

Logicamente, as faixas delimitadas vinculadas aos rios e canais ao sul, retelinizados, indicam uma maior propensão a não preservação das características originais reconhecidas pelo Código Florestal para as APPs. Na realidade, tais faixas teriam outra configuração espacial caso tais rios e canais contemplassem o seu curso original.

Mapa 28 – Delimitação das faixas marginais de rios, entorno de nascentes e de reservatórios d'água na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ









Fonte: O autor, 2013.

6.2.2 Ciclo aplicado

O ciclo em pauta possui todos os componentes do modelo *PEIR* representados por indicadores diretamente vinculados ao tema (Quadro 11). O indicador de pressão “alteração de áreas naturais por áreas antrópicas” relaciona-se à função ambiental da preservação da paisagem; O indicador de estado “impermeabilização do solo” representa a função de proteção ao solo; e, por fim, o indicador de impacto “áreas críticas de inundação” relaciona-se à preservação dos recursos hídricos. O indicador de resposta “Plano de bacia hidrográfica” emerge em potencial frente a todas estas funções.

Quadro 11 – Ciclo 1 aplicado ao grupo de APPs ligadas à drenagem

Grupo de APP (ciclo aplicado)	Componentes do PEIR / Indicadores			
	Pressão	Estado	Impacto	Resposta
Margem de rios, entorno de nascentes e reservatórios	 Alteração de áreas naturais por áreas antrópicas	 Impermeabilização do solo	 Áreas críticas de inundação	Plano de bacia hidrográfica

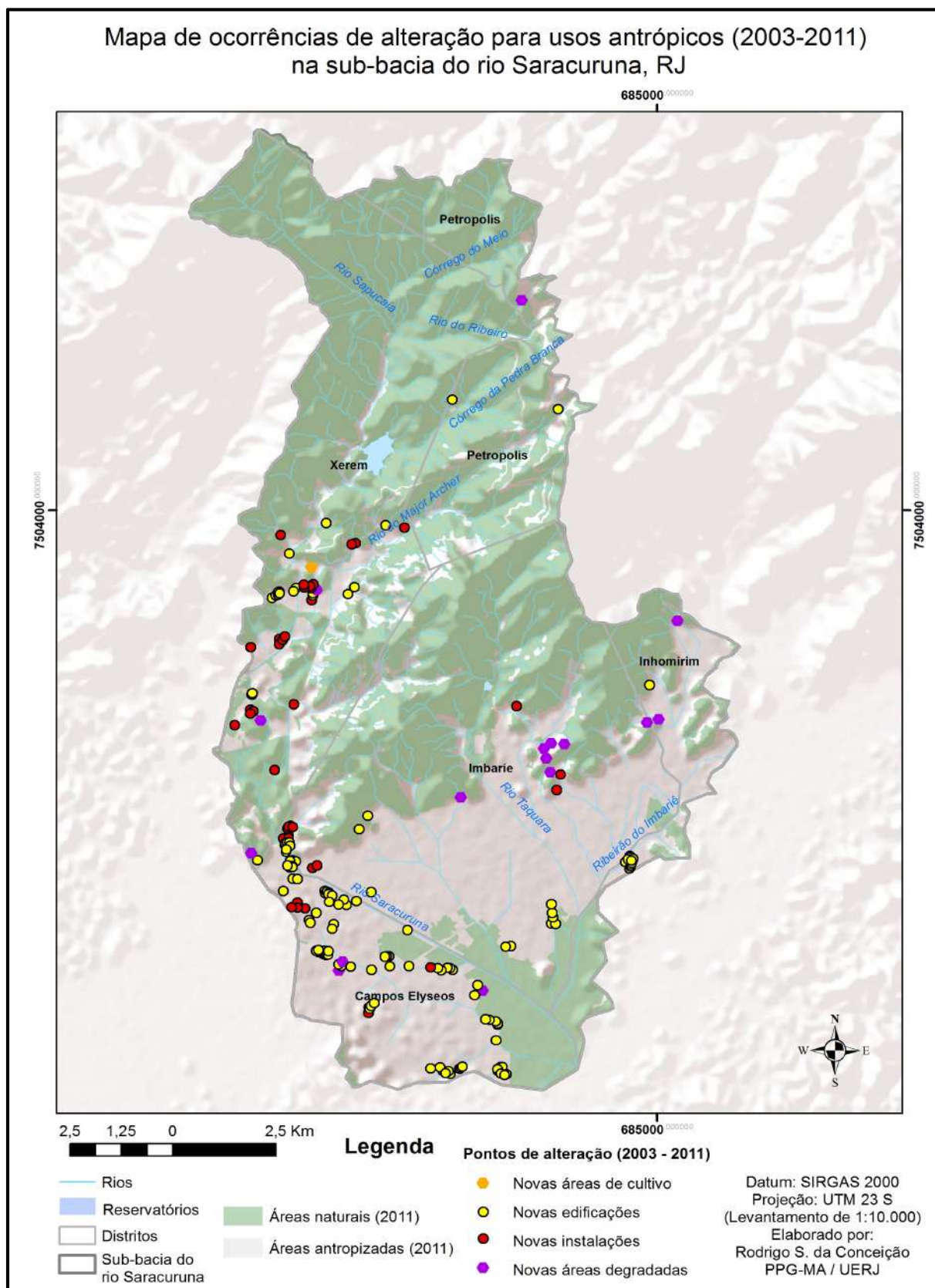
Legenda: () Preservar os recursos hídricos; () Preservar a paisagem; () Proteger o solo.

Fonte: O autor, 2013.

6.2.2.1 Indicador de Pressão - Alteração de áreas naturais por áreas antrópicas

No período considerado (2003 – 2011) as alterações no uso do solo, com relação ao surgimento de edificações, instalações, e áreas de cultivo ou degradadas em terrenos outrora cobertos por vegetação, ocorreram de maneira expressiva ao longo do médio vale do rio Saracuruna e principalmente na porção de baixada ao sul da sub-bacia (Mapa 29).

Mapa 29 – Ocorrências de alteração para usos antrópicos (2003-2011) na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Fonte: O autor, 2013.

Ainda com base no mapa 29, percebe-se que esta concentração ocorre no Distrito de Campos Elyseos, com 85 (oitenta e cinco) ocorrências (ou pontos) de alteração; seguido por Xerém, com 43 (quarenta e três) pontos; Imbariê, com 41 (quarenta e um) pontos; Inhomirim, com 13 (treze) pontos; e Petrópolis, com 3 (três) pontos. Ao todo foram identificados na sub-bacia 185 (cento e oitenta e cinco) pontos de alteração.

Dentre o total de pontos, a distribuição por tipo de alteração ocorre da seguinte maneira (Quadro 12): 1 (um) ponto referente à novas áreas de cultivo; 127 (cento e vinte e sete) pontos referentes à novas edificações (quadras residenciais ou construções isoladas); 41 (quarenta e um) pontos associados à novas instalações (indústrias, galpões, infraestrutura ligada às atividades rurais, etc.); e 16 (dezesseis) pontos referentes à novas áreas degradadas (solo desnudado ou áreas afetadas por mineração).

Quadro 12 – Número e percentual de pontos de alteração para usos antrópicos (2003-2011), por tipo, na área da sub-bacia do rio Saracuruna, RJ

Tipo	Nº de pontos	Percentual
Novas áreas de cultivo	1	0,5%
Novas edificações	127	68,6%
Novas instalações	41	22,1%
Novas áreas degradadas	16	8,6%
Total	185	100%

Fonte: O autor, 2013.

Espacialmente, as novas edificações se concentram ao sul da sub-bacia, seguindo, inclusive, o limite das áreas naturais localizadas em Campos Elyseos; bem como também na porção oeste da referida compartimentação, nas bordas de fragmentos florestais em Xerém. As novas instalações estão distribuídas a oeste da sub-bacia, principalmente na porção referente ao Distrito de Xerém e em direção à Imbariê e Campos Elyseos. As novas áreas degradadas distribuem-se por toda a sub-bacia, com concentração em Imbariê. Já o único ponto representando uma nova área de cultivo se localiza próximo ao médio curso do rio Saracuruna, em Xerém (Mapa 29).

Dentre os pontos de alteração, as novas áreas antropizadas são provenientes de terrenos naturais correspondentes às florestas, origem de 2% dos pontos; às áreas que concentram vegetação arbóreo-arbustiva, origem de 11% dos pontos; aos campos inundáveis (brejos), origem de 11% dos pontos igualmente ao anterior; e, em sua maioria, aos campos (contemplando vegetação gramíneo-lenhosa e sem ocupação), origem de 51% dos pontos. No que se refere à densificação de áreas, tais alterações também são originárias dos denominados campos antrópicos (22% dos pontos), que se caracterizam pela presença de cobertura vegetal em transição com loteamentos e construções esparsas em perímetro urbano.

Foram encontradas 15 (quinze) correspondências entre usos originários (2003) e tipos de alteração (2003 - 2011), dentre as quais destacam-se as referentes ao surgimento de novas edificações em áreas ocupadas, em 2003, por vegetação de campo (58 de pontos), por campos antrópicos (35 pontos), e por campos inundáveis (20 pontos). Destaca-se ainda o surgimento de novas instalações em áreas outrora referente aos campos (30 pontos).

Complementarmente, considerando ainda os usos atuais (2011), as principais correspondências (Quadro 13) ocorrem associadas à transformação de áreas de campo antrópico em áreas urbanas (densificação), seguida pela transformação de áreas de campo em campo antrópico (expansão da ocupação).

Quadro 13 – Ranking das principais correspondências entre usos pretéritos (2003), tipos de alteração e usos atuais (2011) na área da sub-bacia do rio Saracuruna, RJ

Ranking	Nº de pontos	Uso (2003)	Tipo de alteração	(Uso 2011)
1	35	Campo antrópico	Edificações	Urbano
2	30	Campo	Edificações	Campo antrópico
3	24	Campo	Edificações	Urbano
4	22	Campo	Instalações	Indústria
5	18	Campo inundável	Edificações	Campo antrópico

Legenda: Consideram-se apenas as correspondências com mais de 10 (dez) pontos de alteração.
Fonte: O autor, 2013.

Com relação à aplicação do indicador especificamente em faixas destinadas à preservação permanente de margem rios, e o entorno de reservatórios d'água artificiais e de nascentes temos, dentre o total de pontos de alteração identificados na área da sub-bacia do

rio Saracuruna, 61 (sessenta e um) pontos localizados nestas faixas. Todas as alterações se associam exclusivamente à categoria margem de rios.

Seguindo a tendência espacial da distribuição de alterações para usos antrópicos na sub-bacia, por distritos, os pontos de alteração em faixas marginais de rios também se concentram no Distrito de Campos Elyseos, com 34 (trinta e quatro) pontos, ou seja, mais da metade (55, 7%) do total de pontos de alteração em faixas marginais de toda a sub-bacia. Os demais distritos abrangem os seguintes valores com relação à alteração em faixas marginais de rios no período analisado: Xerém, 12 (doze) pontos ou 19,6% com relação ao total; Imbariê, 8 (oito) pontos ou 13,1%; Inhomirim, 6 (seis) pontos ou 9,8%; e Petrópolis, 1 (ponto) ou 1,6%.

O número de pontos de alteração em faixas marginais de rios corresponde a 32,9% do total de pontos identificado para a sub-bacia. Ou seja, na sub-bacia do rio Saracuruna, a cada três alterações para usos antrópicos, identificadas, pelo menos uma ocorreu em faixas marginais de rios, destinadas à preservação permanente, no período de 2003 a 2011. Relativamente, Inhomirim e Campos Elyseos são os distritos que mais contribuem para este cenário, conforme o quadro 14.

Quadro 14 – Percentual relativo entre o número de alterações para usos antrópicos (2003-2011) na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ e em suas faixas marginais de rios, por distritos parcialmente inseridos

Distrito	Nº de pontos na sub-bacia	Nº de pontos em faixas marginais	Percentual relativo
Campos Elyseos	85	34	40%
Xerém	43	12	27,9%
Imbariê	41	8	19,5%
Inhomirim	13	6	46,1%
Petrópolis	3	1	33,3%
Total	185	61	32,9%

Fonte: O autor, 2013.

Ainda com base na descrição dos dados vinculados às faixas marginais de rios, pode-se atestar que, as alterações nestas faixas são motivadas, em sua grande maioria, por novas construções residenciais, seguidas de novas instalações e novas áreas degradadas (Quadro 15).

Quadro 15 – Número e percentual de pontos de alteração para usos antrópicos (2003-2011), por tipo, em faixas marginais de rios na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ

Tipo	Nº de pontos	Percentual
Novas edificações	47	77%
Novas instalações	9	14,7%
Novas áreas degradadas	5	8,1%
Total	61	100%

Fonte: O autor, 2013.

As novas áreas antropizadas em faixas marginais de rios são provenientes, em sua maioria, de terrenos de campo, origem de 42,6% dos pontos, e de campo antrópico, origem de 22,9%. Subseqüencialmente citam-se ainda os campos inundáveis, origem de 21,3% dos pontos; as áreas com vegetação arbórea, origem de 11,4%; e áreas florestadas, origem de 1,6%.

Dentre as correspondências identificadas entre os usos originários (2003) e os tipos de alteração em faixas marginais, 10 (dez) ao total, destacam-se àquelas relacionadas ao surgimento de novas edificações em áreas anteriormente caracterizadas como de campo (18 pontos), campo inundável (12 pontos) e campo antrópico (12 pontos). As demais correspondências apontam valores abaixo de 10 (dez) pontos.

Ao se analisar as diferentes correspondências entre usos pretéritos (2003), tipos de alteração em faixas marginais e usos atuais (2011) revela-se a tendência anteriormente apresentada quando da descrição dos dados gerais para a área da sub-bacia, ou seja, um processo de densificação de edificações e outro de avanço em direção às áreas naturais (Quadro 16).

Quadro 16 – Ranking das principais correspondências entre usos pretéritos (2003), tipos de alteração e usos atuais (2011) em faixas marginais de rios na área da sub-bacia do rio Saracuruna, RJ

Ranking	Nº de pontos	Uso (2003)	Tipo de alteração	(Uso 2011)
1	12	Campo antrópico	Edificações	Urbano
2	10	Campo	Edificações	Campo antrópico
3	10	Campo inundável	Edificações	Campo antrópico
4	6	Campo	Edificações	Urbano

Legenda: Consideram-se apenas as correspondências com mais de 5 (cinco) pontos de alteração. Fonte: O autor, 2013.

A figura 97 demonstra um dos pontos de alteração de usos em faixas marginais de rios, representando a ocorrência de novas edificações em área identificada anteriormente (em 2003) como campo antrópico e posteriormente (em 2011) como urbana, ou seja, integrada à ocupação mais densificada. Tal ponto localiza-se ao sul da sub-bacia junto à porção central (caracterizada por sua mancha antropizada) do Distrito de Campos Elyseos.

Figura 97 – Ocupação de edificações à margem de um dos afluentes do rio Farias (Campos Elyseos), sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Legenda: Percebe-se na imagem que as construções marginais são inacabadas e sem uma infraestrutura formal.

Fonte: O autor, 2013.

Já a figura 98 ilustra outro ponto de alteração de usos em faixas marginais de rios, representando a ocorrência de novas edificações em área identificada anteriormente (em 2003) como campo e posteriormente (em 2011) como urbana, ou seja, integrada à mancha de ocupação. Tal ponto localiza-se ao sul da sub-bacia junto à borda dos remanescentes de áreas naturais no Distrito de Campos Elyseos.

Figura 98 – Ocupação de edificações junto à faixa marginal de um dos afluentes do baixo curso do rio Saracuruna (Campos Elyseos), sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Legenda: Percebe-se na imagem a ocupação de edificações (à direita) e arruamento (primeiro plano) inacabados junto ao limite com áreas não-ocupadas. O curso d'água em questão localiza-se junto à vegetação arbórea no segundo plano da imagem.

Fonte: O autor, 2013.

Como visto, as novas edificações em faixas marginais de rios se associam, basicamente, aos cursos d'água altamente degradados e com modificações em sua morfologia original, ao sul da sub-bacia. Já as novas instalações se caracterizam por abrangerem áreas dentro e fora das faixas marginais, devido ao tamanho maior das construções. Tal situação também ocorre no estabelecimento de novas áreas degradadas.

A figura 99 demonstra um dos pontos de alteração de usos em faixas marginais de rios, representando a ocorrência de nova instalação em área identificada anteriormente (em

2003) como campo antrópico e posteriormente (em 2011) como industrial. Tal ponto localiza-se à oeste da sub-bacia junto ao Distrito de Xerém.

Figura 99 – Ocupação de instalação junto à faixa marginal do Canal de Santo Antônio (Xerém), sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Legenda: Percebe-se na imagem que a instalação encontrava-se inacabada e com parte de sua construção junto à margem do canal, concretada.

Fonte: O autor, 2013.

6.2.2.2 Indicador de Estado - Impermeabilização do solo

Com base na situação atual de usos naturais e antrópicos na sub-bacia do rio Saracuruna (incluindo as alterações recentes) têm-se um quadro com diferentes níveis de impermeabilização do solo (Mapa 30). Os níveis aferidos correspondem a alto, médio, baixo, e nulo excluindo-se as categorias de uso correspondentes a afloramento rochoso e água.

As áreas de afloramento rochoso ou recobertas por água representam 0,7 e 0,5 km², ou 0,4 e 0,3%, com relação ao total da sub-bacia, respectivamente. Visualmente, com base no mapa 30, percebe-se que a categoria “nulo”, com relação à impermeabilização do solo, é a predominante. Quantitativamente, estes terrenos somam um total de 115 km², ou 61,1% de toda a sub-bacia. Dentre os níveis de impermeabilização, os valores estão dispostos da seguinte maneira: baixo (ambiente rural e urbano de transição), com 21 km² ou 11,1%, com relação ao total da sub-bacia; médio (áreas urbanizadas, baixa ou moreadamente adensadas), com 31 km² ou 16,4%; e, alto (áreas urbanizadas, fortemente adensadas), 20 km² ou 10,6%.

A montante da sub-bacia (ao norte, junto aos limites de Xerém e Petrópolis) e em sua porção central (junto aos limites dos distritos de Petrópolis, Imbariê e Inhomirim) predominam os terrenos naturais com impermeabilização nula. Junto à desembocadura do rio Saracuruna (sudeste da sub-bacia) localiza-se outra mancha de impermeabilização nula, em terrenos de solos encharcados (Mapa 5, p. 235), no entanto, pressionada por terrenos com diferentes níveis de impermeabilização, referentes à ocupação urbana ao sul.

Neste sentido, os fragmentos dos distritos parcialmente inseridos na sub-bacia contemplam, em sua maioria, o predomínio da categoria “nulo”, a exceção de Campos Elyseos (Quadro 17).

Quadro 17 – Percentual de impermeabilização por área distrital inserida na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ

Nível	Campos Elyseos	Xerém	Imbariê	Inhomirim	Petrópolis
Nulo	23,5%	79,8%	50,2%	50,7%	85,1%
Baixo	16,4%	11,1%	12,6%	9,3%	4,7%
Médio	33,9%	5,1%	23%	20,7%	7,8%
Alto	26,2%	2,8%	14%	17,5%	2,2%
Outros*	0%	1,2%	0,2%	1,8%	0,2%
Total	100%	100%	100%	100%	100%

Legenda: 1 - (*) Refere-se às áreas de afloramento rochoso e água;

2 – Percentual calculado com base na área do distrito inserida na sub-bacia.

Fonte: O autor, 2013.

Como se percebe no mapa 30, o cenário apresentado para o centro-norte da sub-bacia, de predomínio da categoria “nulo”, difere em direção à porção de baixada (ao sul), onde os rios e canais cortam áreas com alto e médio nível de impermeabilização, inclusive em terrenos de várzeas e brejos, favorecendo o escoamento superficial, que, aliado ao estrangulamento dos canais (retelinizados), pode resultar em inundações.

Por exemplo, a porção da sub-bacia inserida em Campos Elyseos (no extremo sul) possui 33,9% de suas terras com nível médio de impermeabilização (Quadro 17), configurando a categoria de maior predomínio nesta área. Já em Imbariê e Inhomirim, apesar do predomínio da categoria “nulo”, conforme apresentado, a categoria “médio” também é expressiva, com valores de 23% e 20,7%, respectivamente.

Ao compararmos os resultados do indicador de pressão “Alterações de áreas naturais por áreas antrópicas” e o presente indicador de estado, no que diz respeito à sub-bacia como um todo, verifica-se que a classe “baixo” do mapeamento dos níveis de impermeabilização representa terras que concentram o maior número de pontos de alteração ocorrentes no período entre 2003 e 2011 (82, ou 44,3%), seguida por “médio” (65, ou 35,1%) e por “alto” (38, ou 20,5%). Ou seja, pode-se dizer que os terrenos com baixo nível de impermeabilização possuem grande contribuição das alterações de usos recentes na configuração de seu estado de abrangência atual (2011).

Os pontos de alteração (2003-2011) vinculados aos níveis baixo e médio de impermeabilização (2011) referem-se, em sua maioria, à novas edificações. Já os pontos vinculados ao nível alto de impermeabilização correspondem, majoritariamente, à novas instalações.

Ao se rever as principais correspondências entre os usos de 2003 e de 2011, considerando os pontos de alteração identificados para cada nível atual de impermeabilização, têm-se um quadro representativo de expansão das áreas impermeabilizadas sobre as áreas naturais e de densificação das áreas impermeabilizadas. As terras com baixo nível de impermeabilização, por exemplo, possuem como principal correspondência as alterações de campo para campo antrópico (30 pontos, ou 36,5% com relação ao total de pontos identificados na área de abrangência da categoria), configurando tal expansão; já o nível médio apresenta como principal correspondência as alterações de campo antrópico para urbano (34 pontos, ou 52,3%), configurando um processo de densificação.

No que se refere ao nível de impermeabilização nas faixas destinadas à preservação permanente de margem de rios e de entorno de nascentes e de reservatórios d'água artificiais,

atesta-se que a categoria margem de rio possui níveis maiores de impermeabilização, em comparação às demais categorias (Quadro 18).

Quadro 18 – Percentual de impermeabilização por categorias de APPs ligadas à drenagem na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ

Nível	Categorias de APP		
	Margem de rio	Nascente	Reservatório
Nulo	65,6%	91,9%	91,5%
Baixo	15,8%	3,1%	3,6%
Médio	11,1%	3,3%	4,9%
Alto	7,4%	1,2%	0%
Afloramento rochoso	0,1%	0,5%	0%
Total	100%	100%	100%

Fonte: O autor, 2013.

Ainda com base no quadro 18, percebe-se que o nível de impermeabilização em faixas marginais de rios apresenta valores próximos se comparados com o total da sub-bacia. A categoria “nulo” é a predominante nestas faixas, porém com um percentual menor em comparação com as áreas de entorno de nascentes e reservatórios d’água.

Sobre tais faixas, dentre os níveis de impermeabilização (excluindo-se a categoria “nulo”), a classe “baixo” é a que apresenta um percentual maior, indicando uma ocupação predominante de edificações esparsas nestas faixas. Já com relação a toda a área da sub-bacia, a categoria “médio”, como visto, é a predominante.

As faixas destinadas à preservação permanente de entorno de nascentes e de reservatórios d’água artificiais encontram-se primordialmente na classe de impermeabilização “nulo”. Tal fato se deve à posição destas na sub-bacia, ou seja, as mesmas se concentram à montante (Mapa 28, p. 326), em áreas preservadas.

Ao se analisar a distribuição de tais valores, referentes às categorias de APP, por área distrital inserida na sub-bacia, têm-se uma maior variação da distribuição dos níveis de impermeabilização em faixas marginais de rios (Quadro 19).

Quadro 19 – Percentual de impermeabilização em faixas marginais de rios, por área distrital inserida na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ

Nível	Campos Elyseos	Xerém	Imbariê	Inhomirim	Petrópolis
Nulo	33,5%	76,8%	55%	43,2%	88%
Baixo	18,8%	15,9%	18,7%	18,3%	6,3%
Médio	27,6%	5,1%	14,4%	24,3%	4,4%
Alto	20,1%	2,1%	11,9%	14,1%	1,2%
Outros*	0%	0,1%	0%	0,1%	0,1%
Total	100%	100%	100%	100%	100%

Legenda: 1 - (*) Refere-se às áreas de afloramento rochoso;

2 – Percentual calculado com base na área total compreendida pelas faixas marginais de rios por porção distrital componente da sub-bacia.

Fonte: O autor, 2013.

Em todas as porções distritais a categoria “nulo” é a predominante, no entanto, este percentual diminui consideravelmente em Imbariê, Inhomirim e Campos Elyseos, os quais contemplam áreas de baixada antropizada. As faixas marginais de rios com impermeabilização nula se concentram então ao norte da sub-bacia (Xerém e Petrópolis). Ainda, a sudeste, distribuem-se as faixas marginais de canais com impermeabilização nula desconectadas das faixas marginais de rios ao norte, as quais contribuem para que os percentuais relativos às porções distritais de Imbariê, Inhomirim (Figura 100) e Campos Elyseos não sejam ainda mais baixos.

As porções distritais de Xerém, Imbariê e Petrópolis apresentam percentuais, referentes aos níveis de impermeabilização, em ordem decrescente, ou seja, maiores percentuais para o nível baixo e menores percentuais para o nível alto. A categoria “baixo” é então mais expoente, em relação às demais, nas faixas marginais inseridas em porções distritais da sub-bacia com grande variação de altitude, a exemplo de Xerém e Imbariê; ou em porções montanhosas, como em Petrópolis. Sendo assim, tal categoria acaba por representar situações diversas, a exemplo da ocupação dispersa em faixas marginais de rios cortando áreas elevadas (Figura 101). Apesar de apresentar valores percentuais mais baixos do que o nível médio de impermeabilização, a categoria “baixo” possui ainda valores consideráveis nas porções distritais de Campos Elyseos e Inhomirim.

Figura 100 – Impermeabilização nula na faixa marginal do ribeirão do Imbariê (limite entre Imbariê e Inhomirim), sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Legenda: Apesar da presença de infraestrutura antrópica (ponte gradeada e fiação elétrica), as faixas marginais do rio encontram-se desobstruídas de concreto e edificações, contemplando vegetação exótica.

Fonte: O autor, 2013.

Figura 101 – Nível baixo de impermeabilização na faixa marginal do rio Saracuruna (médio curso, em Xerém), sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Legenda: Os círculos em vermelho destacam a presença de edificações em direção à calha do rio encaixado e entremeadas à vegetação ciliar.

Fonte: O autor, 2013.

As faixas marginais de rios com baixo nível de impermeabilização concentram a maioria dos pontos de alterações recentes (2003-2011) entre usos nestas faixas, contabilizando 28 (vinte e oito) pontos ou 45,9%, com relação ao total de pontos. Tais pontos representam, em sua maioria (10 para cada combinação), a transformação de áreas de campo em campo antrópico e de campo inundável em campo antrópico. Tal fato sugere a expansão da ocupação em faixas marginais, tendo como consequência a mudança dos níveis de impermeabilização nulo para baixo.

Já o nível médio de impermeabilização em faixas marginais de rios apresenta valores expressivos nas porções distritais que concentram as terras planas da sub-bacia do rio Saracuruna. Como visto estes percentuais são maiores nas porções referentes aos distritos de Campos Elyseos e Inhomirim. Já em Imbariê, porção distrital mais extensa da sub-bacia, este percentual, apesar de menor, acompanha de maneira próxima ao percentual mais elevado (categoria “baixo”), representando situações tais como a ocupação urbana incosolidada em faixas marginais de rios e canais (Figura 102).

Figura 102 – Nível médio de impermeabilização na faixa marginal do rio da Figueira (Imbariê), sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Legenda: As faixas marginais do rio em questão, altamente degradado e poluído (constatação visual), encontram-se ocupadas por edificações próximas, porém de urbanização incosolidada (não se observam, por exemplo, a pavimentação de ruas e continuidade da ocupação).

Fonte: O autor, 2013.

As áreas de baixada podem ser caracterizadas pela ocupação urbana em processo de densificação e impermeabilização, dentre outros, com reflexos sobre as faixas marginais de rios e canais. Isto pode ser afirmado ao se levar em consideração que, dentre os 24 (vinte e quatro) pontos de alterações recentes entre usos em faixas marginais de rios (2003-2011) com atual nível médio de impermeabilização (2011), 12 (doze) pontos representam a transformação de campos antrópicos em áreas urbanas.

O nível alto de impermeabilização em faixas marginais de rios na sub-bacia é expressivo em Campos Elyseos, onde o percentual de áreas impermeabilizadas referentes ao nível alto ultrapassa o nível baixo. Já nas porções de Imbariê e Inhomirim tais percentuais são menores em relação aos níveis baixo e médio, ainda que a extensão das áreas com tais características seja expressiva.

Em suma, o nível alto de impermeabilização em faixas marginais de rios representa situações tais como a pavimentação de ruas e ocupação de edificações ao longo da extensão de canais (retilíneos) na porção urbana mais densificada da sub-bacia (Figura 103), ou ainda a ocupação de instalações ou indústrias à margem de cursos d'água (Figura 104).

Figura 103 – Nível alto de impermeabilização na faixa marginal do canal Farias (Campos Elyseos), sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Legenda: O curso d'água identificado como “canal” possui ambas as margens ocupadas por ruas pavimentadas e ocupação residencial contínua em sua extensão.

Fonte: O autor, 2013.

Figura 104 – Nível alto de impermeabilização na faixa marginal do rio Saracuruna (baixo curso, limite entre Imbariê e Campos Elyseos), sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Legenda: À margem direita do rio percebe-se o início da extensa área ocupada pela indústria de produtos químicos Alfa Rio Química Ltda. Nesta posição, junto à Rodovia Rio-Magé, o rio possui um curso retilíneo.
Fonte: O autor, 2013.

No que tange às alterações recentes entre usos em faixas marginais de rios, atualmente com alto nível de impermeabilização, atesta-se que, diferentemente das demais situações (referentes aos níveis baixo e médio) a maioria dos pontos (5 de 9) são vinculados à novas instalações. Neste sentido, a principal combinação averiguada se refere à transformação de áreas de campo (em 2003) em áreas industriais (em 2011). Isto demonstra que, para o surgimento destas construções particulares são necessárias novas terras naturais convertidas ao uso antrópico com elevado nível de impermeabilização.

Se por um lado as faixas marginais de rios apresentam situações espaciais diversas com relação ao nível de impermeabilização do solo, as áreas de entorno de nascentes representam um quadro mais homogêneo. Dentre as porções distritais que contemplam tal categorias apenas Petrópolis apresenta um percentual menor da categoria “nulo” (Quadro 20). Nesta porção destaca-se o expressivo percentual referente ao nível médio de impermeabilização do solo no entorno de nascentes, representando situações tais como a presença de infraestruturas, a exemplo de estradas, pontes, etc.

Quadro 20 – Percentual de impermeabilização em faixas de entorno de nascentes, por área distrital inserida na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ

Nível	Xerém	Imbariê	Inhomirim	Petrópolis
Nulo	92,1%	96,3%	95,7%	85,1%
Baixo	2,9%	2,4%	0%	4,4%
Médio	2,9%	0,8%	0%	8,1%
Alto	1,6%	0%	0%	2,4%
Outros*	0,5%	0,5%	4,3%	0%
Total	100%	100%	100%	100%

Legenda: 1 - (*) Refere-se às áreas de afloramento rochoso;
2 – Percentual calculado com base na área total compreendida pelas faixas de entorno de nascentes por porção distrital que abarca tal categoria.

Fonte: O autor, 2013.

Com relação ao nível de impermeabilização no entorno de reservatórios d'água artificiais verifica-se que o Reservatório de Saracuruna (Xerém) possui um percentual maior de áreas de impermeabilização nula em comparação com o da Taquara (Imbariê) (Quadro 21). Neste último, o nível baixo reflete situações como a ocupação dispersa nestras faixas.

Quadro 21 – Percentual de impermeabilização em faixas de entorno de reservatórios d'água artificiais, por área distrital inserida na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ

Nível	Xerém	Imbariê
Nulo	92,4%	87,7%
Baixo	1,5%	12,3%
Médio	6,1%	0%
Total	100%	100%

Legenda: Percentual calculado com base na área total compreendida pelas faixas de entorno de reservatórios d'água artificiais por porção distrital.

Fonte: O autor, 2013.

6.2.2.3 Indicador de Impacto - Áreas críticas de inundação

As áreas críticas de inundação na sub-bacia do rio Saracuruna, de acordo com Consórcio Ecologus-Agrar (2004), concentram-se ao sul da compartimentação, nas áreas de baixada, junto aos distritos de Campos Elyseos, Imbariê e Inhomirim (Mapa 31).

Ao extremo sul, tais manchas relacionam-se basicamente aos terrenos brejosos e/ou acompanhando o curso retilinizado dos rios e canais de baixada (rios Saracuruna e Roncador, vala do Farias e canais do Imbariê e do Sangra Macaco). Em Inhomirim, a leste, associam-se ao vale do canal do Imbariê.

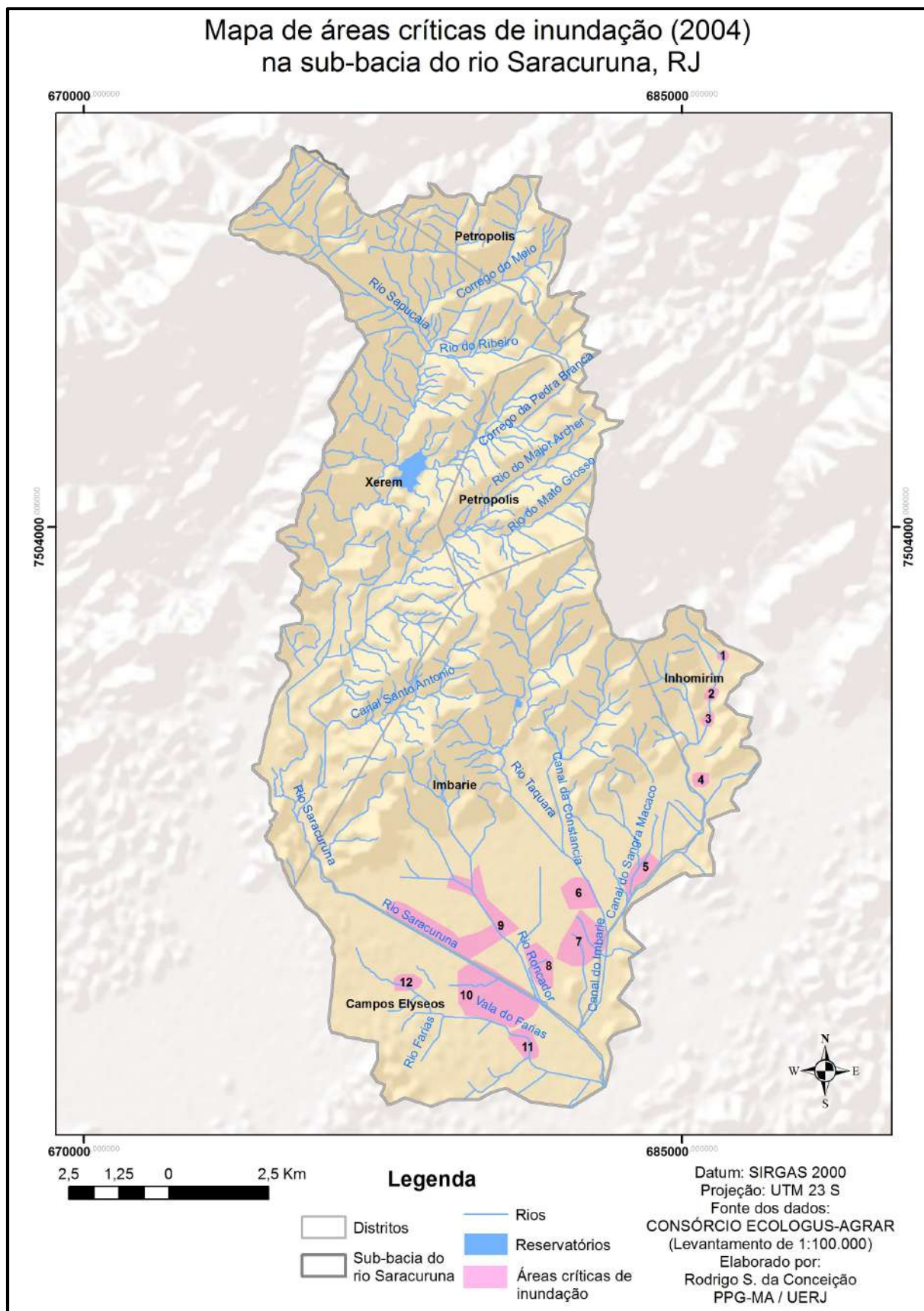
São contabilizadas 12 (doze) áreas críticas de inundação, perfazendo um total de 8 km², ou 4,2% com relação ao total da área da sub-bacia hidrográfica. Dentre as porções distritais a distribuição ocorre da seguinte maneira: Campos Elyseos, com 3 (três) áreas críticas; Imbariê, com 5 (cinco); e Inhomirim, com 4 (quatro). No que se refere à extensão das manchas de inundação, Imbariê contempla a maior parte com relação ao total das áreas críticas (60,8%); Campos Elyseos e Inhomirim apresentam, respectivamente, 33,8% e 5,4% das áreas críticas.

Segundo o Consórcio Ecologus-Agrar (2004) a maior parte destas manchas, a exemplo da área mais ao sul, junto à vala do Farias (mancha identificada como 11 no mapa 31), caracterizavam-se como loteamentos irregulares localizados em terras baixas nas proximidades dos rios que cortam tal localidade, sofrendo principalmente as conseqüências do remanso⁶⁵, mesmo aquelas não localizadas junto às margens destes. Em alguns casos, a exemplo das áreas críticas de inundação localizadas em Inhomirim (manchas identificadas como 1, 2 e 3 no mapa 31), as valas que drenam a área encontravam-se com seu leito menor obstruído pela vegetação e assoreado, contribuindo para dificultar o escoamento. Além disso, já se evidenciava no documento supracitado um processo de ocupação das áreas marginais a esses valões.

As faixas marginais de rios mapeadas representam 14,2% das áreas críticas de inundação na sub-bacia do rio Saracuruna (correspondendo a 1,1 km²). Seguindo a tendência de distribuição das áreas de inundação por distritos, tais faixas marginais, com estas características, se concentram em Imbariê (52,5%) e Campos Elyseos (40,1%), e em menor percentual em Inhomirim (7,4%). Neste caso, as faixas marginais de rios correspondem à única categoria de APP que intercede com tais manchas.

⁶⁵ Segundo Guerra e Guerra (2006) remanso se associa ao trecho do rio no qual a corrente fluvial é quase nula.

Mapa 31 – Áreas críticas de inundação (2004) na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Fonte: Adaptado de CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR, 2004.

Dentre as faixas marginais inseridas em áreas críticas de inundação destacam-se aquelas associadas aos canais e rios retinizados e aos cursos d'água denominados valas. As maiores manchas (em área total) envolvem o maior número de cursos d'água e conseqüentemente suas faixas marginais associadas (Quadro 22).

Quadro 22 – Relação dos rios e faixas marginais associados às áreas críticas de inundação na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ

Distrito	Identificação	Área total (Km²)	Rios associados às faixas marginais parcialmente inseridas
Inhomirim	1	0,05	Ribeirão do Imbariê
	2	0,09	Ribeirão do Imbariê
	3	0,08	Ribeirão do Imbariê
	4	0,12	----
Imbariê	5	0,47	Canais do Sangra Macaco e do Imbariê
	6	0,54	Canal Taquara
	7	1,11	Canais Taquara, do Imbariê e afluentes
	8	0,56	Afluente do rio Roncador
	9	2,10	Rios Saracuruna, Roncador e afluentes
Campos Elyseos	10	2,15	Rio Saracuruna e afluente, e vala do Farias
	11	0,39	Vala do Farias
	12	0,23	Afluente da vala do Farias

Fonte: CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR, 2004; O autor, 2013.

Ao se levar em consideração os resultados do indicador de pressão “Alterações de áreas naturais por áreas antrópicas” e o seu cruzamento com as informações obtidas para o impacto, revendo a sub-bacia como um todo, atesta-se que 24 (vinte e quatro), dentre os 185 (cento e oitenta e cinco) pontos de alteração entre usos (2003-2011), estão vinculados às áreas críticas de inundação. Neste caso, 12,9% dos pontos de alteração na sub-bacia se associam a este cenário.

A concentração destes pontos em áreas críticas ocorre em Campos Elyseos (66,6%), seguido por Imbariê (33,3%). Tais pontos refletem, predominantemente (considerando 12 de 24 pontos), a seguinte situação: são novas edificações surgidas em áreas anteriormente classificadas como de campo inundável, as quais foram revertidas em áreas de campo antrópico. Isto indica a expansão da ocupação para este tipo de terreno, ambientalmente frágil. Outras combinações, menos expressivas, ilustram situações associadas à densificação da ocupação nestas áreas críticas de inundação.

Considerando somente os pontos de alteração associados às faixas marginais de rios inseridas em áreas críticas de inundação, atesta-se um total de 16 (dezesseis) pontos dentre os 61 (sessenta e um) identificados por toda a extensão de faixas na sub-bacia. Sendo assim, o valor corresponde a 26,2% dos pontos. Relativamente, este percentual é maior do que o encontrado para o total de pontos vinculados a toda extensão das áreas críticas de inundação.

De maneira mais simplificada, atesta-se que 66,6% dos pontos de alteração em áreas críticas de inundação estão inseridos em faixas marginais de rios (ou seja, 16 pontos em faixas marginais, dentre um total de 24 pontos). A porção distrital de Campos Elyseos concentra predominantemente tais pontos: 75%, contra 25% de Imbariê. A combinação predominante entre tipo de alteração, uso pretérito e uso atual nas faixas marginais de rios segue a mesma tendência verificada para o total das áreas críticas de inundação.

Considerando também os resultados vinculados ao indicador de estado “Impermeabilização do solo” identificou-se que as áreas críticas de inundação na sub-bacia estão relacionadas, predominantemente, à densificação da ocupação nos distritos de Imbariê e Campos Elyseos, em áreas com médio nível de impermeabilização (Quadro 23).

Quadro 23 – Níveis de impermeabilização em áreas críticas de inundação na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ

Nível	Área (km²)	Percentual (%)
Nulo	2,12	26,7
Baixo	1,39	17,5
Médio	3,34	42,2
Alto	1,07	13,5
Total	7,95	100

Fonte: O autor, 2013.

Apesar da predominância da categoria de impermeabilização “médio” em áreas críticas de inundação, a categoria “nulo” também é expressiva, seguida dos níveis baixo e alto. Ao se destrinchar tais resultados por porções distritais pôde-se averiguar maiores correspondências entre os diferentes níveis de impermeabilização e as áreas críticas de inundação inseridas nestas (Quadro 24).

Quadro 24 – Níveis de impermeabilização em áreas críticas de inundação por porção distrital na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ

Nível	Campos Elyseos	Imbariê	Inhomirim
Nulo	42,8%	19,2%	10,2%
Baixo	17,6%	18,6%	6,5%
Médio	39,1%	43,7%	41,9%
Alto	0,5%	18,5%	41,4%
Total	100%	100%	100%

Fonte: O autor, 2013.

Com base no quadro 24 percebe-se que as áreas críticas de inundação na sub-bacia, inseridas em Campos Elyseos, por exemplo, apresentam um percentual maior de áreas com impermeabilização nula. Isto se deve ao fato de que nesta porção há ainda um estoque de terras naturais caracterizadas como brejos, naturalmente inundáveis.

Os percentuais referentes à Imbariê demonstram uma equiparação maior entre os níveis nulo, baixo e alto. O nível de impermeabilização médio se mantém como o predominante, bem como as posições dentre os demais níveis (em comparação com os resultados encontrados no quadro 23).

Por fim, Inhomirim apresenta uma situação diferenciada no que se refere ao nível de impermeabilização em áreas críticas de inundação: a categoria “alto” possui um percentual tão expressivo quanto a categoria “médio”. Tais áreas críticas nesta porção são caracterizadas então por uma maior densificação.

Ao se analisar o percentual dos níveis de impermeabilização em faixas marginais inseridas em áreas críticas de inundação constata-se que a categoria “nulo” apresenta o maior percentual, seguido, no entanto, por percentuais expressivos das demais categorias (Quadro 25).

Quadro 25 – Níveis de impermeabilização em faixas marginais de rios inseridas em áreas críticas de inundação na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ

Nível	Área (km²)	Percentual (%)
Nulo	0,4	35,6
Baixo	0,2	21,7
Médio	0,3	24,2
Alto	0,2	18,5
Total	1,1	100

Fonte: O autor, 2013.

Considerando as porções distritais, mantêm-se a predominância da impermeabilização nula nas faixas marginais de rios inseridas em áreas críticas de inundação de Campos Elyseos (manchas 10, 11 e 12). Já em Imbariê (manchas 5, 6, 7, 8 e 9) e Inhomirim (manchas 1, 2, 3 e 4) a categoria “alto” é a que congrega os maiores percentuais, frente às demais categorias (Quadro 26).

Quadro 26 – Níveis de impermeabilização em faixas marginais de rios inseridas em áreas críticas de inundação por porção distrital na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ

Nível	Campos Elyseos	Imbariê	Inhomirim
Nulo	55,6%	22,2%	21,5%
Baixo	18,2%	25,9%	10,7%
Médio	24,6%	23,2%	31,1%
Alto	1,6%	28,7%	37,6%
Total	100%	100%	100%

Fonte: O autor, 2013.

Cabe ainda dissertar que estas manchas representam somente as áreas críticas de inundação mapeadas junto aos terrenos de baixada da sub-bacia. No entanto, ao longo do médio vale do Saracuruna, por exemplo, na calha de cheia do rio, encontram-se edificações

expostas a bruscas inundações provocadas pelo aumento do volume de água em períodos de precipitação.

No ponto denominado “18” do trabalho de campo realizado na área da sub-bacia (APÊNDICES E e F), constatou-se a presença de edificações junto ao leito de inundação do rio Saracuruna, em uma altitude de cerca de 30 metros. Nesta posição foram identificados níveis artificiais (degraus) em direção ao leito menor do rio, evidenciando que tais construções estão erguidas em diferentes posições de exposição à cheia do rio (Figura 105).

Figura 105 – Ocupação junto à calha do rio Saracuruna (médio curso, em Xerém), RJ



Legenda: Edificação irregular junto à calha do rio. Percebe-se que a construção se encontra em um nível abaixo daquele observado no primeiro plano da imagem.

Fonte: O autor, 2013.

Já no ponto “20” do referido trabalho de campo (APÊNDICES E e F), foram identificadas evidências da cheia do rio Saracuruna e do trabalho mais agressivo de suas águas, em uma altitude de cerca de 40 metros. Nesta posição, onde também se encontram edificações expostas ao risco, percebe-se mais claramente o poder de ação do rio junto à sua planície de inundação, a exemplo de sua cheia e arrasto da vegetação (Figuras 106 e 107).

Figura 106 – Ocupação e evidência de cheia junto à calha do rio Saracuruna (médio curso, em Xerém), RJ



Legenda: A seta indica o lixo preso à vegetação e a marca d'água na construção, evidenciando a cheia do rio.

Fonte: O autor, 2013.

Figura 107 – Evidência do trabalho de arrasto da vegetação junto à planície de inundação do rio Saracuruna (médio curso, em Xerém), RJ



Legenda: Em direção contrária à construção (evidenciada na figura 106), a foto evidencia a planície de inundação do rio Saracuruna com feições características pós-cheia. No destaque percebe-se a vegetação de capim derrubada pelo arrasto das águas do rio.

Fonte: O autor, 2013.

6.2.2.4 Indicador de Resposta - Plano de bacia hidrográfica

O Plano Diretor de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara (CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR, 2005) apresenta, dentre outros programas para melhoria ambiental, o programa de “Controle e prevenção de enchentes”, resposta direta ao indicador de impacto.

Os objetivos do programa acima mencionado consistem em: 1 – Superar as deficiências identificadas; e 2 – Evitar o surgimento de novos problemas, decorrentes do prosseguimento da ocupação urbana. Segundo o documento, as ações propostas para alcançar os objetivos do programa seguem as seguintes diretrizes:

Intervenção do poder público para melhorar o escoamento nos rios (dragagens, canalizações) e para proteção de áreas sujeitas à inundação (pôlderes);
Adoção de medidas preventivas como definição de cotas mínimas para construções, estabelecimento de faixas preservadas e zoneamento de áreas;
Adoção de medidas mitigadoras das consequências das inundações.

A segunda diretriz levantada faz referência ao estabelecimento de faixas preservadas e o zoneamento, os quais emergem em potencial como respostas às APPs. Assim sendo, o programa e diretriz associada devem ser contabilizados junto ao indicador de resposta para a sub-bacia e suas APPs.

O programa “Controle e prevenção de enchentes” estabeleceu 3 (três) linhas de ação, a saber:

- Construção de obras públicas: voltadas à macrodrenagem e o combate às inundações, incluindo a melhoria das calhas dos rios e canais, a substituição de travessias que obstruem o escoamento, e a construção de barragem e pequenos barramentos;
- Medidas preventivas (posturas municipais): envolvem a delimitação das áreas inundáveis e a criação de legislação, tornando-as não urbanizáveis. Neste caso, o piso das construções deverá ser definido acima do nível atingido pelas águas em cheias.
- Medidas mitigadoras: relacionam-se ao serviço de alerta (previsão e aviso de cheia) e às medidas defensivas e de recuperação.

Tais linhas de ação podem ser confrontadas com ações práticas realizadas para a área da sub-bacia do rio Saracuruna. A primeira, relacionada às obras públicas, não redundou em

ações identificadas a priori na sub-bacia em análise. Tais ações são amplamente desenvolvidas na bacia do rio Iguacú, vizinha à bacia do rio Estrela (e sua subcompartimentação, a sub-bacia do rio Saracuruna), por meio do Projeto Iguacú, o qual envolve não somente intervenções sobre a calha dos rios, mas também o redirecionamento da ocupação em faixas marginais e a recuperação destas.

Ainda que algumas ações pontuais tenham sido desenvolvidas ao longo dos anos na sub-bacia do rio Saracuruna, desde o lançamento do plano e programa associado, percebe-se uma carência quanto à recorrência das mesmas e / ou ações mais profundas. Por exemplo, é comum na sub-bacia a presença de canais que sofreram dragagens em períodos anteriores (mesmo que em período mais recente), mas que atualmente se encontram novamente assoreados e tomados por matagal (Figuras 108 e 109).

Figura 108 – Canal Farias após dragagem em janeiro de 2010, Campos Elyseos, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Legenda: Na imagem percebe-se que a calha do canal encontra-se desobstruída, ainda que haja um acúmulo de objetos descartados (sofá) e de folhas (retiradas da copa de árvore) às suas margens. Percebe-se ainda que o canal apresenta marcas de dragagem recente. Imagem de janeiro de 2010, tomada a partir do ponto de visão da Avenida Visconde de Santa Teresa, em Campos Elyseos, Duque de Caxias.

Fonte: Adaptado de GOOGLE STREET VIEW, 2011.

Figura 109 – Canal Farias assoreado e recoberto por mato em abril de 2013, Campos Elyseos, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Legenda: Na imagem percebe-se a obstrução do escoamento no canal assoreado e recoberto por mato. Tal situação, aliada ao alto nível de impermeabilização em suas faixas marginais e entorno, favorece à ocorrência de inundações, bem como de outros impactos decorrentes.

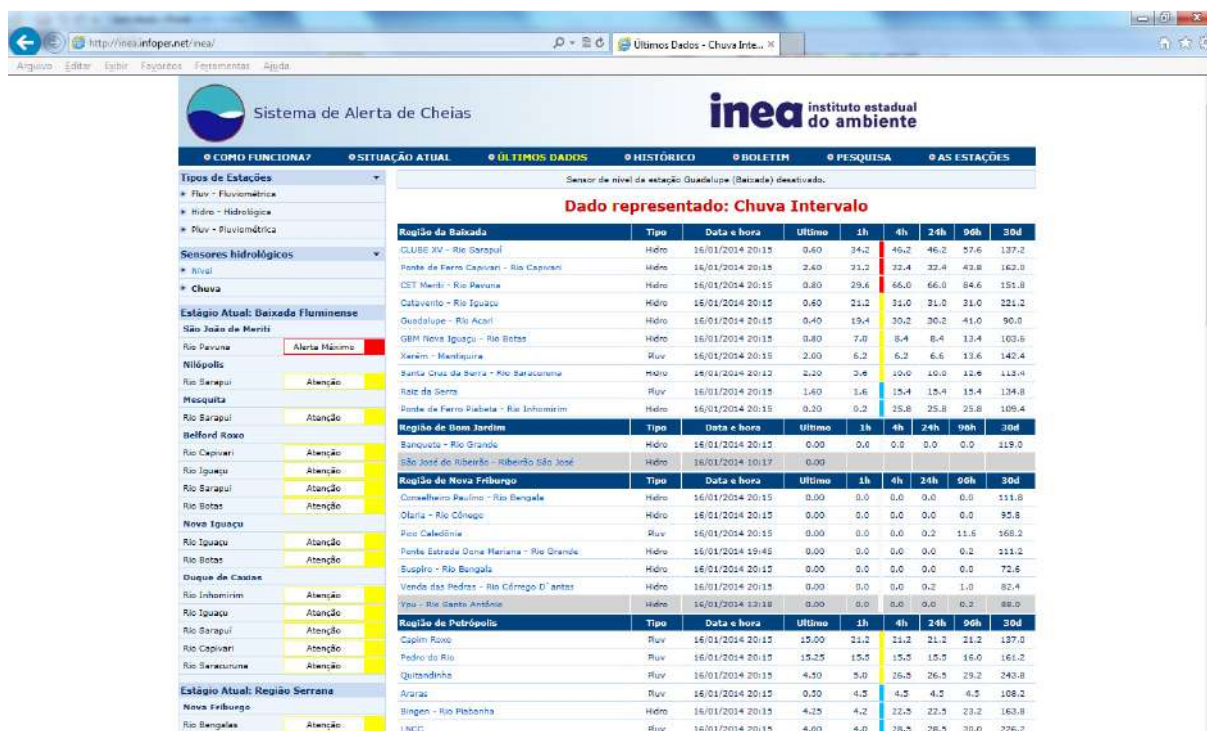
Fonte: O autor, 2013.

No que se refere à segunda linha de ação (medidas preventivas), a qual integra ações mais voltadas à faixa de APP, o levantamento prático do que realmente se definiu aponta para a aplicação dos instrumentos vinculados à política urbana, no âmbito da gestão municipal. Conforme abordado no item 5.7, podem ser acessados, por exemplo, os planos diretores dos municípios que integram a sub-bacia do rio Saracuruna, os quais se adonam, de maneira diferenciada, de instrumentos em potencial, como o zoneamento ambiental.

Por fim, com relação à terceira linha de ação (medidas mitigadoras) destaca-se o desenvolvimento e manutenção da página do Sistema de Alerta de Cheias do INEA (Figura 110), onde se pode acompanhar os dados alimentados ininterruptamente advindos de estações

fluviométricas, hidrológicas e pluviométricas (INEA, 2013b). Na sub-bacia do rio Saracuruna encontra-se a estação hidrológica de Santa Cruz da Serra, a qual monitora o rio Saracuruna.

Figura 110 – Página inicial do Sistema de Alerta de Cheias do INEA



Legenda: Na página inicial do sistema já é possível identificar os níveis de alerta máximo (em vermelho) e de atenção (em amarelo), além dos dados de chuva acumulada de cada estação.

Fonte: Adaptado de INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE, 2013b.

O órgão responsável pela execução do programa corresponde ao responsável pela gestão de recursos hídricos no estado, neste caso, o INEA⁶⁶. A operação e manutenção das obras devem ser realizadas por este órgão de maneira isolada ou em conjunto com as prefeituras e associações de moradores. No que tange às medidas mitigadoras, as decisões cabem ao este mesmo órgão, em conjunto com a Defesa Civil do estado e prefeituras.

As metas estabelecidas no documento envolvem o desenvolvimento das ações até 2020. Como fontes des recursos financeiros para implantação do programa foram definidos os financiamentos externos e da União, bem como o tesouro do Estado do Rio de Janeiro.

De acordo com o Plano Plurianual - 2012-2015 (RIO DE JANEIRO, 2011b), para o setor ambiental, há a perspectiva (macro-objetivo) de consolidação de três agendas, assim

⁶⁶ O órgão previsto na ocasião de lançamento do plano foi a SERLA, incorporada juntamente com outros órgãos ao recém-criado INEA.

definidas: a Agenda Marrom, que incorpora os compromissos voltados para o controle da poluição, envolvendo, dentre outros, o licenciamento, a fiscalização e o monitoramento da qualidade do ambiente; a Agenda Azul, que representa os compromissos relacionados à gestão das águas, compreendendo os recursos hídricos e os ambientes lacustres e marinhos; e a Agenda Verde, que compreende as ações voltadas para a conservação e recuperação dos recursos florestais, incluindo a flora e a fauna.

A partir deste macro-objetivo, pode-se citar, dentre os objetivos setoriais: a prevenção e o controle de cheias e inundações, com a definição de ações tais como a dragagem de rios e canais e o remanejamento e reassentamento de famílias em áreas de APP de rios. Confere-se assim, um alto potencial de direcionamento das mesmas na sub-bacia do rio Saracuruna, de forma parcialmente prevista pelo programa de “Controle e prevenção de enchentes” em Consórcio Ecologus-Agrar (2005). Salienta-se que estes programas podem estar associados às ações de manutenção e recuperação da função ambiental de APPs, especialmente aquelas inseridas em áreas críticas de inundação.







Recorrendo novamente ao plano de bacia da RHBG+SLMJ, pode ainda ser elencado outro programa, como resposta em potencial frente à pressão e ao estado analisados. O programa de “Monitoramento ambiental”, por exemplo, apresenta como diretriz a implantação de base de dados relacionada à conservação, recuperação e restauração florestal, constituindo uma de suas linhas de ação o monitoramento das alterações na paisagem na região hidrográfica em pauta, enfatizando-se os remanescentes de vegetação (CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR, 2005). Tal programa reflete assim uma resposta às alterações de áreas naturais por áreas antrópicas na sub-bacia do rio Saracuruna.

Ao todo, foram então levantados, junto ao plano de bacia analisado, 2 (dois) programas e 4 (quatro) diretrizes frente aos temas analisados no ciclo em tela.




6.2.3 Ciclos parcialmente aplicados



No quadro 27 temos a exemplificação de 2 (dois) ciclos parcialmente aplicados voltados ao grupo de APPs de categorias ligadas à drenagem. O ciclo 1 possui 75% de seus indicadores diretamente vinculados à temática das APPs. Já o ciclo 2 possui apenas 50% de indicadores com tais características.

Quadro 27 – Ciclos parcialmente aplicados para avaliação de APPs – Grupo de categorias ligadas à drenagem

Grupo de APP (ciclo)	Componentes do PEIR / Indicadores			
	Pressão	Estado	Impacto	Resposta
Margem de rios, entorno de nascentes e reservatórios (1)	 <i>Acesso à infraestrutura sanitária</i>	 Uso do solo	 Danos aos ecossistemas	Plano diretor urbano
Margem de rios, entorno de nascentes e reservatórios (2)	 Redução da cobertura vegetal	 <i>Disponibilidade hídrica</i>	 <i>Escassez de água</i>	Áreas protegidas

Legenda: 1 – Em *itálico*: indicadores *transversalmente* vinculados ao tema;

2 - () Preservar os recursos hídricos; () Preservar a paisagem; ()

Preservar a biodiversidade; () Proteger o solo; () Assegurar o bem-estar das populações humanas.

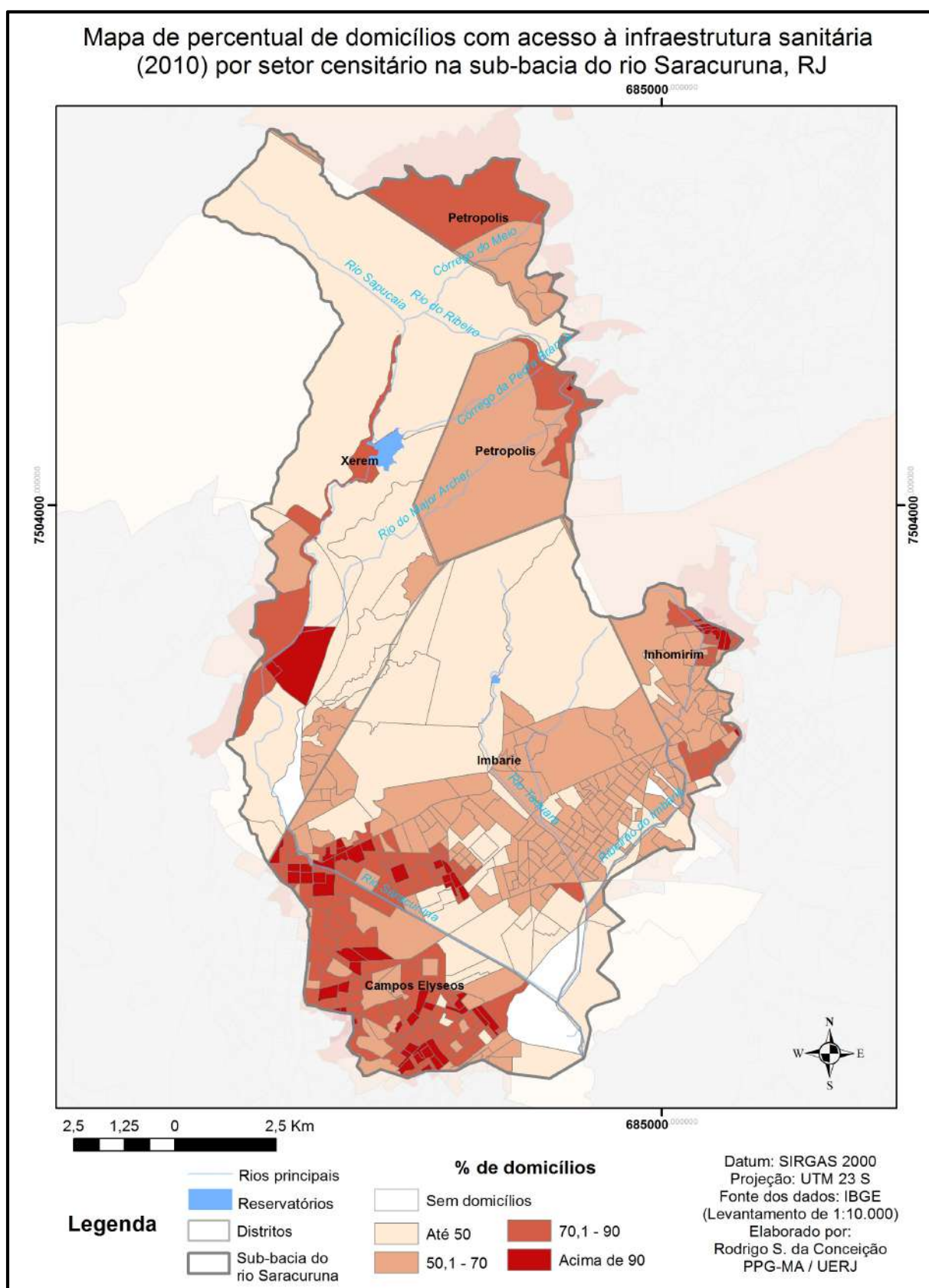
Fonte: O autor, 2013.

❖ Ciclo parcialmente aplicado 1

O presente ciclo traz como indicador de pressão o “acesso à infraestrutura sanitária”. Tal indicador, representativo da função ambiental de preservação da paisagem, a qual também contempla os aspectos humanos, promoveu resultados vinculados aos denominados setores censitários da sub-bacia do rio Saracuruna.

Percebe-se no mapa 32 que os setores com maior percentual de domicílios com acesso à infraestrutura sanitária (considerando acima de 70%) se concentram na porção sudoeste da sub-bacia, junto à divisa entre os distritos de Campos Elyseos e Imbariê (no início do trecho canalizado do rio Saracuruna); e em direção ao sul da compartimentação, no Distrito de Campos Elyseos. À oeste da sub-bacia (em Xerém), ao norte (em Petrópolis) e à leste (em Inhomirim) se encontram também, de maneira menos concentrada, alguns setores com estas características.

Mapa 32 – Percentual de domicílios com acesso à infraestrutura sanitária (2010) por setor censitário na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Fonte: Adaptado de INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2011d; 2013a.

Por outro lado, extensos setores rurais e áreas com o predomínio de florestas (áreas de manancial e de concentração de nascentes) possuem baixo percentual de acesso à infraestrutura sanitária, ainda que a ocupação de domicílios nestas porções seja igualmente baixa. Uma das situações desfavoráveis à preservação de ecossistemas, neste caso, é a extração ilegal de água.

Este mesmo cenário ocorre ao sul, em direção à foz do rio Saracuruna, em terrenos brejosos com características peculiares no que se refere aos sistemas aquáticos e à vegetação de terras baixas e encharcadas. Nestas porções, predominam canais poluídos e terrenos com acúmulo de lixo, inclusive em APPs, reflexo de todo este contexto.

O “uso do solo”, aqui presente como indicador de estado, se associa à função ambiental de proteção do solo. Neste caso, o tipo de uso do solo conduz a identificação de áreas com distintas características ambientais (inclusive quanto ao nível de exposição do solo às consequências do baixo acesso à infraestrutura sanitária) frente ao cenário, espacialmente agregado (informações vinculadas ao setor com um todo), exposto pelo indicador de pressão.

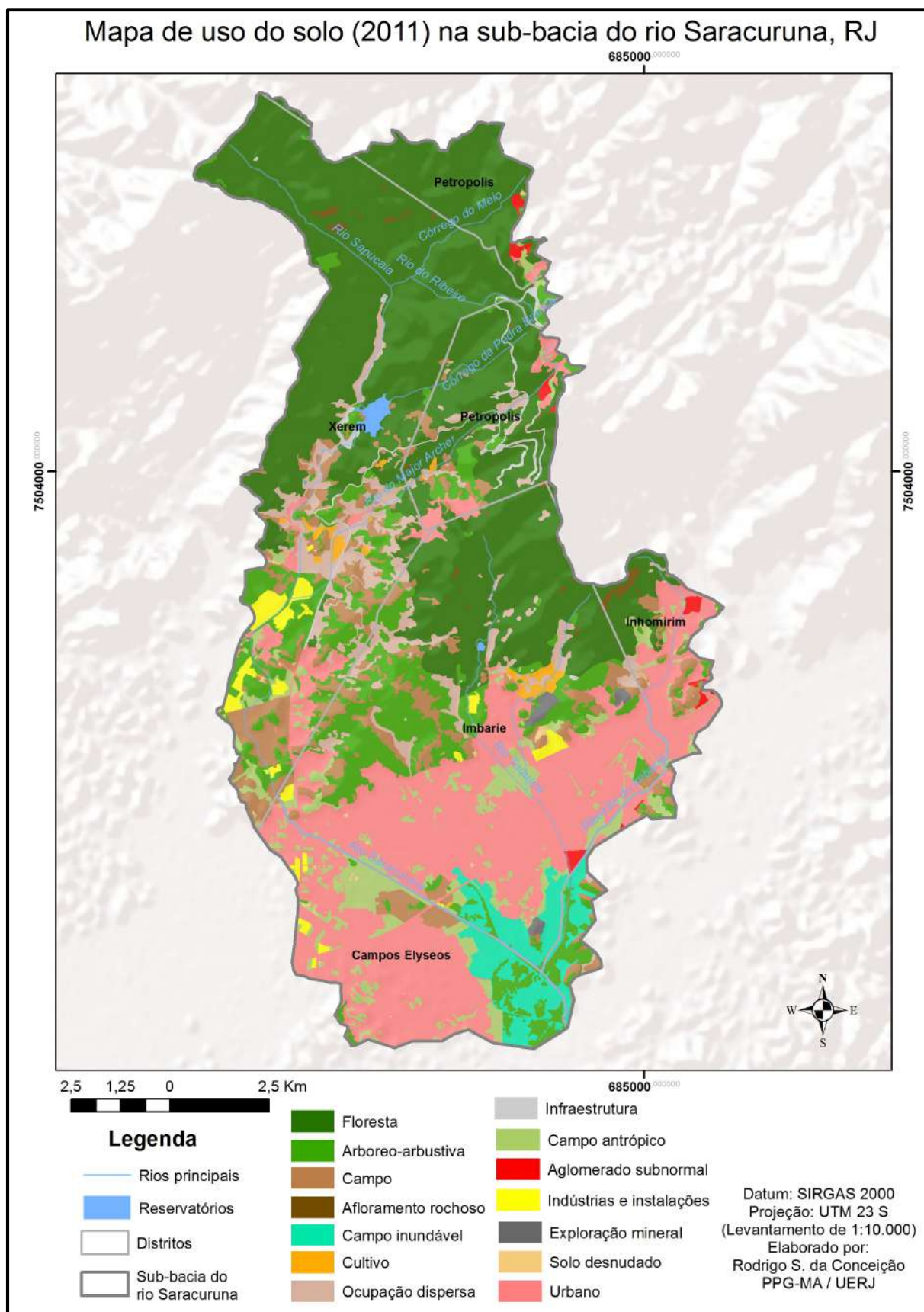
Os resultados encontrados para o indicador demonstram a predominância de classes de uso naturais ao norte da sub-bacia do rio Saracuruna; áreas não-urbanizadas (ocupação dispersa) junto à porção central (em Xerém); e uma extensa área urbanizada ao sul, limitada por campos sujeitos à inundação (Mapa 33).

A sub-bacia é predominantemente recoberta por florestas. Dentre as categorias de APP, o entorno de reservatórios d’água artificiais é a que contempla o maior percentual desta classe de uso, também predominante dentre as demais categorias (Quadro 28).

Dentre os usos antrópicos, na sub-bacia como um todo, predominam as áreas urbanas, assim como nas faixas marginais de rios. Já no entorno de reservatórios d’água e de nascentes o uso antrópico predominante é a ocupação dispersa.

No que se refere às atividades desenvolvidas na sub-bacia, identificadas por meio do uso do solo, a industrial é a mais representativa, seguida pelo cultivo. Em faixas marginais de rios tais atividades também são identificadas, nesta mesma ordem. Destaca-se, por exemplo, a exploração mineral, a qual transforma bruscamente a paisagem. Tal uso é revisto inclusive em faixas destinadas à preservação permanente de margens de rios e de nascentes, de acordo com o quadro 28.

Mapa 33 – Uso do solo (2011) na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Fonte: O autor, 2013.

Quadro 28 – Percentual de uso do solo (2011) em categorias de APPs ligadas à drenagem e na área total da sub-bacia do rio Saracuruna, RJ

Classes de uso do solo (2011)	Categorias de APP (%)			Sub-bacia (%)
	Margem de rio	Entorno de reservatório	Entorno de nascente	
Afloramento rochoso	0,04	0	0,50	0,37
Aglomerado subnormal	0,34	0	0,23	0,48
Cultivo	0,84	0	0	0,58
Água	0,63	0	0	0,28
Arbóreo-arbustiva	13,49	13,56	17,08	11,92
Campo	5,14	6,39	9,15	7,61
Campo antrópico	5,30	0	0,23	5,33
Campo inundável	3,83	0	0	3,32
Ocupação dispersa	9,53	3,65	2,59	4,90
Floresta	42,58	71,54	65,68	38,26
Indústrias e instalações	1,01	0	0,64	1,33
Infraestrutura	1,10	4,86	1,23	0,79
Exploração mineral	0,03	0	0,08	0,32
Solo desnudado	0,05	0	0,13	0,19
Urbano	16,08	0	2,44	24,37
Total	100	100	100	100

Fonte: O autor, 2013.

Já para o indicador de impacto “danos aos ecossistemas”, representativo da função ambiental de preservação da biodiversidade, são apresentadas informações gerais relacionadas às alterações químicas, biológicas e físicas na sub-bacia do rio Saracuruna. Tais informações, ainda que genéricas, justificam a sua presença no ciclo e o seu potencial para mensuração.

No que se relacionam às alterações químicas e biológicas pode-se recorrer a Santos (2006), o qual indica que, em áreas urbanas da sub-bacia, o processo de lançamento de esgotos sem tratamento é uma constante realidade, contribuindo para o incremento de fosfato no curso principal e nos afluentes que atravessam tais áreas.

Tal situação contribui para a proliferação de algas, acelerando indesejavelmente, em determinadas condições, o processo de eutrofização. Por outro lado, o fósforo é um nutriente fundamental para o crescimento e multiplicação das bactérias responsáveis pelos mecanismos bioquímicos de estabilização da matéria orgânica (SANTOS, 2006).

Ainda nesta perspectiva a decomposição do lixo acumulado, inclusive em faixas de APPs na sub-bacia, conforme verificado na caracterização da área de estudo, leva à produção de chorume. A lixiviação de compostos orgânicos ocorre de maneira a afetar o solo e os ambientes aquáticos.

Dentre as alterações físicas citam-se as obras de drenagem e dragagem acompanhando a recuperação de canais poluídos por materiais dissolvidos e dejetos. Tais obras alteraram a configuração física dos trechos inferiores dos rios contribuindo à intensificação de processos como a erosão e sedimentação (CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR, 2004).

O indicador de resposta “plano diretor urbano”, oferece como resultados o elenco de instrumentos e diretrizes voltados ao saneamento (atendendo à pressão) e ao uso do solo e preservação de ecossistemas (estado), em alguns casos de maneira integrada, com potencial de aplicação na área da sub-bacia do rio Saracuruna e sua APPs, ainda que os resultados específicos sejam raros. Com relação aos danos aos ecossistemas (impacto), pouco se estabelece.

O Plano Diretor de Duque de Caxias traça como um de seus objetivos estratégicos a promoção de destinação de verbas orçamentárias para elevar as condições gerais de saneamento ambiental, em especial de infraestrutura de rede de esgotos e de abastecimento de água. Prevê-se ainda a elaboração do Plano Municipal de Saneamento Ambiental. Dentre as diretrizes que atendem especificamente ao tema e à área de estudo em análise constam 4 (quatro) em potencial:

- Estímulo ao acesso de toda a população ao abastecimento de água em quantidade suficiente e dentro dos padrões de potabilidade;
- Elaboração de estudo de viabilidade sócio-econômica de implantação da Companhia Municipal de Águas e Esgotos e de elaboração de novos projetos de sistemas de infraestrutura sanitária, conforme as estratégias de ordenamento urbano;

- Priorização de ações de tratamento dos efluentes sanitários que drenam para o rio Saracuruna, como experiência-piloto de recuperação ambiental dos corpos hídricos do município;
- Promoção da gestão conjunta com outros níveis de governo, iniciativa privada, bem como entre os órgãos municipais competentes, a fim de reunir esforços em ações voltadas à proteção das nascentes de água no território municipal; ao controle dos pontos de captação de água nos mananciais de abastecimento do município e da instalação de empreendimentos poluentes e do despejo de esgotos industrial e doméstico; ao condicionamento do licenciamento da expansão urbana à verificação de disponibilidade instalada ou projetada dos sistemas de abastecimento de água; ao incentivo à instalação de fossas sépticas em locais onde não existe rede geral de esgotamento sanitário;

Outro objetivo contido no plano se associa à preservação e à recuperação dos ecossistemas naturais do município, envolvendo inclusive, quando couber, a gestão ambiental compartilhada com os municípios vizinhos. Ainda, o plano avança no que se refere à ocupação em APPs às margens de rios, indicando, dentre as diretrizes da política ambiental, o desenvolvimento do programa de “Ação Municipal para Recuperação de Recursos Hídricos”, o qual prevê o remanejamento de população ribeirinha, recuperação de mata ciliar e tratamento de efluentes. E ainda: “nas faixas marginais ribeirinhas poderão ser instaladas vias urbanas que exerçam a função de limite físico de contenção do avanço da urbanização sobre os recursos hídricos [...] desde que licenciadas pelos órgãos ambientais competentes”, a exemplo do INEA (DUQUE DE CAXIAS, 2006, p. 5 a 6).

Com relação especificamente ao uso do solo, o Plano Diretor de Duque de Caxias determina diretrizes de uso e intervenção vinculadas às Zonas Especiais de Interesse Ambiental presentes na sub-bacia e que integram APPs ligadas a drenagem, em especial às margens de rios. Dentre estas ZEIAs, excluindo a UCs formalizadas, destacam-se:

- ZEIA do rio Saracuruna: voltada à preservação da mata ciliar e remanescente de Mata Atlântica iminente à ocupação, constituindo foco de ações de reflorestamento;
- ZEIA do rio Roncador: voltada à preservação do ecossistema natural e à permeabilidade do solo para função de drenagem pluvial, constituindo foco de ações de reflorestamento.

O Plano Diretor de Magé também associa aos seus objetivos a garantia de infraestrutura sanitária adequada. No plano é esclarecido ainda que “não se procederá regularização fundiária em áreas de risco, ou ambientalmente frágeis, como beiras de rio, mangues e erosão.” (MAGÉ, 2006, p. 41). Associadas a isto são definidas as seguintes diretrizes gerais (3 ao total):

- Os serviços de saneamento ambiental integrado deverão se estender a toda a área do município, priorizando-se ao atendimento das áreas ainda não servidas por redes de água potável e de esgoto sanitário, por meio de complementação ou ativação das respectivas redes de distribuição e coletoras;
- Promoção da recuperação das áreas já degradadas do território municipal, seja do ponto de vista físico, químico ou biológico, pela reversão das condições ambientais respectivas;
- Na estruturação de território, deverão ser tomados como referência a paisagem urbana e os elementos naturais;

Especificamente sobre a infraestrutura sanitária elencam-se 4 (quatro) diretrizes pertinentes ao tema:

- Promoção ao planejamento de obras de complementação da rede de distribuição de água nas áreas urbanas do município segundo a Lei do Zoneamento;
- Estímulo à instalação de fossas /filtro condominiais ou individuais nas novas construções localizadas em áreas desprovidas de redes de esgotamento sanitário;
- Realização de estudo de rede coletora e de estações de tratamento necessárias à condução dos efluentes a destino adequado sem provocar poluição seja em cursos d'água seja do lençol freático, ou em logradouros e outros ambientes habitados; bem como estudo de coletores tronco interceptores, nos trechos urbanos existentes ao longo dos principais rios do município para captação dos efluentes dos coletores das sub-bacias e sua condução às estações de tratamento, impedindo o acesso desses efluentes ao leito dos rios;
- Estabelecimento de sistema de coleta e tratamento de resíduos sólidos, dando-se ênfase à coleta seletiva para separação do lixo orgânico daquele reciclável, com orientação para separação na fonte do lixo domiciliar.

O Plano Diretor de Petrópolis (PETRÓPOLIS, 2005) elenca de maneira genérica, junto à política de meio ambiente e de uso do solo, as seguintes diretrizes (2 ao total):

- Criação de um programa de recuperação das margens dos rios;
- Priorização da ocupação e adensamento em áreas com potencial de melhoria de infraestrutura e adequação à topografia.

Dentre as diretrizes específicas à infraestrutura sanitária elencam-se 4 (quatro) de interesse ao tema:

- Utilização adequada dos mananciais de pequena vazão e olhos d'água, para abastecimento de áreas restritas;
- Fomento e acompanhamento junto à concessionária de serviços de água e esgoto e implantação de saneamento básico nas comunidades carentes;
- Criação de uma política de incentivo à utilização de sistemas de esgotamento sanitário ambientalmente adequados;
- Criação de formas alternativas de coleta de lixo em bairros periféricos ou íngremes, objetivando eficácia e diminuição de custos.

❖ Ciclo parcialmente aplicado 2

O presente ciclo possui como indicador de pressão a “redução da cobertura vegetal”, representando a função ambiental de preservação da paisagem; como indicador de estado a “disponibilidade hídrica”, representando a preservação dos recursos hídricos; e como indicador de impacto a “escassez de água”, representando o asseguramento do bem-estar das populações humanas. Tais indicadores fazem parte do grupo com potencial para mensuração.

No que se relaciona à “redução da cobertura vegetal”, ressalta-se a ocorrência, ao longo dos anos, e em menor grau na última década, de desmatamentos em faixas marginais de rios, entorno de reservatórios d'água e de nascentes na sub-bacia do rio Saracuruna, inclusive em sua posição à montante, onde se assentam as UCs federais (COSTA et. al., 1995; CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR, 2004).

Identifica-se na APA de Petrópolis a redução da cobertura vegetal, resultando na fragmentação ou o isolamento das manchas de remanescentes. Tal situação também ocorre na Rebio do Tinguá, inclusive em faixas de APP (IBAMA, 2006; 2007).

Como apontado por Consórcio Ecologus-Agrar (2004), na sub-bacia do rio Saracuruna encontra-se um importante manancial de superfície (Mantiquira) com potencial para abastecimento público. No entanto, tais conflitos identificados nas UCs (implicando na redução da cobertura vegetal), que protegem este manancial, podem comprometer a qualidade e quantidade dos recursos hídricos.

A respeito da “disponibilidade hídrica”, de acordo com o Consórcio Ecologus-Agrar (2004), a bacia do rio Estrela é uma das maiores fontes hídricas que contribuem para a Baía de Guanabara, assim como para o abastecimento na região. Como visto na caracterização da área de estudo, na sub-bacia do rio Saracuruna ocorrem as captações do Sistema Mantiquira (abastecimento de localidades urbanas inseridas na sub-bacia) e da Barragem do Saracuruna (abastecimento da REDUC).

Conforme o documento supracitado, as duas captações somadas exportam 1.160 l/s (1,1m³/s). Segundo a CEDAE (2010), atualmente o Sistema Mantiquira opera com uma vazão média de 700 l/s (0,7m³/s).

O Consórcio Ecologus-Agrar (op. cit., p. 47) reconheceu na ocasião do levantamento a elevada disponibilidade hídrica em unidades de balanço da sub-bacia. Especificamente, o documento ainda relata que o nível de utilização das potencialidades é alto em Mantiquira e crítico na Barragem do Saracuruna, “onde as demandas hídricas consuntivas e as vazões exportadas são quase iguais às vazões regularizadas pelo reservatório.”

Segundo Schor (2006) a preservação das matas ciliares pode contribuir com a regularização da vazão na Barragem do Saracuruna. Costa et. al. (1995) já haviam alertado para a necessidade de restabelecimento das condições de equilíbrio dinâmico do sistema vegetação-solo-água da unidade de balanço, de forma a contribuir para existência do reservatório em plenas condições de atendimento às necessidades da refinaria.

Segundo o Plano Diretor de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara há uma tendência de que a vazão média demandada para captação no Sistema Mantiquira triplique até 2020. No que se relaciona à “escassez de água”, o documento informa ainda que há falhas no abastecimento de água do referido sistema em algumas localidades, dentre elas Santa Cruz da Serra e Imbariê, nos distritos de Campos Elyseos e Imbariê. Assim sendo, é revista a necessidade de preservação e recuperação das cabeceiras de

rios objetivando a qualidade e distribuição sazonal mais adequada dos recursos hídricos neste sistema (CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR, 2004).

O indicador de resposta é o de “áreas protegidas”, aplicado a partir da caracterização da área de estudo. Como resultados têm-se o número total de UCs inseridas na sub-bacia: 5 (cinco) ao total; e a extensão de áreas protegidas na sub-bacia: 77,7 km², ou 41,3% com relação ao total de área da compartimentação. No que se refere ao percentual de APPs da sub-bacia inseridas em UCs, observa-se uma incorporação maior do entorno de nascentes (Quadro 29).

Quadro 29 – Percentual de APPs inseridas em UCs na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ

Categoria	Área (km²)	Percentual (%)
Margem de rio	11,48	43,2
Entorno de reservatório	0,19	33,4
Entorno de nascente	1,72	77,9

Fonte: O autor 2013.

São expostas ainda, de maneira complementar, algumas considerações a respeito do tratamento das faixas de APP em UCs da sub-bacia do rio Saracuruna. No Plano de Manejo da Rebio do Tinguá (IBAMA, 2006), por exemplo, estabeleceu-se o zoneamento da UC auxiliando o seu manejo. No que se refere à “zona de recuperação” da Rebio um de seus segmentos corresponde ao contorno das APPs de quatro afluentes do rio Sapucaia, na sub-bacia do rio Saracuruna, objetivando a regeneração natural da vegetação ciliar nativa e a manutenção das florestas ao longo dos mananciais.

Já o Plano de Manejo da APA de Petrópolis (IBAMA, 2007) define, por exemplo, diretrizes de ocupação na denominada “zona de expansão da ocupação”, considerando a área nominal das APPs, a saber: articulação, junto às prefeituras, de projetos habitacionais e de urbanização; incentivo a manutenção e incremento da cobertura vegetal nativa nas áreas a serem ocupadas; apoio a um programa de aproveitamento e tratamento adequado dos recursos hídricos locais; a articulação junto aos órgãos de interesse para alocação de recursos financeiros em projetos de reflorestamento, dentre outras.

Mais especificamente sobre os mananciais o plano defende a chamada “Área Estratégica Mananciais e Cursos D’água”, a qual compreende as nascentes responsáveis pela formação dos corpos hídricos da APA e entorno, envolvendo a recuperação de APPs. Dentre

as atividades relacionadas à esta zona, cita-se a inserção das bacias e sub-bacias hidrográficas como referência nos trabalhos de educação ambiental, por exemplo.

6.2.4 Legitimação de APPs de margem de rios, entorno de nascentes e de reservatórios d'água artificiais

O mapa síntese da situação das APPs ligadas à drenagem na sub-bacia do rio Saracuruna apresenta a localização, extensão e distribuição das APPs legitimadas quanto à manutenção de suas funções ambientais, previstas no Código Florestal, e avaliadas junto ao ciclo aplicado. As mesmas se concentram ao norte e ao centro da sub-bacia.

Ao sul, junto à foz do rio Saracuruna, tais faixas também mantêm suas características básicas, ainda que não se observe nos corpos hídricos nesta posição (a exemplo do rio Saracuruna) a integridade ecológica de seu sistema aquático, altamente poluído, conforme identificado por IBG (2002) junto à caracterização da área de estudo.

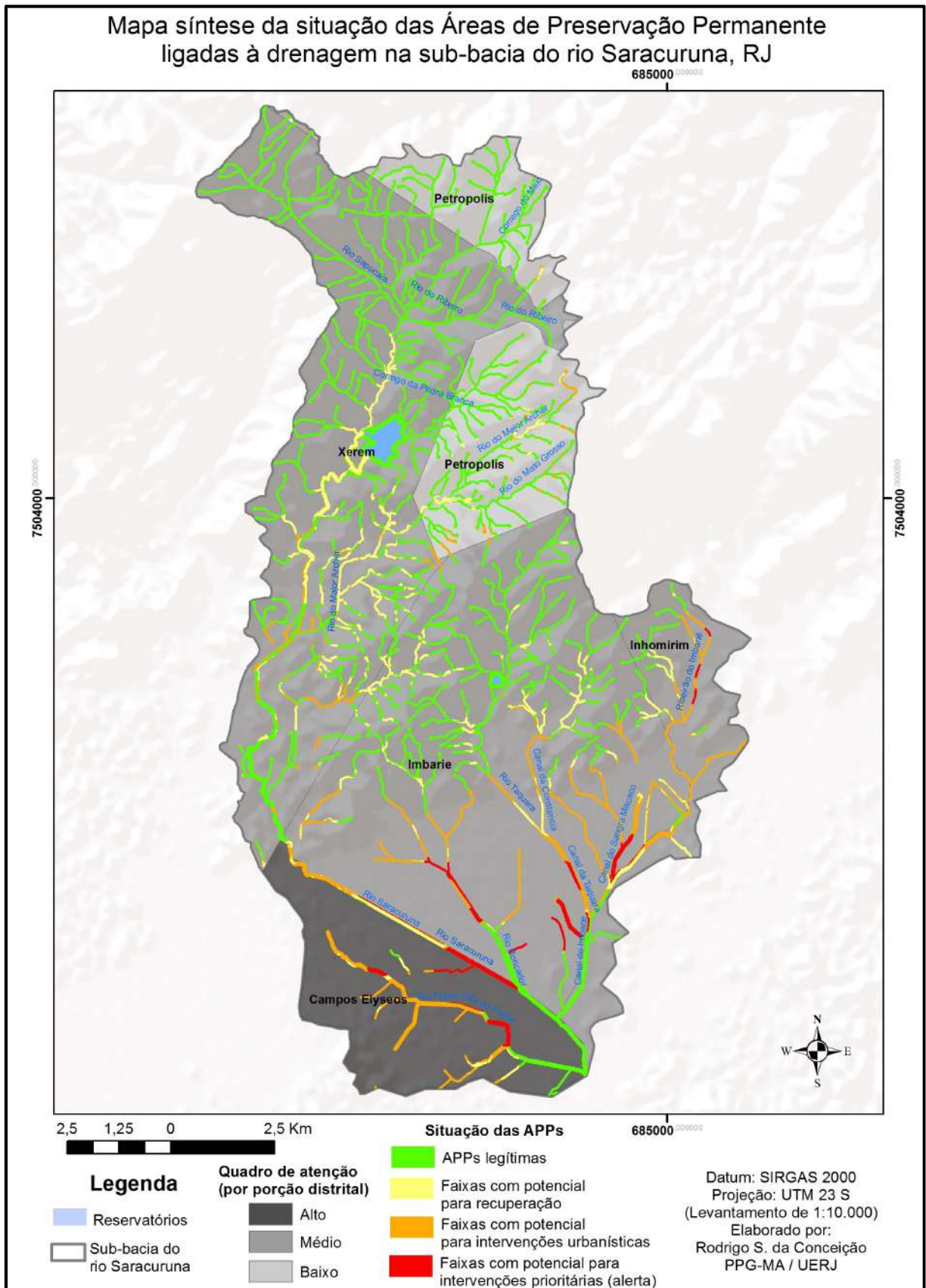
As faixas com potencial de recuperação se concentram junto ao médio vale do rio Saracuruna, em Xerém, vinculando-se inclusive às faixas marginais deste rio e seus tributários ao norte do Reservatório do Saracuruna, e, principalmente, à jusante de sua barragem. Constituem faixas de interesse à preservação dos recursos hídricos voltados ao abastecimento residencial e industrial.

Já as faixas com potencial para intervenções urbanísticas ou prioritárias (áreas de alerta) se concentram ao sul, por toda a extensão de baixada, e vinculadas, basicamente, ao baixo curso de rios e canais (Mapa 34).

As faixas identificadas como de potencial para intervenções urbanísticas apresentam, em muitos casos, aspecto retilíneo, a exemplo das faixas marginais dos canais da Taquara e da Constância, e dos tributários do rio Roncador, em Imbariê; e dos rios Saracuruna (início de seu baixo curso em áreas urbanizadas) e Farias.

Por fim, as faixas voltadas às intervenções prioritárias se associam às áreas críticas de inundação junto ao ribeirão do Imbariê, em Inhomirim; canais da Taquara, Imbariê e do Sangra Macaco e rio Roncador, em Imbariê; e rios Saracuruna e Farias, em Campos Elyseos. Tais cursos, nestas posições, apresentam morfologia retificada.

Mapa 34 – Síntese da situação das Áreas de Preservação Permanente ligadas à drenagem na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Fonte: O autor, 2013.

Ainda com base no mapa 34, destaca-se a compartimentação da sub-bacia em porções (distritais) com diferentes níveis de atenção com relação às alterações em APPs ligadas à drenagem. Campos Elyseos representa o quadro de atenção “alto”, ao sul; Xerém, Imbariê e Inhomirim integram o quadro de atenção “médio”, desde o norte ao sul; e Petrópolis, o quadro de atenção “baixo”, ao norte.

Ao se discretizar os resultados por cada categoria de APP (dentro o grupo ligado à drenagem) percebe-se que o entorno de reservatórios d’água artificiais contempla o maior percentual de áreas legitimadas, seguido pelo entorno de nascentes. A situação, no entanto, é menos favorável com relação às APPs de magem de rios, as quais apresentam percentuais expressivos de faixas com potencial para intervenções urbanísticas e para recuperação, além de ser a única categoria que contempla faixas com potencial para intervenções prioritárias (Quadro 30).

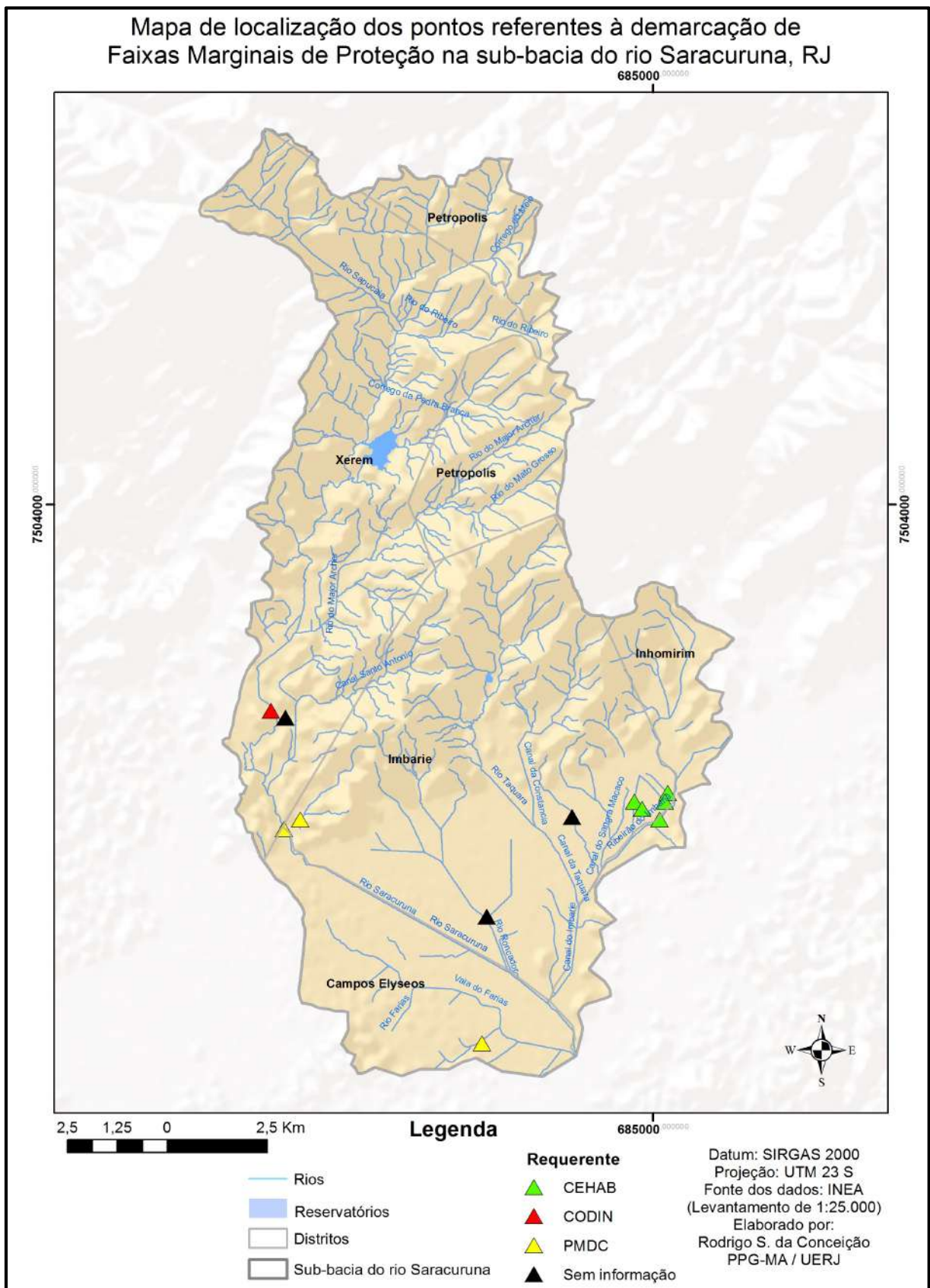
Quadro 30 – Percentual referente à situação das APPs ligadas à drenagem na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ

Situação	Margem de rio	Entorno de reservatório	Entorno de nascente
APPs legitimadas	61,4%	93,4%	91,9%
Faixas com potencial para recuperação	15,8%	3,7%	3,4%
Faixas com potencial para intervenções urbanísticas	18,5%	2,9%	4,7%
Faixas com potencial para intervenções prioritárias	4,3%	0%	0%
Total	100%	100%	100%

Fonte: O autor, 2013.

Frente à situação das APPs, em especial da categoria “margem de rio”, pode-se apontar demandas, ao longo dos anos, vinculadas à demarcação de Faixas Marginais de Proteção (FMPs) pelo poder público. A sub-bacia do rio Saracuruna possui um conjunto de 12 (doze) FMPs demarcadas pelo INEA (Mapa 35). Estas faixas se caracterizam pela localização próxima a áreas consolidadas e em expansão (identificadas como de potencial para recuperação e para intervenções urbanísticas), de uso industrial ou residencial.

Mapa 35 – Localização dos pontos de demarcação da largura dos rios para fins de determinação de FMPs na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Fonte: Adaptado de INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE, 2011d; 2013c.

As FMPs demarcadas na sub-bacia, de maneira pontual e a partir de solicitação de requerentes distintos, se concentram ao sul, ao longo da extensão dos rios Saracuruna e Imbariê, e afluentes; além dos rios Roncador e Farias. Dentre os requerentes para demarcação das FMPs percebe-se a presença de órgãos públicos e de empresas privadas (Quadro 31).

Quadro 31 – Listagem dos processos de FMPs na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ

Requerente	Processo (ANO)	Rio / Seção / Faixa
Prefeitura Municipal de Duque de Caxias	E-07/102. 423/2008	Afluentes do rio Saracuruna Seção do rio = 4m Faixa = 10m
		Rio Saracuruna Seção do rio = 27,3m Faixa = 50m
	E-07/500. 960/2009	Afluentes do rio Faria Seção do rio = 9,9m Faixa = 5m
Companhia de Desenvolvimento Industrial do Estado do Rio de Janeiro (CODIN)	OF. CODIN PR. 137/2009	Rio Saracuruna Seção do rio = 22,6m Faixa = 50m
Companhia Estadual de Habitação do Rio de Janeiro (CEHAB)	OF.02 –DPO. 153/2009	Rio Imbariê Seção do rio = 16m Faixa = 15m
		Afluentes do rio Imbariê Seção do rio = 4m Faixa = 1,5m
		Afluentes do rio Imbariê Seção do rio = 4,1m Faixa = 1,5m
		Afluentes do rio Imbariê Seção do rio = 4m Faixa = 1,5m
		Afluentes do rio Imbariê Seção do rio = 3,7m Faixa = 1,5m
Sem informação	Sem informação	Rio Saracuruna Seção do rio = 24m Faixa = Sem informação
		Afluentes do rio Imbariê Seção do rio = 9,4m Faixa = Sem informação
		Rio Roncador Seção do rio = 30m Faixa = Sem informação

Fonte: Adaptado de INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE, 2011d; 2013c.

6.3 Ciclos para avaliação de APPs de topo de elevações e de declividade acima de 45°

Para avaliação de APPs de topo de elevações e de declividade acima de 45° são apresentados, além do mapa de delimitação das faixas vinculadas a tais categorias, a quantificação de indicadores pertencentes ao ciclo *PEIR* aplicado e os resultados que ilustram 2 (dois) ciclos *PEIR* parcialmente aplicados. Por fim, revela-se ainda o mapa de legitimação de APPs do grupo mencionado e informações descritivas associadas.

6.3.1 Faixas delimitadas para topo de elevações e declividade acima de 45°

A sub-bacia do rio Saracuruna integra faixas associadas às categorias de APP de topo de elevações e de declividade acima de 45° concentradas ao norte, em áreas de relevo de altitude. As faixas de topo de elevações correspondem a uma área de 5,4 km², ou 2,9% com relação à área total da sub-bacia. As faixas com declividade acima de 45° possuem uma área de 1,1 km², ou 0,6% com relação à área total da sub-bacia.

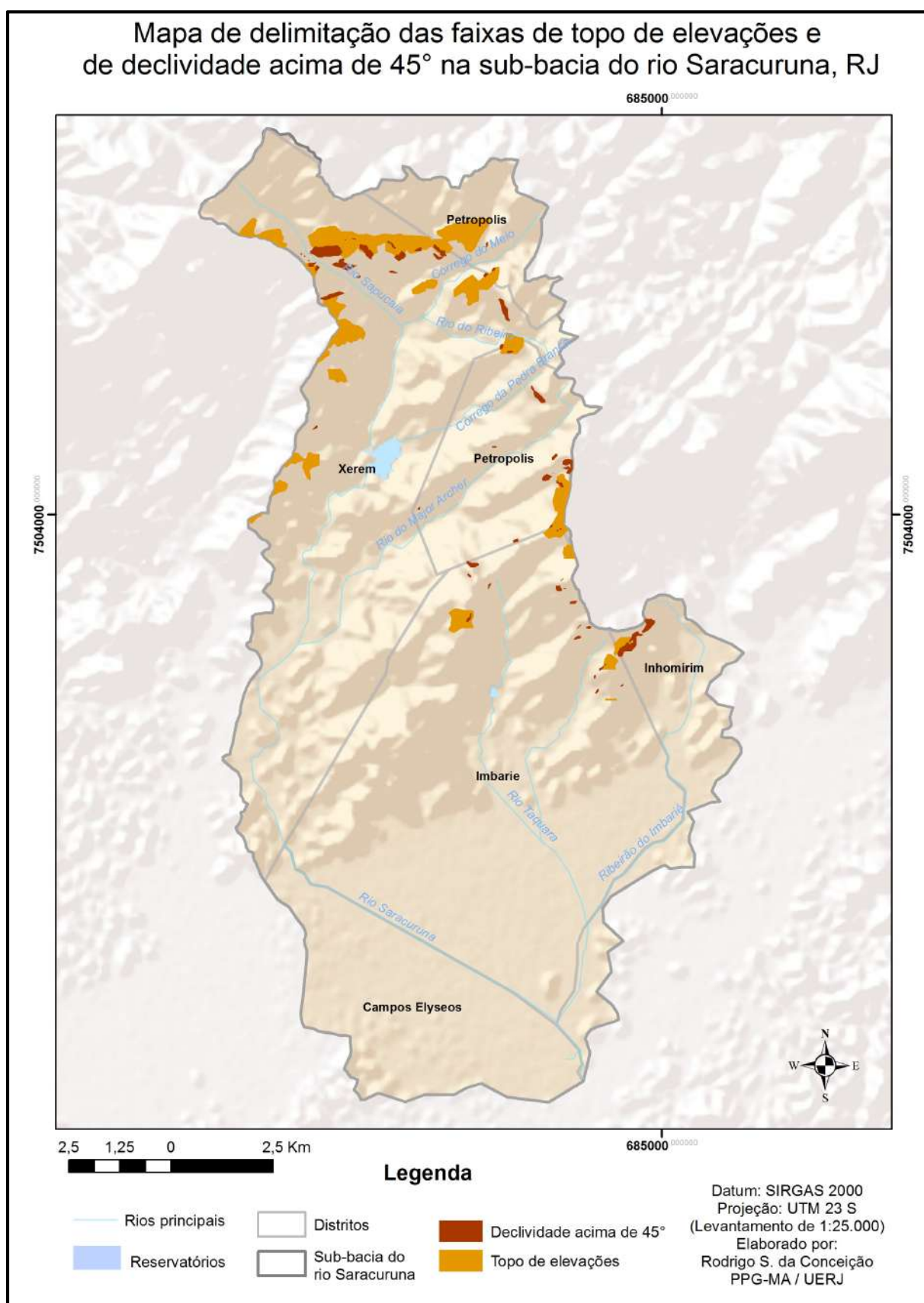
Considerando que tais faixas se sobrepõem, em alguns casos, a área total de faixas de APP ligadas ao relevo de altitude (topo e/ou declividade acima de 45°) corresponde a 6,3 km², ou 3,3%, com relação à área total da sub-bacia. Esta combinação ocorre em paredões rochosos localizados em direção à porção mais elevada de montanhas, por exemplo.

Com base no mapa 36, destaca-se a concentração de tais faixas ao extremo norte da sub-bacia, em faixa de altitude de 800 a 1.200 metros, entre os vales do rio Sapucaia e Córrego do Meio, junto aos distritos de Xerém e Petrópolis. Tais faixas seguem ainda os divisores da sub-baciaa leste (desde Petrópolis até Inhomirim) e a oeste (em Xerém), em faixas de altitude variando, predominantemente, de 300 a 1.200 metros.

Em termos geomorfológicos, estas faixas se associam, basicamente, ao conjunto de serras escarpadas, em sentido noroeste (Xerém) a sudeste (Inhomirim). Abrangem ainda terras vinculadas às serras locais ou isoladas ao extremo norte (Petrópolis) e à leste (Xerém).

Deve-se atentar que, as faixas de topo de elevações não contemplam, segundo os parâmetros do Código Florestal de 2012, as linhas de cumeada. Neste sentido, percebe-se uma desfragmentação entre estas faixas junto aos divisores de água.

Mapa 36 – Delimitação das faixas de topo de elevações e de declividade acima de 45° na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ








Fonte: O autor, 2013.

6.3.2 Ciclo aplicado

O presente possui todos os componentes do modelo *PEIR* representados por indicadores aplicados e diretamente vinculados ao tema (Quadro 32). O indicador de pressão “evolução da área urbana em encostas” relaciona-se à função ambiental da preservação da paisagem; Já o indicador de estado “qualidade ambiental das terras” representa a função de proteção ao solo; e o indicador de impacto “incidência de escorregamentos ou de desmoronamentos” relaciona-se à preservação da estabilidade geológica. O indicador de resposta “áreas de risco recuperadas” possui potencial frente às funções apresentadas.

Quadro 32 – Ciclo aplicado ao grupo de APPs ligadas ao relevo de altitude

Grupo de APP (ciclo aplicado)	Componentes do PEIR / Indicadores			
	Pressão	Estado	Impacto	Resposta
Topo de elevações e declividade acima de 45°	 Evolução da área urbana em encostas	 Qualidade ambiental das terras	 Áreas de risco de escorregamentos ou desmoronamentos	Áreas de risco recuperadas

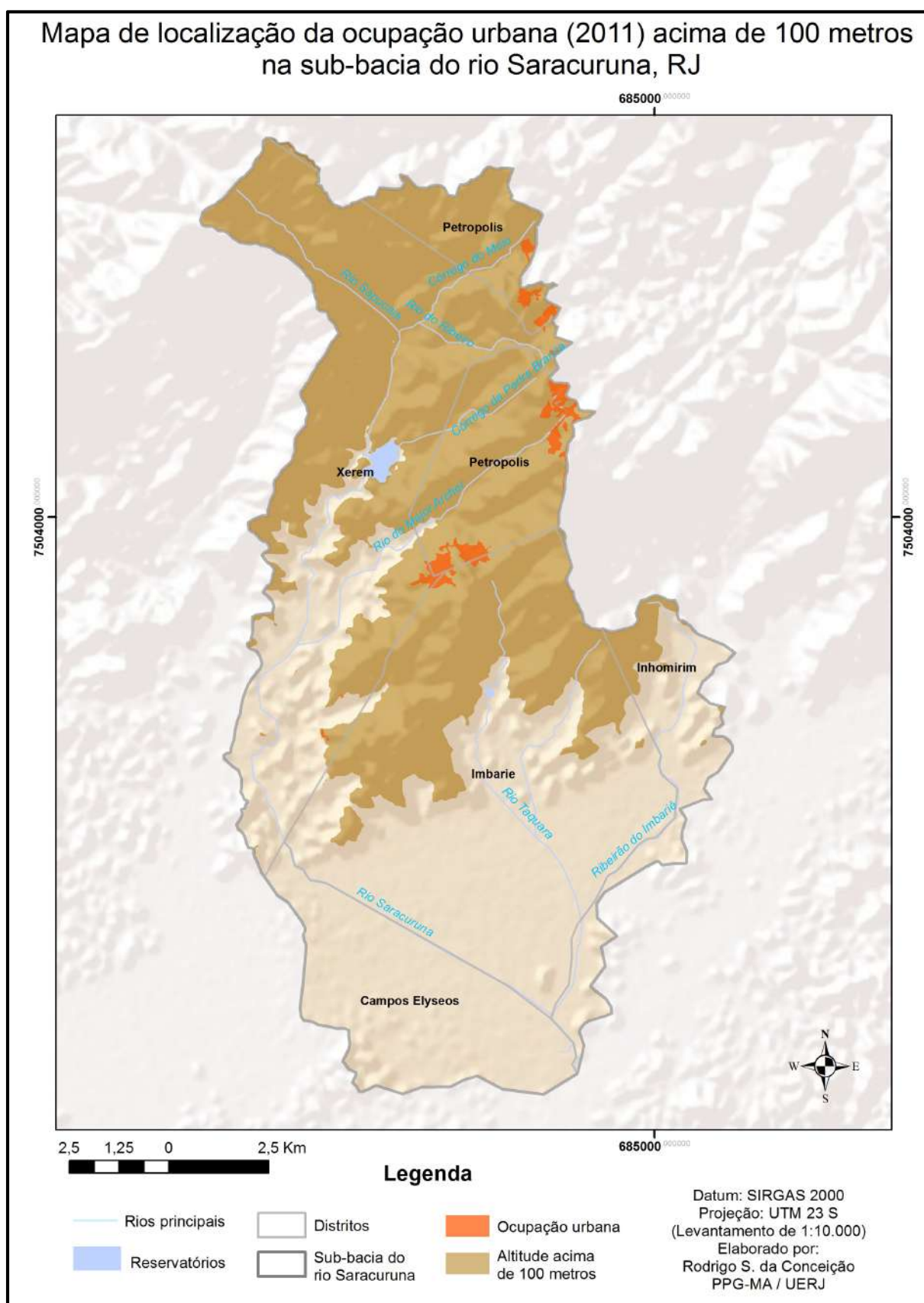
Legenda: () Preservar a paisagem; () Preservar a estabilidade geológica; () Proteger o solo.

Fonte: O autor, 2013.

6.3.2.1 Indicador de Pressão - Evolução da área urbana em encostas

A ocupação urbana na sub-bacia do rio Saracuruna, acima de 100 metros, concentra-se na porção nordeste junto aos limites (divisores de água) da subcompartimentação, no Distrito de Petrópolis; bem como juntos aos limites distritais de Xerém, Imabariê e Petrópolis (Mapa 37). Tais manchas de ocupação compreendem um total de 2 km², ou cerca de 1,1% com relação ao total da sub-bacia.

Mapa 37 – Localização da ocupação urbana (2011) acima de 100 metros na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Fonte: O autor, 2013.

Ao se considerar a distribuição da ocupação urbana por porções dos distritos parcialmente inseridos na sub-bacia do rio Saracuruna atesta-se que Petrópolis concentra a maior parte destas manchas (80,8%), seguido de Xerém (10,3%) e de Imabariê (8,9%).

Os aglomerados subnormais correspondem a 19,8% das áreas de ocupação urbana acima de 100 metros na sub-bacia em análise, concentrados totalmente em Petrópolis (Figura 111). Ao se levar em consideração somente as áreas urbanas desta porção distrital este percentual sobe para 24,5%.

Figura 111 – Aglomerado subnormal “Duques”, em Petrópolis, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Legenda: Ocupação urbana informal em encosta da porção montanhosa da sub-bacia, a 800 metros de altitude, Distrito de Petrópolis.

Fonte: O autor, 2013.

Ao se avaliar a evolução desta ocupação (formal e informal) aos logo dos anos percebe-se um quadro de estabilidade. Levando-se em consideração os resultados apresentados no mapa 29 (p. 328), com relação à alteração de áreas naturais por áreas antrópicas (2003-2011), um baixo percentual de alterações na porção da sub-bacia acima de 100 metros (cerca de 2%). Neste caso, foram identificados 4 (quatro) pontos de alteração entre usos, assim distribuídos: 3 (três) pontos em Petrópolis, dentre os quais apenas 2 (dois) se relacionam à incorporação de áreas naturais (floresta) à mancha urbana, por meio do

surgimento de edificação e terreno com solo desnudado; 1 (um) ponto em Imbariê, relacionado ao surgimento de novas áreas degradadas, associadas à exploração mineral, em antigos terrenos recobertos por vegetação arbóreo-arbustiva.

Ao se cruzar as informações a respeito da ocupação urbana acima de 100 metros, em 2011, e de delimitação das faixas de APP ligadas ao relevo de altitude atesta-se um baixo percentual de alterações nestas faixas (Quadro 33).

Quadro 33 – Área e percentual de áreas urbanas inseridas em faixas de topo de elevações e de declividade acima de 45° na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ

Categoria de APP	Área	Percentual
Topo de elevações	0,004 km ²	0,1%
Declividade acima de 45°	0,006 km ²	0,5%

Fonte: O autor, 2013.

Comparando-se os resultados entre as categorias se percebe que os valores, tanto em área quanto em percentual, são maiores nas faixas com declividade acima de 45°, evidenciando um quadro menos favorável para esta categoria.

Ao se levar em consideração a distribuição das áreas com tais características, em não-conformidade com a legislação de APPs, por tipo de ocupação urbana (formal e informal) percebe-se o predomínio da informalidade, ou seja, da ocupação em aglomerados subnormais (Quadro 34). Como visto, esta ocupação informal ocorre junto ao Distrito de Petrópolis.

Quadro 34 – Distribuição do percentual de ocupação urbana em faixas de topo de elevações e de declividade acima de 45° por áreas formais e informais na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ

Ocupação urbana	Topo de elevações	Declividade acima de 45°
Formal	0%	25,4%
Informal	100%	74,6%
Total	100%	100%

Fonte: O autor, 2013.

Ainda que a informalidade da ocupação seja predominante na categoria “declividade acima de 45°” há de se considerar a ocupação formal nesta faixa, ainda que baixa. Esta ocupação se localiza junto aos limites de Imbariê e Petrópolis (Figura 112).

Figura 112 – Ocupação urbana acima de 100 metros em vertente localizada em Petrópolis, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



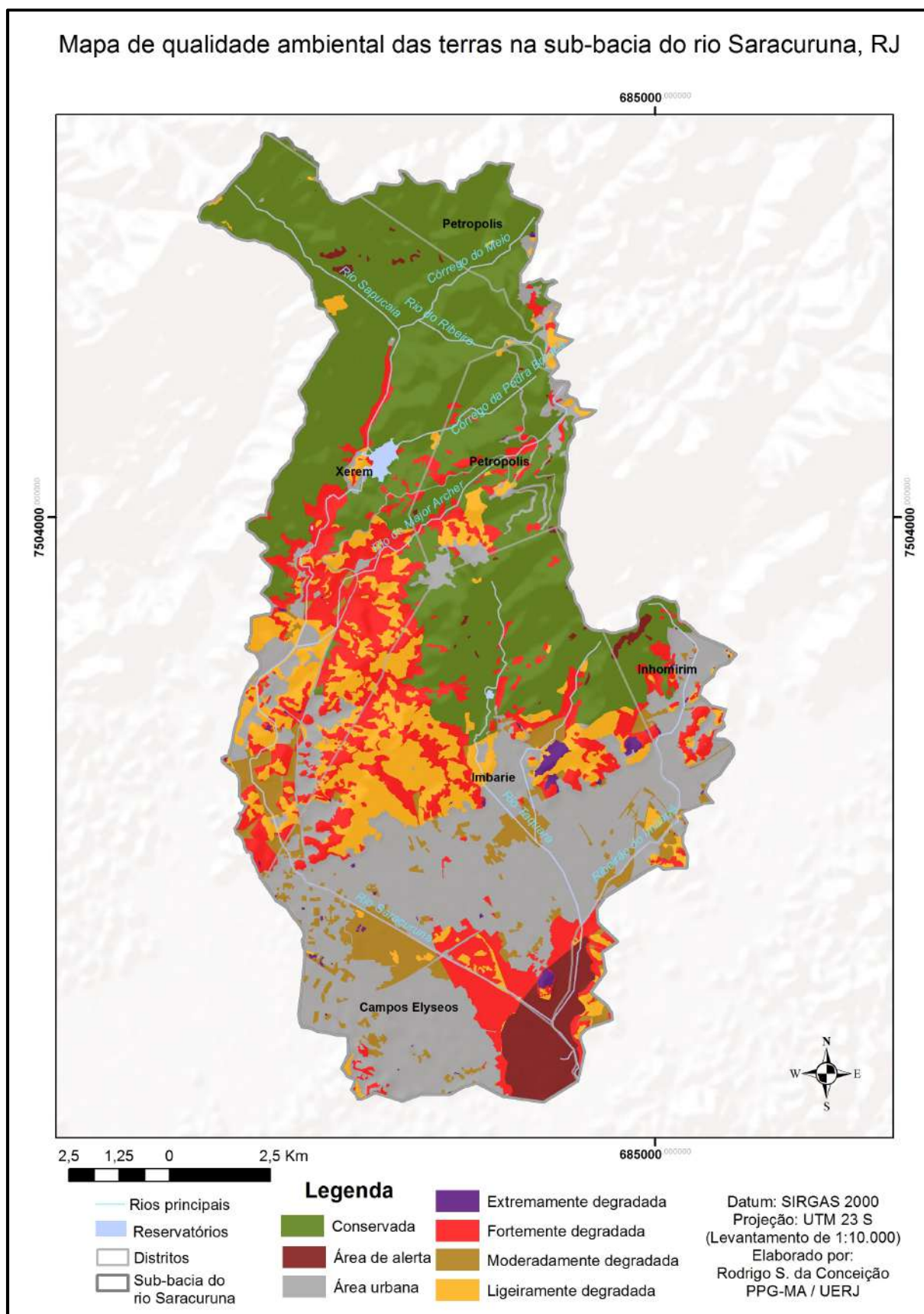
Legenda: Ao centro da imagem, ocupação urbana localizada às margens da subida da Rio-Petrópolis, junto ao Distrito-Sede de Petrópolis, e próxima à divisão com o município de Duque de Caxias (Distrito de Imbariê). O paredão rochoso, também ao centro da imagem, indica a presença de uma das áreas de APP de declividade acima de 45° identificadas na sub-bacia. Um pequeno grupo de edificações na parte superior da ocupação adentram na faixa delimitada de APP. A imagem foi registrada a partir do Mirante Belvedere, na BR-040.

Fonte: O autor, 2013.

6.3.2.2 Indicador de Estado - Qualidade ambiental das terras

O mapa 38 demonstra a concentração de terras conservadas a montante da sub-bacia do rio Saracuruna. Já os níveis de degradação acompanham a zona de limite entre tais terras conservadas e as áreas urbanizadas junto à porção de baixada, seguindo o vale do rio Saracuruna e a borda das serras.

Mapa 38 – Qualidade ambiental das terras na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Fonte: O autor, 2013.

As áreas urbanas, dotadas de solos em condições não-naturais, compreendem 50,7 km², ou 26,9% com relação ao total da sub-bacia. Os terrenos cobertos por água somam 0,5 km² ou 0,2%. As áreas de alerta, associadas aos manguezais em terras baixas e aos afloramentos rochosos junto ao relevo de altitude, somam 6 km², ou 3,1.

Dentre as categorias de qualidade ambiental das terras a “conservada” é a mais expressiva espacialmente (71,8 km², ou 38,1% com relação ao total da área). Considerando os níveis de degradação das terras os valores assim se apresentam: terras ligeiramente degradadas, 20,3 km² ou 10,7%; moderadamente degradadas, 10,1 km² ou 5,3%; fortemente degradadas, 27,5 km² ou 14,6%; e extremamente degradadas, 0,9 km² ou 0,4%.

A distribuição do percentual de qualidade ambiental das terras por porções distritais da sub-bacia do rio Saracuruna reafirma o caráter concentrador de terras conservadas ao norte, junto aos distritos assentados a montante (Quadro 35).

Quadro 35 – Percentual de qualidade ambiental das terras por área distrital inserida na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ

Classes	Campos Elyseos	Xerém	Imbariê	Inhomirim	Petrópolis
Área urbana	59,9%	7,8%	37%	37,9%	10,1%
Conservada	0%	56,8%	24,4	16,9%	76,3%
Área de alerta	14,1%	0,5%	1,5%	11,3%	0,2%
Extremamente degradada	0,4%	0,1%	1,1%	0,4%	0,1%
Fortemente degradada	8,9%	18,3%	15%	17,8%	8,2%
Moderadamente degradada	15,3%	3,2%	5,5%	7,8%	0%
Ligeiramente degradada	1,4%	12,5%	15%	7,9%	5,1%
Água	0%	0,8%	0,05%	0%	0%
Total	100%	100%	100%	100%	100%

Fonte: O autor, 2013.

Por outro lado, distritos mais ao sul, a exemplo da porção referente a Campos Elyseos, possuem baixo nível ou conservação inexistente das terras. Outras porções com interseção em encostas, a exemplo de Xerém, Inhomirim e Imbariê, possuem valores expressivos com relação às terras fortemente degradadas. Imbariê, inclusive, apresenta o maior percentual de terras extremamente degradadas, associadas à exploração mineral.

A ocupação urbana acima de 100 metros, identificada junto ao indicador de pressão, se associa, logicamente, à classe “área urbana” do mapeamento de qualidade ambiental das terras. Há de se ressaltar que a presença de manchas de ocupação urbana favorece o direcionamento de atividades antrópicas diversas culminando em diferentes níveis de qualidade ambiental das terras em suas proximidades. Considera-se ainda que os tipos de ocupação urbana (formal e informal) acima de 100 metros favorecem, de maneira diferenciada, a exposição do solo, que, aliada a ação da gravidade e de agentes erosivos, tendem a criar feições erosivas (Figura 113).

Figura 113 – Ocupação urbana informal acima de 100 metros (Aglomerado subnormal “Contorno I”), Petrópolis, na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Legenda: Na imagem percebe-se a presença de barranco (feição erosiva) junto aos limites da mancha urbana associada ao aglomerado subnormal, caracterizada pela presença de edificações sem infraestrutura e padrão construtivo irregular.

Fonte: O autor, 2013.

Como visto, pode-se dizer que a ocupação urbana acima de 100 metros na sub-bacia encontra-se estável, ao se considerar as alterações de usos nos últimos anos. Dentre os 4 (quatro) pontos de alterações identificados 2 (dois) se vinculam às áreas urbanas, 1 (um) à terras fortemente degradadas, e 1 (um) à terras extremamente degradadas. No entanto, nenhum destes pontos se localiza em faixas de APP ligadas ao relevo de altitude.

As faixas destinadas à preservação permanente do relevo de altitude abrigam predominantemente terras conservadas. Dentre os níveis de degradação, o mais expressivo refere-se à categoria “ligeiramente”, com um percentual ainda maior do que o de áreas urbanas, em ambos os tipos de APP. Destaca-se ainda o expressivo percentual de áreas de alerta, associadas aos afloramentos rochosos, em faixas de declividade acima de 45° (Quadro 36).

Quadro 36 – Percentual de qualidade ambiental das terras por categorias de APPs ligadas ao relevo de altitude na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ

Classes de qualidade ambiental das terras	Categorias de APP	
	Topo de elevações	Declividade acima de 45°
Área urbana	0,1%	0,5%
Conservada	93,2%	68,8%
Área de alerta	3,6%	27,8%
Fortemente degradada	0,3%	0%
Ligeiramente degradada	2,8%	2,9%
Total	100%	100%

Fonte: O autor, 2013.

Ao se analisar a distribuição dos percentuais, referentes à qualidade ambiental das terras em APPs de todo de morro, por área distrital inserida na sub-bacia, reafirma-se o cenário predominante de conservação em todos os distritos (Quadro 37). Percebe-se ainda que, o Distrito de Inhomirim é o que concentra maior percentual de áreas de alerta junto aos topos de elevações.

Quadro 37 – Percentual de qualidade ambiental das terras em topos de elevações, por área distrital inserida na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ

Classes	Xerém	Imbariê	Inhomirim	Petrópolis
Área urbana	0,7%	0%	0%	4,6%
Conservada	93,2%	92,3%	54,9%	92,2%
Área de alerta	2,3%	7,4%	45,1%	1,1%
Fortemente degradada	0,3%	0,3%	0%	0%
Ligeiramente degradada	3,5%	0%	0%	2,1%
Total	100%	100%	100%	100%

Fonte: O autor, 2013.

No que se referem às faixas com declividade acima de 45° as áreas de alerta são mais expressivas em Xerém, Imbariê e Inhomirim, obtendo, inclusive, este último um percentual maior do que as áreas conservadas (Quadro 38).

Quadro 38 – Percentual de qualidade ambiental das terras em faixas acima de 45° de declividade, por área distrital inserida na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ

Classes	Xerém	Imbariê	Inhomirim	Petrópolis
Área urbana	0%	1,4%	0%	5,7%
Conservada	69,5%	76,7%	33,5%	88,9%
Área de alerta	25,3%	21,9%	66,5%	5,3%
Ligeiramente degradada	5,2%	0%	0%	0,1%
Total	100%	100%	100%	100%

Fonte: O autor, 2013.

6.3.2.3 Indicador de Impacto – Áreas de risco de escorregamentos ou desmoronamentos

O presente indicador de impacto reflete a exposição de construções ao risco iminente a escorregamentos, agrupadas em setores, conforme conceito e parâmetros definidos por DRM-RJ (2011a; 2011b; 2012), a partir da ocupação em encostas de formações associadas às serras e no sopé de morros localizados na sub-bacia do rio Saracuruna.

Os pontos de localização dos setores de risco mapeados (Mapa 39) concentram-se, em sua maioria, a leste da sub-bacia, nos distritos de Petrópolis (por toda a extensão junto aos divisores de água, acompanhando a ocupação urbana nesta porção), e Inhomirim (mais precisamente no vale do ribeirão do Imbariê), estando associados, principalmente, aos cortes irregulares de encostas.

Comtabilizam-se ao total 46 (quarenta e seis) setores de risco iminente a escorregamentos identificados no período de 2007 a 2011 na sub-bacia do rio Saracuruna. Espacialmente tais setores se distribuem da seguinte forma: 3 (três) ou 6,5% em Campos Elyseos; 2 (dois) ou 4,3% em Imbariê; 26 (vinte e seis) ou 56,5% em Inhomirim; 6 (seis) ou 13%; e 9 (nove) ou 19,5%.

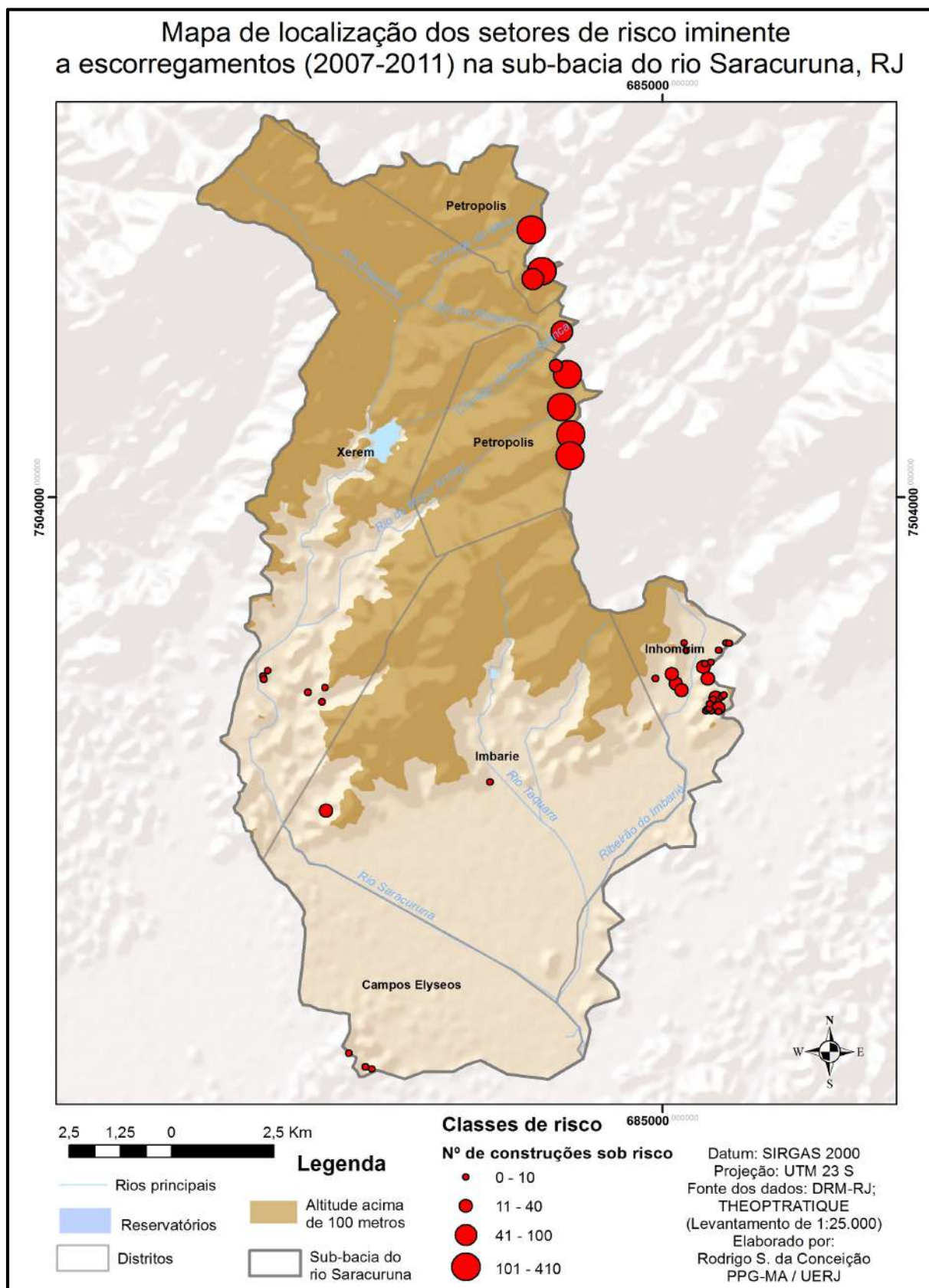
Apesar da concentração em Inhomirim, os setores que apresentam relativamente a maior extensão do risco, ou seja, com número elevado de construções, localizam-se em Petrópolis. Dentre os setores desta porção 6 (seis) possuem acima de 100 (cem) construções sob risco iminente.

Segundo o DRM-RJ (2012) Duque de Caxias e Magé integram o domínio de predominância absoluta de pontos de risco iminente. Já Petrópolis é classificado junto ao domínio de predominância de setores e áreas de risco iminente (mais abrangente).

Todos os setores de risco em Petrópolis associam-se às áreas urbanas acima de 100 metros de altitude, estando a maioria (6, dentre os 9 setores) vinculados aos aglomerados subnormais Comunidade São João Batista e São Jorge, Contorno I, Contorno II, Duques e Alto Independência.

Já os setores de risco localizados nos demais distritos, abaixo da cota 100 metros, não se associam exclusivamente às áreas urbanas, apesar de sua predominância (75,6%). Dentre os setores que não compõem áreas urbanas, no que se relaciona à qualidade ambiental das terras, constatam-se associações com terras ligeiramente e fortemente degradadas. Cabe ainda destacar que nestas porções o vínculo da ocupação em áreas de risco com os aglomerados subnormais é bem menor (3, dentre os 37 setores).

Mapa 39 – Localização dos setores de risco iminente a escorregamentos (2007-2011) na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Fonte: Adaptado de THEOPTRATIQUE, 2007b; DEPARTAMENTO DE RECURSOS MINERAIS – RIO DE JANEIRO, 2011a; 2011b.

Considerando as faixas de APP relacionadas ao relevo de altitude, atesta-se que apenas um dos setores de risco iminente a escorregamentos na sub-bacia do rio Saracuruna, se localiza em faixa de declividade acima de 45° e topo de morro. Neste caso, o mesmo setor abrange terras em duas faixas distintas. Este se insere no Aglomerado subnormal denominado “Alto Independência”, constituindo o setor posicionado mais ao sul da porção de Petrópolis inserida na compartimentação.

O setor supramencionado ocupa a 6ª posição da hierarquia de setores com o maior número de construções sob risco na sub-bacia (considerando todos os setores, de Duque de Caxias, Magé e Petrópolis). Segundo Theopratiq (2007b, p. 78) o setor é caracterizado pela “ocupação informal, em processo de expansão em área vegetada, desprovida de infraestrutura.” (Figura 114).

Figura 114 – Mosaico de fotos do setor de risco iminente a escorregamentos vinculado ao Aglomerado subnormal “Alto Independência”, Petrópolis, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Legenda: (a) Na foto do canto esquerdo superior: moradias precárias; (b) No canto direito superior: acessos desprovidos de infraestrutura; (c) No canto esquerdo inferior: área desmatada para ocupação; (d) No canto direito inferior: alicerce para novas construções.

Fonte: Adaptado de THEOPRATIQUE, 2007b, f. 78.

Deve-se esclarecer ainda que o setor se insere parcialmente na sub-bacia do rio Saracuruna, visto que se posiciona junto ao divisor topográfico em linha de cumeada, bem como não se assenta totalmente nas faixas de declividade acima de 45° e de topo de elevação.

Os setores de risco localizados junto às porções central e sul da sub-bacia (fora do Distrito de Petrópolis) não possuem vínculos com as faixas de topo de elevações e de declividade acima de 45°. Isto demonstra uma não exclusividade na associação de áreas de risco e APPs ligadas ao relevo de altitude. Fica claro, assim, que existem outras áreas dentro de um contexto físico que merecem igual atenção com relação à ocupação *versus* estabilidade geológica.

6.3.2.4 Indicadores de Resposta - Áreas de risco recuperadas

O Plano Municipal de Redução de Riscos de Petrópolis (1º Distrito) emerge como uma das respostas voltadas à recuperação de áreas de risco. Neste, além da identificação dos setores de risco e de categorias de intervenção (em diferentes níveis de prioridade), são previstos recursos financeiros para execução de ações estruturais e não-estruturais.

Dentre as ações estruturais de interesse para a área da sub-bacia do rio Saracuruna, e APPs que intercedem com setores de risco, constam: construção de anéis de drenagem; remoção de moradias precárias de locais inadequados; reflorestamento das áreas degradadas; melhorias habitacionais; e urbanização em terrenos de encosta.

Dentre as ações não-estruturais previu-se: conscientização da população quanto ao despejo de lixo e entulho nas bordas da encosta; cadastramento das moradias existentes e restrição de expansão para áreas de perigo, florestadas ou protegidas por lei; identificação das moradias com problemas de drenagem (destino de águas pluviais); e orientação da população sobre novas construções em áreas de perigo.

Cumprir mencionar que o referido plano encontra-se em revisão junto ao programa do governo federal PAC 2 (BRASIL, 2013). O investimento previsto compreende o valor de R\$ 250.000.000,00 (incluindo o investimento desde 2007). Neste sentido, apesar da dificuldade em se atestar a efetiva recuperação destas áreas, a previsão destas ações nos leva a mensuração sobre esta resposta.

Especificamente, o setor de risco vinculado ao Aglomerado subnormal “Alto Independência” desfragmenta-se em sub-setores representativos de distintas categorias de

intervenção. Cada uma das faixas de categoria de APP ligadas ao relevo de altitude se associa espacialmente a um sub-setor de intervenção (Quadro 39). Para cada um destes sub-setores foram definidos então os recursos necessários para implantação das ações.

Quadro 39 – Informações e recursos financeiros previstos em 2007 para as intervenções junto aos sub-setores de risco vinculados ao setor de risco do Aglomerado subnormal “Alto Independência”, Petrópolis, sub-bacia do rio Saracuruna, RJ

	Sub-setor parcialmente inserido em topo de elevação	Sub-setor parcialmente inserido acima de 45°
Área (km²)	0,02	0,02
Nº de moradias	45	32
Remoção / relocação	65.250,00	18.560,00
Melhorias habitacionais	78.750,00	67.200,00
Infraestrutura	246.680,00	154.660,00
Urbanização	493.360,00	77.330,00
Reflorestamento	37.002,00	3.093,20
Saneamento básico	299.250,00	219.520,00
Total (R\$)	1.220.292,00	540.363,20

Fonte: Adaptado de THEOPRATIQUE, 2007b.

Todos os demais setores de risco iminente de Petrópolis, não associados às faixas de APPs ligadas ao relevo de altitude, receberam igual tratamento junto ao plano, envolvendo para cada qual recursos financeiros de acordo com a área e o número de construções sob risco.

Com relação aos setores de risco iminente a escorregamentos mapeados pelo DRM-RJ (2011a; b), para a área da sub-bacia do rio Saracuruna, referente aos municípios de Duque de Caxias e Magé, e inseridos abaixo da cota de 100 metros, fora do contexto das faixas ocupadas por APPs ligadas ao relevo de altitude, não há nenhum setor identificado como de “obras executadas”. Para estes casos não há nenhum tipo de previsão, junto aos documentos, sobre a ocorrência de intervenções.

Atesta-se, no entanto que, a sub-bacia do rio Inhomirim, vizinha ao Saracuruna, possui um setor com intervenções vinculadas à recuperação de áreas de risco, identificado, assim,

como de “obras executadas” junto ao levantamento de Magé. Tal obra, envolvendo técnicas de engenharia voltadas à construção de muros de contenção e de galerias de drenagem (Figura 115), foi executada pela Prefeitura de Magé no período anterior de disponibilização do estudo feito por DRM-RJ (2011b) e, sendo assim, identificado junto ao mesmo. Nesta perspectiva, ressalta-se a possibilidade de execução de outras obras de recuperação de áreas de risco na área da sub-bacia do rio Saracuruna, em período posterior aos levantamentos realizados e, portanto, não identificadas.

Figura 115 – Mosaico de fotos evidenciando execução de obras em setor de risco iminente a escorregamentos na sub-bacia do rio Inhomirim, RJ









Legenda: (a) À esquerda: presença de galeria de drenagem, muro de contenção e placa de execução da obra junto à encosta. (b) À direita: visão da contenção realizada protegendo edificações no sopé da elevação. Imagem de julho de 2011, tomada a partir do ponto de visão da Rua Benjamim Constant.

Fonte: Adaptado de GOOGLE STREET VIEW, 2011.

6.3.3 Ciclos parcialmente aplicados

No quadro 40 temos a exemplificação de 2 (dois) ciclos parcialmente aplicados voltados ao grupo de APPs de categorias ligadas à declividade acima de 45° e topo de elevações. O ciclo 1 possui 75% de seus indicadores diretamente vinculados à temática das APPs. Já o ciclo 2 apresenta apenas 50% de seus indicadores com tais características.

Quadro 40 – Ciclos parcialmente aplicados para avaliação de APPs – Grupo de categorias ligadas ao relevo de altitude

Grupo de APP (ciclo)	Componentes do PEIR / Indicadores			
	Pressão	Estado	Impacto	Resposta
Topo de elevações e declividade acima de 45° (1)	 Redução da cobertura vegetal	 Susceptibilidade à erosão e capacidade de uso	 <i>Áreas de erosão e assoreamento</i>	Plano de bacia hidrográfica
Topo de elevações e declividade acima de 45° (2)	 <i>Rendimento da população residente</i>	 Superfície em assentamentos urbanos formais e informais	 Áreas de risco de escorregamentos ou desmoronamentos	<i>Interferências sobre o tipo e área de habitação</i>

Legenda: 1 – Em *itálico*: indicadores *transversalmente* vinculados ao tema;

2 - () Preservar a paisagem; () Preservar a estabilidade geológica; () Proteger o solo; () Assegurar o bem-estar das populações humanas.

Fonte: O autor, 2013.

❖ Ciclo parcialmente aplicado 1

Este ciclo apresenta como indicador de pressão a “redução da cobertura vegetal”, representando a função ambiental de preservação da paisagem; como indicador de estado a “susceptibilidade à erosão e capacidade de usos”, representando a proteção do solo; e o indicador de impacto “áreas de erosão e assoreamento”, representando a preservação da estabilidade geológica. Tais indicadores constituem-se com potencial para mensuração.

A “redução da cobertura vegetal” ao norte da sub-bacia do rio Saracuruna ocorre associada, basicamente, ao avanço de culturas e pastagens. Na APA de Petrópolis e na Rebio do Tinguá, as quais abrigam APPs de topo de elevações e de declividade acima de 45°, as ocupações presentes ampliam os processos de desmatamento facilitando a colonização de espécies de gramíneas oportunistas e o cultivo agrícola, por exemplo (CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR, 2004; IBAMA, 2006; 2007).

Com relação à “susceptibilidade à erosão e capacidade de usos”, de acordo com a classificação de domínios erosivos realizado pelo Consócio Ecologus-Agrar (2004), a porção

da sub-bacia do rio Saracuruna que abrange as faixas delimitadas de preservação permanente de topo de elevações e de áreas com declividade superior a 45° se associa, basicamente, ao denominado “Domínio Erosivo 8”. Neste, os naturais processos hidrológicos em encostas íngremes florestadas referem-se à alta velocidade dos fluxos hidrológicos (superficiais, subsuperficiais ou subterrâneos), principalmente em cambissolos (Mapa 7, p. 239) pela pouca espessura e forte presença de blocos rochosos. Ainda, a presença da floresta, interceptando parte das chuvas, gerando fluxos de tronco, que associados ao sistema radicular e a cobertura de serrapilheira, favorecem a infiltração de água nos solos. Estas condições, relacionadas principalmente à presença de vegetação densa, garantem as boas condições de drenagem no terreno. Dentre a classificação realizada, os terrenos deste domínio são os mais susceptíveis à erosão e movimentos de massa, tendo a vegetação um papel importante na inibição destes processos.

A respeito das “áreas de erosão e assoreamento”, segundo o Consórcio Ecologus-Agrar (2004) o norte da sub-bacia do rio Saracuruna, contemplando APPs ligadas ao relevo de altitude, ainda que bem preservado, apresentou, na ocasião do diagnóstico, processos erosivos predominantemente relacionados aos movimentos de massa. Tais processos são característicos de terrenos escarpados, encontrados no sopé até os picos mais elevados de seu conjunto (Figura 116).

Figura 116 – Cicatrizes de erosão frutos de movimentos de massa em Xerém, ao norte da sub-bacia do rio Saracuruna



Legenda: Observa-se na imagem as marcas erosivas observadas no relevo escarpado.

Fonte: CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR, 2004, f. 71.

Ressalta-se a contribuição da erosão e transporte de sedimentos ao processo de assoreamento de rios e reservatórios na sub-bacia, visto que, conforme Costa et. al. (1995, p. 498), “taxas elevadas de sedimentação estão associadas a solos de alta erodibilidade e encostas desprovidas de vegetação.” Cumpre mencionar ainda que, o monitoramento sedimentométrico na sub-bacia do rio Saracuruna é restrito às estimativas de descargas de sedimentos, associadas a apenas uma estação telemétrica (rio Saracuruna).

Sobre a resposta, o Plano Diretor de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara (CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR, 2005) apresenta, dentre outros programas para melhoria ambiental, os programas de “Reflorestamento e regeneração da cobertura vegetal” e de “Monitoramento ambiental”, respostas frente ao indicador de pressão.

O programa de “Reflorestamento e regeneração da cobertura vegetal” visa induzir a regeneração da cobertura vegetal em áreas de mananciais, as quais abrigam em potencial as APPs ligadas ao relevo de altitude. Especificamente o programa objetiva a implantação de sistemas florestais adequados a cada situação encontrada nas sub-bacias da região. As diretrizes e linhas de ação, no entanto, não se aplicam diretamente às questões deste ciclo.

O programa de “Monitoramento ambiental” engloba os objetivos de monitoramento das alterações quantitativas e qualitativas da cobertura vegetal na região, e da quantidade de sedimentos carreados por sub-bacia. Este último reflete o potencial de aplicação do mesmo frente aos levantamentos vinculados aos indicadores de estado e de impacto deste ciclo. Neste sentido emergem como linhas de ação de interesse associadas à diretriz para este programa (apresentada no ciclo aplicado para as categorias de APP ligadas à drenagem):

- Monitoramento das alterações na paisagem, enfatizando-se os remanescentes de vegetação;
- Monitoramento dos processos erosivos, por meio de mensuração dos sedimentos carreados em cada sub-bacia.

Ao fim, contabilizam-se junto ao plano de bacia disponível para a região a qual se insere a sub-bacia em análise: 2 (dois) programas e 1 (uma) diretriz contendo linhas de ação de interesse ao ciclo.

❖ Ciclo parcialmente aplicado 2

Este ciclo apresenta como indicador de pressão o “rendimento da população residente”, representando a função ambiental de preservação da paisagem. Tal indicador foi aplicado e seus resultados expressos junto ao capítulo de caracterização da área de estudo. Como visto as APPs ligadas ao relevo de altitude, localizados a oeste da sub-bacia, se assentam em porções pouco ou não ocupadas. À leste, estas faixas intercedem com setores censitários de ocupação urbana e rural que abrigam uma população residente com rendimento variando entre 1 a 6 salários mínimos, evidenciando diferentes estratos.

O indicador de estado “superfície em assentamentos urbanos formais e informais”, igualmente aplicado e representativo da função ambiental de preservação da paisagem, revela que a sub-bacia conta com uma superfície total, em assentamentos urbanos, de 46,7 km², dentre os quais 98% são considerados assentamentos formais e 2% informais, de acordo com a definição e delimitação de aglomerados subnormais realizada pelo IBGE. No entanto, deve-se atentar para a existência de assentamentos considerados como favelas ou loteamentos irregulares pelas administrações municipais, o que poderia elevar tal valor percentual na área da sub-bacia. Já no que se referem aos assentamentos urbanos localizados em faixas de APP ligadas ao relevo de altitude a proporção se inverte: 84,9% são informais, contra 15,1% formais. Esta ocupação informal em APP se associa a um dos setores censitários com rendimento médio mensal muito baixo, na faixa de 1 a 2 salários mínimos.

O indicador de impacto “áreas de risco de escorregamentos ou desmoronamentos”, representativo da função ambiental de asseguramento do bem-estar das populações humanas, foi mensurado junto ao ciclo aplicado para o grupo de APPs em análise. O resultado expresso neste indicador aponta para a existência de setor de risco iminente a escorregamentos vinculado à ocupação acima ilustrada.

O indicador de resposta “interferências sobre o tipo de habitação”, com potencial para mensuração, aponta para a existência de projetos de habitação em Petrópolis vinculados ao Programa Minha Casa Minha Vida. Segundo Petrópolis (2012) a prefeitura municipal assinou o termo de adesão ao referido programa em 2011, criando ainda neste ano um grupo de análise executiva e desenvolvendo o denominado programa “Parcerias para Habitação Social”.

Este Programa tem como prioridade empreendimentos destinados a faixa de renda de 0 a 3 salários mínimos, mas dedica apoio também às demais faixas de renda do MCMV. A prefeitura do município de Petrópolis objetiva com este programa “agilizar a aprovação de

projetos, cadastrar informações sobre terrenos, indicar empreendedores para receber incentivos, organizar demandas, realizar diagnóstico, propor a complementação de equipamentos e serviços públicos e urbanos, e atuar em sintonia com os agentes financeiros.” (PETRÓPOLIS, 2012, p. 3).

Ressalta-se que o processo de aprovação urbanística e licença prévia ambiental para projeto de habitação de interesse social no programa MCMV envolve, dentre outras ações e levantamentos, a demarcação de APPs (PETRÓPOLIS, 2012).

6.3.4 Legitimação de APPs de declividade acima de 45° e topo de elevações

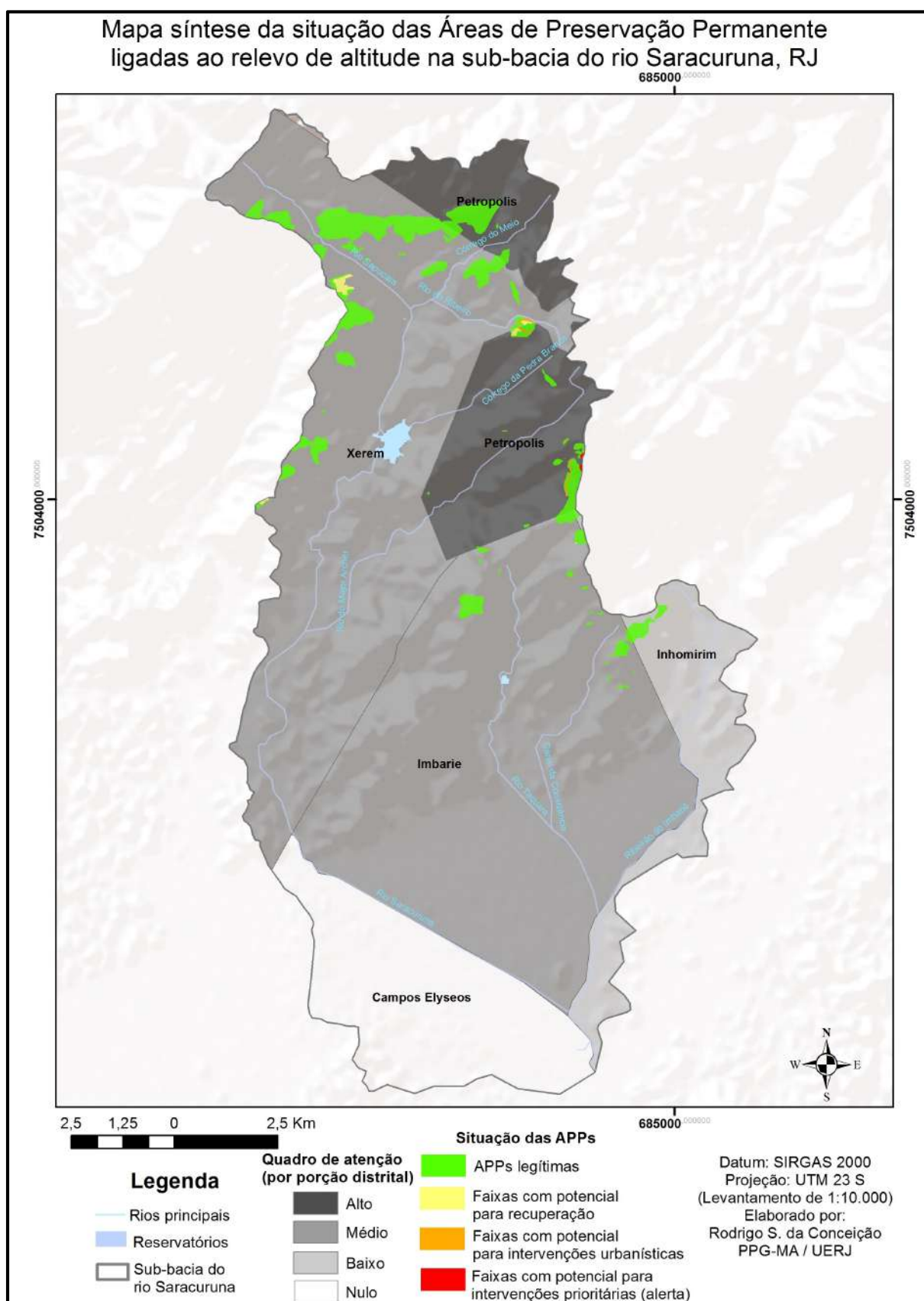
O mapa síntese da situação das APPs ligadas ao relevo de altitude na sub-bacia do rio Saracuruna atesta o predomínio das faixas legitimadas quanto à manutenção de suas funções ambientais e avaliadas junto ao ciclo aplicado.

As faixas com potencial para recuperação se concentram a oeste da sub-bacia, junto aos divisores de água. As faixas com potencial para intervenções urbanísticas ou prioritárias (áreas de alerta) se assentam a leste, porém com pouca expressão, evidenciando um quadro favorável no que se relaciona à situação geral das APPs ligadas ao relevo de altitude (Mapa 40).

Ainda com base no mapa 40, destaca-se a compartimentação da sub-bacia em porções (distritais) com diferentes níveis de atenção com relação ao percentual de áreas urbanas inseridas em APPs ligadas ao relevo de altitude. Petrópolis representa o quadro de atenção “alto”, à nordeste; Xerém e Imbariê integram o quadro de atenção “médio”, desde o norte à porção central da compartimentação; Inhomirim, o quadro de atenção “baixo”, à leste, visto que, apesar do distrito abranger tais faixas de APP, o mesmo não contempla ocupação urbana acima de 100 metros; e, por fim, Campos Elyseos integra a categoria “nulo”, por abranger exclusivamente terrenos de baixada e colinosos, sem ocorrência de APPs ligadas ao relevo de altitude.

As faixas com potencial para intervenções prioritárias se inserem exclusivamente em Petrópolis, onde o quadro de atenção é alto. Sendo assim, diferentemente da situação averiguada em relação às APPs ligadas à drenagem, não há uma diversidade de cenários para este grupo de APPs.

Mapa 40 – Síntese da situação das Áreas de Preservação Permanente ligadas ao relevo de altitude na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Fonte: O autor, 2013.

Ao se descretizar os resultados por cada categoria de APP (dentre o grupo ligado ao relevo de altitude) percebe-se uma equiparação do percentual de áreas legitimadas em topo de elevações e faixas com declividade acima de 45°. O mesmo ocorre com relação às faixas com potencial para recuperação. As intervenções urbanísticas são mais necessárias em áreas de topo e as prioritárias em terrenos ocupados acima de 45° de declividade (Quadro 41).

Quadro 41 – Percentual referente à situação das APPs ligadas ao relevo de altitude na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ

Situação	Topo de elevações	Declividade acima de 45°
APPs legitimadas	95,6%	95,9%
Faixas com potencial para recuperação	2,9%	2,8%
Faixas com potencial para intervenções urbanísticas	1,4%	0,8%
Faixas com potencial para intervenções prioritárias	0,1%	0,5%
Total	100%	100%

Fonte: O autor, 2013.

6.4 Ciclos para avaliação de APP de manguezal

Para avaliação de APP de manguezal (categoria isolada) são apresentados, além do mapa de delimitação da faixa vinculada a tal categoria, os resultados que ilustram 2 (dois) ciclos *PEIR* parcialmente aplicados. Cumpre mencionar que, diferentemente dos demais grupos de APPs avaliados, para a APP de manguezal, categoria isolada, não foi gerado um ciclo aplicado, devido à insuficiência de dados para tal.

6.4.1 Faixa delimitada para manguezal

O manguezal da sub-bacia do rio Saracuruna pode ser considerado uma extensão do manguezal do rio Estrela (Figura 117). Este manguezal se direciona ao interior do continente, entremeado por formações colinosas e em contato com os brejos, os quais abarcam a vegetação de transição associada à vegetação de mangue.

Figura 117 – Foz do rio Saracuruna e manguezal do rio Estrela, RJ



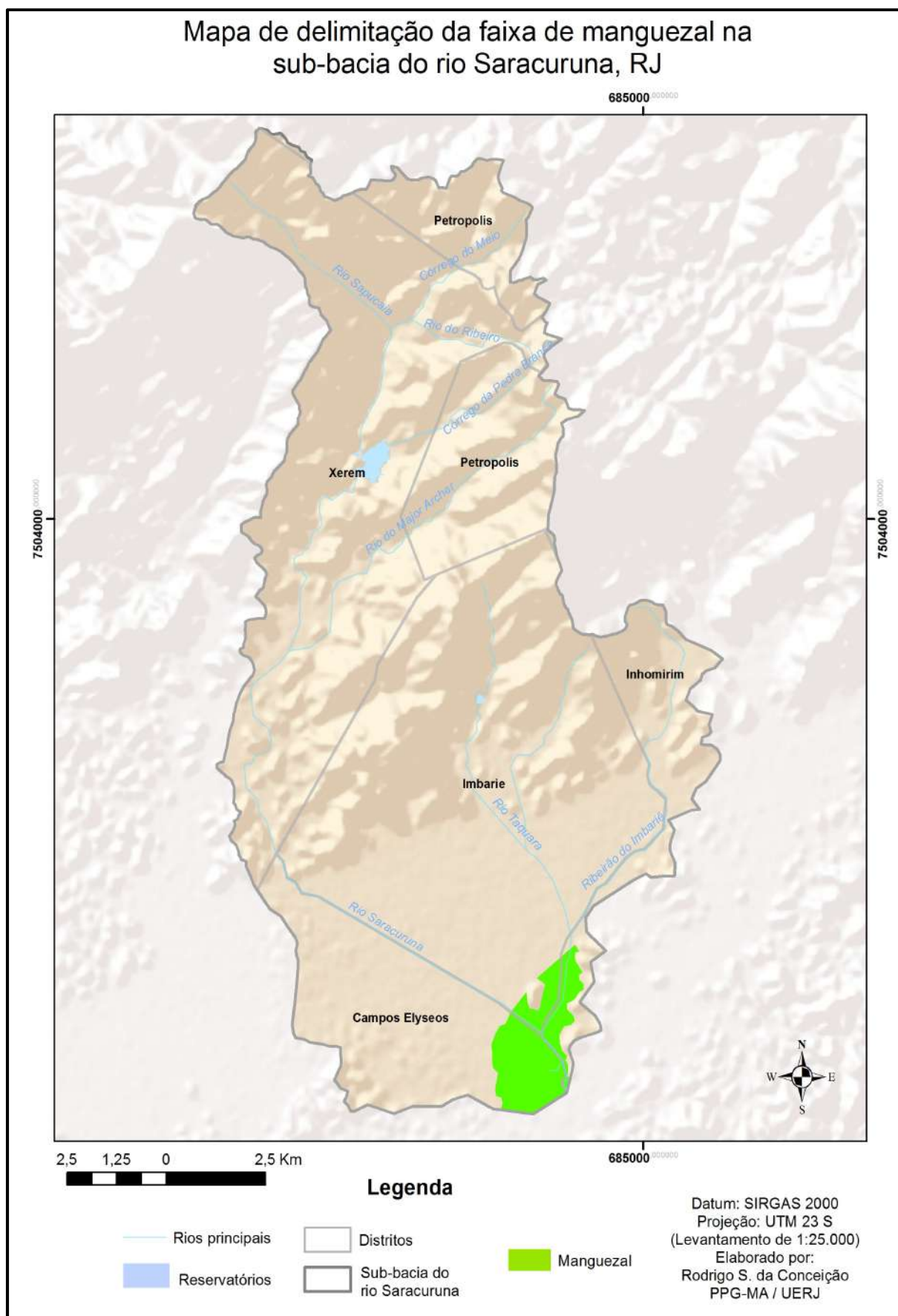
Legenda: Encontro dos rios Inhomirim (à esquerda) e Saracuruna (à direita). Percebem-se na imagem fragmentos de vegetação associadas ao manguezal do rio Estrela. Ao fundo, após as formações colinosas encontra-se a Baía de Guanabara. Ainda ao fundo, à direita, visualiza-se parte do complexo da REDUC.

Fonte: BIBLIOTECA VIRTUAL DE MEIO AMBIENTE DA BAIXADA FLUMINENSE, 2013b.

A faixa de manguezal, inserida na sub-bacia, compreende 5,3 km², ou 2,8% com relação ao total de área da compartimentação. Esta APP se localiza ao sul junto à extensão final dos rios Imbariê e Saracuruna (Mapa 41).

A faixa de APP de manguezal se distribui da seguinte maneira frente às porções distritais inseridas na sub-bacia: Campos Elyseos com 3,2 km² ou 59,8%, com relação ao total de área da faixa; Imbariê com 0,9 km² ou 16,9%; e Inhomirim com 1,2 km² ou 23,2%.

Mapa 41 – Delimitação da faixa de manguezal na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ









Fonte: O autor, 2013.






6.4.2 Ciclos parcialmente aplicados

No quadro 42 temos a exemplificação de 2 (dois) ciclos parcialmente aplicados voltados à categoria de APP ligada à faixa de manguezal. O ciclo 1 apresenta 75% de indicadores de seus indicadores diretamente vinculados à temática das APPs. Já o ciclo 2, apresenta apenas 50% dos indicadores com tais características.

Quadro 42 – Ciclos parcialmente aplicados para avaliação de APPs – Categoria isolada de manguezal

Categoria de APP (ciclo)	Componentes do PEIR / Indicadores			
	Pressão	Estado	Impacto	Resposta
Manguezal (1)	 Usos predominantes dos recursos	 <i>Qualidade das águas</i>	 Perda da biodiversidade	Plano de bacia hidrográfica
Manguezal (2)	 <i>Crescimento do número de domicílios</i>	 Uso do solo	 <i>Áreas de erosão e assoreamento</i>	Agenda 21 Local

Legenda: 1 – Em *itálico*: indicadores *transversalmente* vinculados ao tema;

2 - () Preservar os recursos hídricos; () Preservar a paisagem; () Preservar a biodiversidade; () Facilitar o fluxo gênico da fauna e flora; () Proteger o solo.

Fonte: O autor, 2013.

❖ Ciclo parcialmente aplicado 1

Este ciclo contempla como indicador de pressão os “usos predominantes dos recursos”, representativo da função ambiental de preservação da paisagem. Segundo Silveira e Trierveiler (2012, p. 59) “os manguezais do rio Estrela apresentam-se impactados pela atividade industrial, e sofrem ainda interferência dos moradores das áreas próximas, que extraem madeiras e/ou realizam pesca predatória.”

Os rios que cortam o manguezal inserido na sub-bacia do rio Saracuruna, em direção ao rio Estrela, a exemplo do rio Saracuruna, canal do Imbariê e vala do Farias, abarcam a disposição de efluentes domésticos e industriais dentre seus principais usos (IBG, 2002; SANTOS, 2006). Neste sentido, a qualidade das águas exerce forte influência sobre as características deste ecossistema.

O indicador de estado “qualidade das águas”, com potencial para mensuração, representa a função ambiental de facilitação do fluxo gênico de fauna e flora considerando a interação entre os ambientes liminológico, marinho e terrestre. No âmbito do Estado do Rio de Janeiro o INEA cumpre a função de disseminador de dados relativos à qualidade da água de rios e da Baía de Guanabara (com retorno para análises envolvendo manguezais, enquanto ecossistemas de transição). Dentre as estações para o monitoramento da qualidade da água de rios inseridas na sub-bacia constam a SR400 e a SC420, ambas vinculadas ao baixo curso do rio Saracuruna, porém fora dos limites da faixa do manguezal (INEA, 2013d).

Segundo o Consórcio Ecologus-Agrar (2004), considerando o período entre 1990 a 2003, o rio Saracuruna manteve as mesmas condições para a demanda bioquímica de oxigênio, apresentando, no entanto, resultados piores para oxigênio dissolvido e nitrogênio amoniacal, por exemplo, o que pode indicar um possível aumento do aporte de efluentes domésticos. O rio Estrela, com influência sobre a área do manguezal, sofre ainda com o lançamento de efluentes industriais significativos.

O indicador de impacto “perda da biodiversidade”, com potencial para mensuração, representa a função ambiental de preservação da biodiversidade. Ao se levantar informações sobre este indicador, frente ao ciclo proposto, leva-se em consideração que os rios e manguezais guardam significativas interações ecológicas.

Conforme Rio de Janeiro (2011b, p. 22), quando uma bacia/sub-bacia hidrográfica é mal gerenciada, “os rios refletem pelos problemas ambientais e, conseqüentemente, os manguezais. Por isso mesmo, os manguezais recebem diretamente os impactos ambientais.”

Ainda de acordo com Rio de Janeiro (op. cit.), nas áreas de manguezais os esgotos podem causar diversos problemas relacionados à perda da biodiversidade: poluição e contaminação das águas, contaminação de animais aquáticos, morte de animais aquáticos, morte da vegetação de mangue e redução da quantidade de oxigênio da água. Ressalta-se que o ecossistema de manguezal é tolerante a um enriquecimento de nutrientes, mas quando a carga orgânica é excessiva pode ocorrer um aumento de produção o qual pode ocasionar uma mortandade da fauna.

Segundo Silveira e Trierveiler (2012), no manguezal do rio Estrela observam-se algumas espécies exóticas associadas aos ambientes de transição e clareiras na vegetação causadas por problemas de conservação originados pelo acúmulo de resíduos sólidos e vazamentos de produtos químicos. Tal fato se associa fortemente aos usos predominantes dos recursos e à qualidade das águas.

As respostas se vinculam ao “plano de bacia hidrográfica”, o qual contempla programas que atendem parcialmente à pressão avaliada, quais sejam: “Tratamento de efluentes sanitários” e “Controle de efluentes líquidos industriais”, que não necessariamente se relacionam às atividades desenvolvidas *in situ* pela população local. Não foram encontradas no plano referências a respeito de programas, diretrizes e linhas de ação para prevenção ou controle de atividades exploratórias.

Cabe citar ainda o programa de “Monitoramento da qualidade da água” o qual envolve diretrizes e linhas de ação voltadas à ampliação / melhoria da rede de monitoramento, com potencial para a franca disponibilidade de dados que possam auxiliar no monitoramento de questões relativas ao manguezal.

Por fim, com relação às respostas frente ao impacto, pode-se recorrer novamente ao programa de “Monitoramento ambiental” o qual envolve o monitoramento de alterações qualitativas da cobertura vegetal relacionadas às mudanças na estrutura, composição de espécies e funcionalidade dos ecossistemas existentes, sem, no entanto, oferecer diretrizes específicas para o monitoramento de manguezais.

❖ Ciclo parcialmente aplicado 2

O presente ciclo apresenta como indicador de pressão o “crescimento do número de domicílios”, representativo da função ambiental de preservação da paisagem. O indicador, aplicado e com resultados expressos junto à caracterização da área de estudo, demonstra, de maneira geral, um crescimento do número de domicílios variando entre 13,7 a 28,7% nos distritos de Campos Elyseos, Imbariê e Inhomirim os quais abarcam terras da mancha de manguezal.

O “uso do solo”, indicador de estado representativo da função ambiental de proteção ao solo, demonstra a presença de ocupações urbanas esparsas na faixa, ainda que pouco representativa devido ao baixo percentual da categoria “campo antrópico” (Quadro 43). O indicador apresenta ainda um percentual menor de áreas ocupadas por vegetação arbóreo-arbustiva em comparação à vegetação rasteira junto aos campos de inundação.

Quadro 43 – Percentual de uso do solo em APP de manguezal na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ

Classes de uso do solo	Manguezal
Arbóreo-arbustiva	39,22%
Campo antrópico	1,56%
Campos sujeitos à inundação	59,23%
Total	100%

Fonte: O autor, 2013.

O indicador de impacto “áreas de erosão e assoreamento”, representa neste ciclo a função ambiental de preservação dos recursos hídricos. O mesmo, com potencial para mensuração, foi considerado para avaliação das áreas do manguezal assoreadas a partir da contribuição dos sedimentos carregados pelos rios a montante e depositados a jusante e da ocupação direta na faixa da APP de manguezal.

Segundo Rio de Janeiro (2001b), em todo o estado os aterros em áreas de manguezais estão, na sua maioria, associados à ocupação urbana, sendo praticados desde as classes desfavorecidas (como no caso da bacia do rio Estrela e, especificamente, sub-bacia do rio Saracuruna) até às classes abastadas. Os danos que os aterros provocam sobre os manguezais são diversos. Entre estes, pode-se citar a alteração do padrão de circulação das águas nos manguezais que podem, em última instância, provocar a sua perda; e o aumento da taxa de deposição de sedimentos (assoreamento) que pode reduzir a profundidade de rios, canais e estuários interferindo no ciclo de vida de inúmeros organismos dos manguezais.

O documento supracitado aponta também para a ocorrência de processos de erosão às margens de rios (originados, inclusive, pela retirada da mata ciliar) e de deposição junto à sua foz e aos manguezais.

Com relação às respostas, a “Agenda 21 local” emerge como uma proposta em direção à visão integrada e participativa de questões ambientais e urbanas avaliadas neste ciclo. A sub-bacia do rio Saracuruna conta com algumas iniciativas vinculadas ao recorte dos municípios, que contemplam faixas de manguezal, parcialmente inseridos na compartimentação.

Duque de Caxias não conta com um fórum organizado para a elaboração de uma Agenda 21 Local do município, mas sim apenas como fóruns isolados, pouco avançados

(CONCEIÇÃO e DORNELLES, 2011). Já Magé possui uma Agenda 21 Local, vinculada ao Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (COMPERJ, 2011). Recorrendo ao documento originado a partir dos fóruns de discussão, atesta-se um grande envolvimento do fórum participativo com a questão da ocupação em APPs.

No documento supracitado constam os seguintes problemas relacionados ao tema: falta de políticas públicas para os moradores de área de risco (ocupação de encostas e manguezais); aumento da população ribeirinha, instaladas em áreas das matas primitivas removidas; ausência de política municipal para uso do solo e assentamentos humanos; dentre outros. Já dentre as potencialidades levantadas figuram: disponibilidade de áreas para construção de moradias populares para reassentamento das populações que estão em áreas de risco ou sem moradia; implementação efetiva do Plano Diretor (versando sobre instrumentos de regulação da ocupação urbana).

Neste sentido, no documento há a proposição de mecanismos para se conter o avanço das construções irregulares nas APPs com distintas ações previstas, subjugadas à gestão pública, comunicação e fiscalização (Quadro 44).

Quadro 44 – Proposta da Agenda 21 Local de Magé quanto à garantia da função ambiental de APPs

Proposta: Contenção do avanço das construções irregulares nas Áreas de Preservação Permanente – Alta Prioridade		
Ações programadas		
Gestão pública	Comunicação	Fiscalização
1. Criar programas de remanejamento da população que ocupa as Áreas de Preservação Permanente.	1. Divulgar o objetivo das obras públicas, seus custos e respectivos responsáveis.	1. Monitorar as áreas de destinadas a preservação ambiental, dificultando a instalação de assentamentos irregulares.
2. Exigir dos órgãos responsáveis pelo zoneamento urbano o cumprimento do Código de Posturas e do Plano Diretor, evitando a proliferação de construções irregulares.	2. Informar a população sobre riscos da ocupação ilegal de áreas verdes próximas das Unidades de Conservação.	

Fonte: Adaptado de COMPLEXO PETROQUÍMICO DO RIO DE JANEIRO, 2011.

7 DISCUSSÃO

O encadeamento de indicadores, visualizado nos ciclos *PEIR* propostos, permitiu uma avaliação lógica (sequencial) e integrada de APPs, inseridas na sub-bacia do rio Saracuruna, a partir de instrumentos de natureza quantitativa. A separação entre pressões, estado, impactos e respostas possibilitou a aferição sobre a segmentação entre causas, condições e efeitos, com relação ao uso e ocupação em APPs, o que redundou na análise das partes frente ao todo, ideia inerente ao conceito de complexidade ambiental regido por Morin (2000a; b).

A carta-síntese de indicadores para avaliação de APPs apresentou percentuais diferenciados, por componentes do modelo *PEIR*, de itens diretamente e *transversalmente* vinculados ao tema. As pressões e impactos apresentam um número maior de indicadores *transversais*, e tal quadro pode ser explicado pelo fato de que estes componentes representam, em alguns casos, situações além dos limites das APPs. No caso das pressões, verifica-se, por exemplo, que os processos externos se direcionam ou influenciam outros processos para dentro das faixas protegidas. Já os impactos podem apresentar outra situação, ou seja, por vezes refletem uma difusão de processos e fenômenos a partir da faixa de APP.

Isto pode ser explicado a partir das ideias apresentadas de Cunha e Guerra (2000), de que os problemas ambientais podem ocorrer nas áreas diretamente atingidas ou mesmo em áreas afastadas do foco principal (ou contribuinte) dos desequilíbrios ecológicos.

Cabe ressaltar que a caracterização da área é um fator essencial para a especificação dos indicadores mais apropriados à avaliação. Porém, isto não deve descaracterizar o indicador quanto à sua *transversalidade*, ou seja, quanto ao seu potencial de aplicação na comparação entre diversas realidades locais.

A *transversalidade* impôs ao indicador, na maioria dos casos, um distanciamento maior das APPs e de suas funções ambientais, ou seja, vínculo com um número menor de funções, evidenciando que, quanto mais diretamente relacionado ao tema, o indicador possui mais vínculos relacionados às funções ambientais. Neste caso, tais indicadores possuem um potencial maior para mudanças de posição frente aos elementos da matriz *PEIR*, além de evidenciarem uma interdependência entre tais funções dentro do recorte físico.

Cabe ressaltar que, dependendo do ciclo gerado, vinculado à determinada categoria de APP e função(ões) associada(s), podem ocorrer mudanças na classificação de indicadores, como também alteração de perfil, quanto a sua efetividade e *transversalidade*.

A matriz permite uma série de outros ciclos com a agregação de vários outros indicadores, que, no caso das APPs, poderiam atender a outras formas de interpretação quanto à hierarquização das funções ambientais. Por exemplo, em um ciclo em que a “preservação dos recursos hídricos” pudesse ser avaliada sob a perspectiva da componente estado do *PEIR*, um indicador em potencial seria a “disponibilidade hídrica”. Caso a “demanda por abastecimento” (urbano, industrial, etc.), ligado aos padrões de consumo, representasse a pressão, este ciclo seria, a princípio, *transversal* às APPs. Porém, se integrado a algum indicador voltado ao uso e ocupação talvez garantisse um grau de efetividade para a avaliação destas faixas, em suas diversas categorias.

Os indicadores selecionados neste trabalho tiveram um perfil espacial, ou seja, representando informações especializadas no âmbito da sub-bacia do rio Saracuruna e de suas APPs. A desagregabilidade / espacialidade é, então, um dos aspectos mais importantes dos indicadores, dentre o rol levantado por Januzzi (2001), para se trabalhar neste recorte.

Ressalta-se que a identificação, caracterização e avaliação de APPs, tendo como suporte a aplicação de um sistema de indicadores de avaliação integrada com o auxílio de técnicas computacionais relacionadas ao acesso, tratamento e análise dos dados, consiste em uma importante contribuição para o desenvolvimento de aplicações ambientais, associadas ao processo de tomada de decisão e de gestão das referidas áreas. Tal investigação vem de encontro ao que Xavier-da-Silva (2001) entende como contribuição ao progresso da pesquisa ambiental, envolvendo o uso de modelos sistêmicos com base em geoprocessamento. Assim sendo, os mapeamentos gerados a frente à adaptação do modelo, sob a forma de ciclos *PEIR* aplicados e parcialmente aplicados, viabilizaram os resultados com contribuição, inclusive, para a gestão das APPs na sub-bacia analisada.

Tais indicadores acabam por oferecer informações espaciais importantes para a tomada de decisão, de maneira integrada (junto aos ciclos aplicados) ou agregada (junto aos mapas de situação das APPs). De maneira próxima, Schlee (2007) também gerou resultados agregados para avaliação de APPs, reforçando o que Bellen (2007) entende como simplificação das informações sobre fenômenos complexos, objetivando facilitar a comunicação e a tomada de decisão final. Com base ainda no que defende este último autor, as inter-relações entre fenômenos puderam ser apontadas e, ao menos, conjecturadas, a partir dos ciclos de indicadores integrados para avaliação das APPs na sub-bacia do rio Saracuruna. Neste caso, ainda que o produto final seja agregado, a sua sustentação se baseia nos ciclos aplicados nesta pesquisa.

A cata-síntese foi estruturada a partir da seleção de 40 (quarenta) indicadores, igualmente distribuídos pelos componentes da matriz. Este número reflete a densidade do modelo *PEIR* e da temática de APPs, sendo necessário à composição de ciclos diferenciados, para cada grupo ou categoria isolada de APP. Alerta-se, no entanto, que o objetivo da carta-síntese não necessariamente envolveu a mensuração de todos os seus indicadores, ainda que informações gerais estivessem disponíveis para cada um, justificando sua relevância no contexto da temática frente ao recorte analisado ou outros. Na realidade, a carta-síntese garantiu flexibilidade na apropriação de indicadores para os ciclos avaliativos ou exemplificativos.

Dentre os 26 (vinte e seis) indicadores selecionados, 16 (dezesseis) foram efetivamente mensurados a partir do aproveitamento de dados levantados para caracterização da área de estudo, e da necessidade de composição de, ao menos, 1 (um) ciclo aplicado para cada grupo de categorias de APP (ligadas à drenagem e ao relevo de altitude), os quais podem ser vistos como ciclos avaliativos, necessários à composição do mapeamento-síntese da situação destas faixas na sub-bacia. Registra-se, no entanto, que o mesmo não ocorreu para a categoria isolada de manguezal, a qual se associou um peso maior aos indicadores, principalmente os de impacto, representativos da função ambiental de preservação da biodiversidade, reconhecidamente de difícil monitoramento em âmbito local.

O menor número de indicadores efetivamente mensurados correspondeu ao componente de impacto, o qual contemplou apenas 2 (dois) itens nesta situação. Tal fato ilustra a dificuldade de monitoramento e quantificação dos efeitos adversos sobre o meio ambiente, o que limitou a composição de ciclos aplicados.

Assim sendo, 10 (dez) indicadores emergem como de potencial para mensuração, devido à indisponibilidade atual de dados ou instrumentos para o levantamento dos mesmos em âmbito local na sub-bacia. São considerados em potencial não somente em relação à sua relevância no contexto da temática, mas tendo como principal justificativa a utilização dos mesmos, em associação aos indicadores efetivamente mensurados, em ciclos parcialmente aplicados para a sub-bacia do rio Saracuruna. Tais ciclos poderão vir a se tornarem ciclos aplicados, base para futuras avaliações complementares a respeito da situação das APPs neste recorte (levando em consideração um número maior de funções ambientais). Nesta perspectiva, previu-se a base de cálculo para efetiva mensuração de cada um destes indicadores.

Reverendo a importância de cada indicador aplicado neste estudo, vinculados aos ciclos aplicados ou parcialmente aplicados, cita-se, por exemplo, a pertinência do “crescimento do

número de domicílios”. A incorporação deste indicador contribuiu para a observação das tendências de crescimento em direção às APPs, conforme visto no ciclo parcialmente aplicado 2 para a categoria de manguezal, desde que acompanhado pela identificação de edificações ou uso do solo nas faixas, devido à generalização dos dados em nível de distritos.

Já o “rendimento da população residente” envolveu a visualização de diferentes classes de rendimento, possibilitando a inferência sobre a concentração de baixa renda e tendências ao tipo de ocupação. O rendimento influencia no poder aquisitivo da população, que, em muitos casos, por falta de opções e negligência do poder público, ocupa áreas irregulares e de preservação permanente, como observado no ciclo parcialmente aplicado 2 para as APPs ligadas ao relevo de altitude. Conforme demonstrado por Domingues e Santos (2007) o uso de indicadores sociais e ambientais são pertinentes para a composição de quadros de vulnerabilidade e riscos em APPs.

A “evolução da área urbana em encostas” serviu para mostrar áreas que requerem atenção especial pela sua fragilidade ambiental. Ainda, tal indicador revela a tendência de ocupação em áreas de declividade acentuada ou em direção aos topos, exclusivamente localizadas acima da cota de 100 metros na sub-bacia do rio Saracuruna. Conforme explicita IPP (2005) a ocupação de encostas, por si só, não significa um problema ambiental. No entanto, as características naturais e a forma desordenada como se processa a ocupação podem provocar diversos impactos, a exemplo dos escorregamentos e desmoronamentos. Isto denota que, tal indicador irá exigir a integração com outros e/ou complementação de suas informações, assim como foi feito no ciclo aplicado para as categorias de APP ligadas ao relevo, onde os dados relativos ao tipo de ocupação (faixas abrangidas por aglomerados subnormais) trouxeram uma maior sustentação dos resultados.

O indicador de “usos predominantes dos recursos” vincula-se diretamente à APP, ao permitir a identificação de atividades exploratórias, regulares ou não, na faixa ou em recursos protegidos por esta. No entanto, isto depende de um levantamento de dados local e específico de cada categoria ou mesmo da faixa vinculada. Os levantamentos realizados por Rovedder (2007) para este indicador, em seu estudo, se configuraram em informações genéricas (adaptadas aos seus objetivos), no entanto, para o ciclo de indicadores integrados (quando aplicado) tais informações devem ser específicas a fim de que se possam realizar associações entre os mesmos. O indicador possui potencial para análise junto à qualquer categoria de APP, o que facilitou sua seleção no ciclo para a categoria de manguezal, a qual abarca características mais específicas, territorialmente, dentre as demais, sendo necessária a

utilização de indicadores não-específicos conceitualmente, ainda que voltados diretamente às APPs.

O “acesso à infraestrutura sanitária” possui importância para avaliação de APPs ao definir um perfil de ocupação que pode estar pressionando estas áreas, bem como os recursos por elas protegidos. No entanto, como visto junto ao ciclo aplicado para categorias de APP ligadas à drenagem, este indicador deve vir acompanhado de outro(s) que demonstrem o tipo e a posição da ocupação na APP, a exemplo do uso do solo.

O indicador de “alterações de áreas naturais por áreas antrópicas” permitiu identificar porções onde a ocupação se processou de forma mais intensa nos últimos anos, com especial contribuição ao quadro de atenção quanto à situação das APPs. Este talvez seja o indicador de pressão mais básico para avaliação de APPs, visto que possui, conceitualmente, abrangência de aplicação para todas as categorias, diferente do indicador “evolução da área urbana em encostas”, específico a um tipo de ambiente.

Outro indicador básico frente ao tema avaliado nesta pesquisa, agora revendo o estado, corresponde ao “uso do solo”. Os percentuais de uso do solo constituem uma das informações mais básicas necessárias à caracterização das APPs, bem como constitui a base para a composição de outros indicadores (a exemplo da qualidade ambiental das terras e da impermeabilização do solo, que se pautaram em informações de uso do solo). O indicador contribui não somente para o monitoramento dos tipos de usos em APPs e seu estado atual, mas também possibilitando, ao mesmo tempo, conjecturas das pressões exercidas sobre o meio natural. Nesta direção, seria passível de ser pensado um ciclo contendo o “uso do solo” como um indicador de pressão, representativo da função ambiental de “preservação da paisagem”, presente em primeira instância para todos os grupos de categorias de APP, segundo a hierarquização exemplificativa gerada neste estudo.

Sobre os indicadores avaliados a partir de informações de uso do solo, apesar da base comum, os mesmos se aprofundam em diferentes direções. Ao passo que a “qualidade ambiental das terras” discretiza níveis de qualidade do solo não-urbano, “a impermeabilização do solo” cria níveis diferenciados para as áreas urbanizadas.

Em APPs a identificação de diferentes níveis de “qualidade ambiental das terras” é relevante principalmente no que se refere às funções de proteção do solo e de preservação da estabilidade geológica. Na avaliação das APPs ligadas ao relevo de altitude na sub-bacia do rio Saracuruna o indicador foi pertinente devido ao foco, dado no ciclo, para a ocupação urbana e demais usos que possam potencializar a degradação do solo (associados aos níveis trazidos pelo indicador). O indicador, no entanto, torna-se genérico para se avaliar questões

mais profundas no contexto de, por exemplo, vulnerabilidade à erosão. Conforme revisto em Cunha e Guerra (2000) outras condições naturais do solo, não incorporadas ao indicador, tais como a sua composição, são essenciais para o entendimento sobre a dinâmica de degradação dos solos.

Já a “impermeabilização do solo” foi relevante para a avaliação do nível de urbanização e interferência sobre tendências ao escoamento superficial ou concentração de águas pluviais dentro e fora da APP, com ênfase para a margem de rios.

No que se refere à “superfície em assentamentos urbanos formais e informais”, a localização de assentamentos informais auxiliou na identificação de situações tais como a ocupação do solo de forma inapropriada e sem controle, o desflorestamento de APPs, a ocupação de áreas de maior vulnerabilidade à ocorrência de impactos, e a falta de infraestrutura sanitária. Sendo assim, este indicador é complementar àqueles indicadores de pressão relacionados às questões *transversais* às APPs, como a caracterização socioeconômica de ocupação do território.

O indicador de “susceptibilidade à erosão e capacidade de uso” possibilitou realizar conjecturas sobre as restrições de usos, impostas pelo meio natural e ampliadas pelo homem, reconhecendo as noções introduzidas por Tricart (1977) no que diz respeito às unidades ecodinâmicas, envolvendo as relações entre os componentes ambientais e seus respectivos fluxos de energia e matéria. Tal quadro deve contribuir para a definição de APPs com graus de prioridade de preservação, incluindo as de áreas consolidadas e em consolidação.

A “disponibilidade hídrica” é *transversal* à temática das APPs, pois possibilitou, em cruzamento com outros indicadores, conjecturar sobre a preservação, ou não, destas faixas (principalmente com relação às APPs ligadas à drenagem, protegendo zonas de recarga) em comparação com a quantidade de água disponível, além de ressaltar a importância das APPs para a disponibilidade do recurso hídrico. Assim, o indicador em questão corrobora o exposto por Brasil (2007a), reforçando que a instituição de APPs é uma das respostas à preservação dos recursos hídricos. Deve-se ressaltar que para a espacialização das informações vinculadas ao indicador (para visualização mais próxima com a distribuição de APPs e informações vinculadas à outros indicadores) é necessário a disponibilização dos limites das unidades de balanço da sub-bacia. Conforme citado por Magalhães Júnior (2011), apesar da lacuna de informações espaciais e temporais há um indicativo de mensuração de questões votadas à disponibilidade da água, por exemplo, em bacias hidrográficas, conforme se atesta ao se rever planos de bacia como o da RHBG+SLMJ.

O indicador de “qualidade das águas” é *transversal* nesta pesquisa, pois abarca dados do recurso protegido pela APP e não em sua faixa, apesar de sua íntima relação. Considera-se extremamente dificultoso relacionar o nível de qualidade do corpo hídrico com o nível de preservação e intervenção em APPs, inseridas em um contexto maior. Porém, conjugado a outros indicadores (adaptados diretamente à avaliação de APPs), conforme realizado no ciclo 1 parcialmente aplicado à avaliação de APP de manguezal, a “qualidade das águas” pôde-se conjecturar sobre o panorama dos problemas ambientais relacionados a esta faixa. Neste caso especificamente, o referido indicador poderia se tornar diretamente vinculado ao tema caso os dados estivessem relacionados à qualidade da água na faixa do manguezal, e não somente a trechos externos dos rios que cortam esta APP. Sendo assim, o ciclo acabou por considerar também questões vinculadas à outras categorias de APP (como a ocupação em faixas marginais de rios e o despejo de esgoto neste s) que influem sobre a categoria de manguezal, denotando uma interdependência ecológica e dinâmica entre as categorias de APP, conforme exposto por Vieira e Becker (2010) e Botelho (2011).

Quanto ao indicador de “áreas críticas de inundação” é preciso dizer que os impactos podem ocorrer pela combinação de eventos extremos de precipitação, distúrbios em corpos d’água, impermeabilização do solo, dentre outros fatores relacionados à ocupação tanto a montante como em planícies de inundação e em faixas de APP (dentro ou próxima de calhas de rios). Neste caso, o indicador aplicado tão somente definiu a localização e extensão das manchas de áreas críticas, identificando, localmente, a abrangência em APPs. Possui relevância quanto à preservação dos recursos hídricos, conforme avaliado no ciclo aplicado para as APPs ligadas à drenagem, por permitir a identificação de desequilíbrios nos corpos hídricos ocorrentes a partir das interferências nas APPs.

Pode-se dizer que este indicador permite a concepção de conjecturas quanto ao nível de preservação de APPs inseridas ou não nas áreas críticas de inundação, visto que, em um sistema ambiental como o de sub-bacia hidrográfica os processos desenvolvidos em um determinado ponto podem contribuir para o desenrolar de outros *in situ* ou de maneira dispersiva, conforme as exposições práticas de Cunha (2010). Ou seja, interferências em APPs a montante podem contribuir para a ocorrência de fenômenos a jusante, assim como o contrário também é verdadeiro.

O resultado obtido pelo indicador responde a parte da avaliação, no que se refere à porção de baixada, onde os impactos perpassam as APPs e são sentidos por uma faixa de ocupação bem maior, que se relaciona com o próprio tipo de terreno, não sendo assim exclusivos às APPs. Já, na porção correspondente ao médio curso do Saracuruna, por

exemplo, as APPs às margens do rio assumem uma importância maior com relação à não exposição ao risco, justamente por caracterizar uma faixa mais suscetível ao transbordamento do rio e ali concentrada.

O indicador de “áreas de risco de escorregamentos ou desmoronamentos” também demonstrou uma não exclusividade da ocorrência das áreas de risco em faixas de APP de relevo de altitude, no entanto, diferentemente das “áreas críticas de inundação”, estas foram mais facilmente associadas a um ponto específico.

No que se relaciona à “escassez de água” o indicador permitiu realizar conjecturas sobre o nível de preservação de APPs, principalmente naquelas voltadas à proteção de nascentes e corpos d’água.

O indicador de “áreas de erosão e assoreamento” permitiu a identificação geral de áreas com predomínio dos processos, com graves prejuízos e consequências no âmbito da sub-bacia hidrográfica. Este indicador, associado aos ciclos integrados, configura-se um dos mais interessantes para se conjecturar sobre os vínculos entre diferentes funções ambientais das faixas de APP, como a preservação da paisagem, a proteção ao solo, a preservação da estabilidade geológica, e a preservação dos recursos hídricos. Devido a esta característica o indicador pôde representar funções ambientais distintas em ciclos diversificados, voltados para avaliação das categorias de APP ligadas ao relevo de altitude e ao manguezal.

Com relação ao indicador de “danos aos ecossistemas” entende-se que a destruição de ecossistemas impacta principalmente sobre a preservação da biodiversidade. As APPs compreendem ecossistemas (como os manguezais) ou parte destes (como as faixas marginais de rios), e danos intrínsecos a estas faixas comprometem o ecossistema como um todo, a exemplo das alterações nas faixas marginais de rios que impactam o solo e/ou o ambiente aquático, como ilustrado junto ao ciclo parcialmente aplicado para avaliação de APPs ligadas à drenagem, em que o presente indicador, com potencial para mensuração, foi vinculado. A respeito deste ciclo, a associação do indicador de “danos aos ecossistemas” aos indicadores de “acesso à infraestrutura sanitária” (pressão) e de “uso do solo” (estado) se tornou interessante na medida em que buscou ilustrar o que Tucci (2005) e Botelho (2011) apresentam como problemas ambientais em bacias urbanas, relacionados à associação entre o saneamento ambiental (ou falta de), uso do solo e (des)equilíbrio do sistema ambiental.

Sobre o indicador de “perda da biodiversidade”, seu uso pautou-se no fato de que as APPs, por compreenderem espaços com características específicas, abarcam uma diversidade biológica em seu interior, intimamente interagindo com o meio abiótico, o que levou, inclusive, Brasil (2002) propor estudos de impacto sobre a biodiversidade em APPs. Neste

sentido, cabe avaliar estas faixas quanto à manutenção de sua função ambiental de preservação da biodiversidade. No entanto, percebeu-se a grande dificuldade relacionada ao acesso à dados ou mesmo informações gerais a respeito de questões voltadas à biodiversidade na sub-bacia do rio Saracuruna. Isto corrobora o que Segnestam (2002) compreendeu como dificuldade no desenvolvimento de indicadores frente ao tema envolvendo fatores políticos, técnicos e institucionais, ao se observar que não há um monitoramento da biodiversidade, ou sua divulgação, em âmbito local. A própria estagnação da política de biodiversidade, onde não se observam desdobramentos em planos locais, contribui para isto.

Quanto às respostas pode-se dizer que indicadores como “plano diretor urbano”, “plano de bacia hidrográfica” e “Agenda 21 Local” possuem um perfil preventivo (sob o ponto de vista do planejamento), ainda que os planos de bacia sejam, em potencial, direcionadores de ações práticas por meio de seus programas. Já o indicador de “áreas protegidas”, com um enfoque mais prático, permitiu conjecturar sobre o nível de preservação das faixas de APP inseridas em território delimitado como de conservação em detrimento das demais, bem como sobre o nível de efetividade de cada aparato legal.

Pode-se dizer que o indicador de “áreas de risco recuperadas”, conceitualmente prático, permite a identificação de ações conjuntas de correção e prevenção, possibilitando ainda a recursividade quanto à composição de novos quadros diagnósticos. Ou seja, no que se refere a um indicador de resposta com um perfil corretivo, como este, novos ciclos poderão surgir a partir de sua aplicação, avaliando novas ou recorrentes situações. No entanto, em sua aplicação o indicador demonstrou o forte aspecto discursivo das ações planejadas no âmbito da sub-bacia, visto que há uma grande dificuldade na identificação do que efetivamente é executado dentro dos planejamentos avaliados.

O indicador de “interferências sobre o tipo de habitação”, se difere do acima exposto por avaliar respostas relacionadas à vulnerabilidade social, e não exatamente ao risco, *in situ*. O indicador demonstrou, assim, iniciativas voltadas ao tratamento de questões de base, atuando sobre causas e seus efeitos, ainda que possam ser necessárias transformações mais profundas no modo de se pensar as cidades e a ocupação do solo e com relação à distribuição de renda. O indicador é *transversal* por se tratar de respostas diretamente voltadas àquelas pressões *transversais* às APPs, a exemplo do “rendimento da população residente” (com grande retorno à identificação de vulnerabilidades), conforme avaliado em um dos ciclos parcialmente aplicados para as APPs ligadas ao relevo de altitude.

A respeito do ciclo acima mencionado, Pequeno e Moreira (2007) atentaram em seu trabalho para o potencial de discussão quanto à instituição de áreas prioritárias de intervenção

em APPs a partir da construção de indicadores de pressão e impacto relacionados à vulnerabilidade social e aos riscos ambientais. Revela-se assim um grande potencial de utilização de ciclos contemplando indicadores *transversais*, associados à esta tentativa de composição do quadro de vulnerabilidade, de maneira complementar aos ciclos aplicados contemplando indicadores diretamente vinculados à legitimação de APPs.

Muitas das respostas, de caráter preventivo, levantadas nos ciclos gerados, estão relacionadas aos planos de gestão, onde a execução de ações corretivas se tornam mais claras. Por exemplo, no ciclo aplicado para APPs ligadas à drenagem, dentre as ações executadas junto ao plano de bacia hidrográfica frente aos temas avaliados foram identificadas obras de dragagem em rios e a implementação do sistema de alerta de cheias, as quais são de suma importância considerando-se os impactos ocorrentes, mas que não necessariamente garantem a sustentabilidade do ambiente avaliado. No entanto, cumpre dizer que outras ações em potencial à prevenção, ainda que menos práticas, são consideradas no referido plano e reveladas pelo indicador, a exemplo de sua integração com os planos diretores municipais.

Conforme indicado por Araújo (2008) as ações do poder público se voltam basicamente à mitigação de impactos, carecendo ainda de implementação de políticas públicas eficientes no contexto de integração urbano-ambiental e das pressões. O direcionamento de respostas frente às pressões em APPs, que se associam, por exemplo, à questão habitacional em meio urbano e à demanda por recursos, é algo que vem se implementando de maneira gradual considerando as novas perspectivas de análise integrada do meio ambiente. Pode-se dizer que, em âmbito local isto ainda vem se processando. Por exemplo, a partir das respostas levantadas para os ciclos propostos para a avaliação de APPs ligadas ao relevo de altitude revelam-se ações, em Petrópolis, voltadas à remoção em áreas de risco, às melhorias habitacionais e ao planejamento de novos conjuntos habitacionais sustentáveis, para população de baixa renda, em acordo com a preservação de APPs.

Avaliando o conjunto de indicadores e ciclos propostos, entende-se que os indicadores de pressão e estado são precisos quanto à avaliação sobre a preservação das APP, porém, não explicam isoladamente a causa de um impacto. Ressalta-se que o indicador de impacto, importante componente definidor do modelo, não mensura a importância da APP quanto a não ocorrência de determinado fenômeno, mas sim demonstra o resultado frente à contribuição das interferências nestas. Ainda assim, o indicador de impacto é pertinente com relação à legitimação desta faixa, ou seja, ocupações sob o risco hidrológico ou geológico, por exemplo, dentro da faixa de APP denunciam que estas estão descaracterizadas quanto às demais funções.

Como levantado na revisão teórica, uma das maiores críticas ao uso de indicadores se baseia no fato de que um indicador por si só não explica uma realidade complexa. No entanto, neste trabalho defende-se que, a concatenação destes, frente a uma organização lógica, contribui para a visualização de um cenário e sua interpretação. A partir da proposta de Bossel (1999), envolvendo um ciclo ilustrativo da concatenação de indicadores individuais para cada componente do modelo *PEIR*, este trabalho avançou na composição de ciclos aplicados e parcialmente aplicados, com as mesmas características do ciclo proposto pelo autor mencionado, objetivando uma real contribuição à avaliação de APPs.

A revisão da literatura específica às APPs, bem como a caracterização da área propiciou a interpretação dos indicadores com potencial para mensuração e, conseqüentemente, sua vinculação aos ciclos parcialmente aplicados. Tais ciclos, os quais possuem indicadores *transversais*, apesar de extremamente importantes e pertinentes para a visualização de situações distintas na sub-bacia, se afastam gradativamente do tema principal, no caso as APPs, quanto maior o número de indicadores assim denominados junto ao ciclo. Estes ciclos podem ser considerados auxiliares à avaliação, o que não depõe contra a sua pertinência, ao contrário, tais ciclos ampliam a possibilidade de agregação de processos e fenômenos ocorrentes fora das APPs e que auxiliam na composição de um cenário qualquer, ao qual tais faixas se associam.

Os indicadores vinculados aos ciclos aplicados foram essenciais à avaliação dos grupos de APPs vinculadas à drenagem e ao relevo de altitude, visto que, apesar de não responder à todas as situações e inter-relações ocorrentes neste ambiente diversificado, atenderam à legitimação das faixas quanto ao seu propósito primordial e inicial, ou seja, a preservação da cobertura vegetal e funções associadas. Neste caso, esta avaliação só seria possível a partir de utilização de indicadores diretamente vinculados ao tema.

As pressões possibilitaram inferir sobre o quadro de atenção; já o estado permitiu a identificação e classificação do nível de preservação das APPs e o potencial de intervenção associado; ao passo que os impactos possibilitaram a determinação de áreas de alerta.

Conforme explicitado por Segnestam (2002) a separação entre componentes como o estado e o impacto orienta a tomada de decisão. Neste sentido, o uso do modelo *PEIR* e de indicadores classificados com base em seus componentes auxiliou na geração de um produto em potencial para a tomada de decisão em APPs, envolvendo ações preventivas e corretivas a serem desenvolvidas pelos atores relacionados à gestão destas faixas.

No tocante à síntese das avaliações, os produtos gerados corresponderam aos mapeamentos da situação das APPs, frente à legitimação das mesmas e identificação de faixas

com potencial para recuperação, para intervenções urbanísticas e para intervenções prioritárias, voltados à tomada de decisão. Os ciclos aplicados gerados para os grupos de APPs ligadas à drenagem e ao relevo de altitude foram capazes de expressar esta diversidade. O quadro 45 aponta para uma síntese geral dos ciclos (indicadores mensurados), evidenciando a viabilidade de adaptação do modelo *PEIR* para avaliação de APPs.

Quadro 45 – Síntese das avaliações desenvolvidas junto aos ciclos *PEIR* aplicados (continua)

	Ciclo aplicado para APPs ligadas à drenagem	Ciclo aplicado para APPs ligadas ao relevo de altitude
Comentários gerais	O ciclo demonstrou como as alterações na paisagem e os diferentes níveis de impermeabilização do solo em APPs vem contribuindo para a composição, manutenção e até mesmo ampliação de um quadro negativo relacionado à ocorrência de impactos, associados aos desequilíbrios nos corpos hídricos e exposição ao risco.	Este ciclo possibilitou apontar uma maior relação das APPs ligadas ao relevo de altitude com a função ambiental de preservação da estabilidade geológica, a partir da identificação de impactos ocorrentes em áreas ocupadas, de paisagem humana.
Indicador de PRESSÃO	O indicador apontou para um quadro de alterações de áreas naturais para áreas antrópicas (no período de 2003 a 2011) em APPs fortemente associadas ao surgimento de novas edificações em faixas marginais de rios.	A ocupação urbana acima de 100 metros na sub-bacia do rio Saracuruna constitui-se pouco extensa e, nos últimos anos (2003 a 2011) não se expandiu. As pequenas manchas que intercedem com faixas destinadas à preservação permanente estão basicamente associadas à ocupação informal.
Indicador de ESTADO	As faixas marginais de rios contemplavam, em 2011, os maiores percentuais de impermeabilização do solo, em detrimento das demais categorias, distribuídos pelos níveis baixo (a qual se associam a maior parte dos pontos de alteração entre usos em APPs no período de 2003 a 2011), médio e alto.	Além do revestimento do solo em áreas urbanas, as APPs ligadas ao relevo de altitude na sub-bacia integram áreas ligeiramente degradadas, de maneira mais expressiva em comparação aos demais níveis de degradação. Ainda assim, todas as categorias apresentam um quadro expressivamente favorável de conservação do solo.

Quadro 45 – Síntese das avaliações desenvolvidas junto aos ciclos *PEIR* aplicados (conclusão)

	Ciclo aplicado para APPs ligadas à drenagem	Ciclo aplicado para APPs ligadas ao relevo de altitude
Indicador de IMPACTO	As faixas marginais inseridas em áreas críticas de inundação na sub-bacia se associam aos rios e canais urbanos na porção de baixada. Tais faixas marginais mais propensas à inundação se caracterizam por abrangerem significativo número de pontos de alteração entre usos (2003-2011) e diferentes níveis de impermeabilização (2011).	Atestou-se que apenas um dos setores de risco iminente a escorregamentos na sub-bacia do rio Saracuruna se localiza em faixa de declividade acima de 45° e topo de morro. Este se encontra associado à mancha de ocupação informal que intercede com tais faixas.
Indicador de RESPOSTA	O plano de bacia incidente, lançado em 2005, apresenta programa específico (“Controle e prevenção de enchentes”) frente ao impacto, com ações preventivas e corretivas, as quais acabam por influenciarem respostas também sobre a pressão.	O indicador, de caráter corretivo, possibilitou aferir sobre a recuperação deste setor de risco, a partir da previsão (em 2007) de recursos financeiros e planejamento de ações voltadas, por exemplo, ao reflorestamento, urbanização e obras de infraestrutura.
Síntese da situação das APPs (2011)	As APPs ligadas à drenagem legitimadas se concentram ao norte da sub-bacia. Com relação às faixas marginais de rios, inseridas em direção à porção de baixada, ao sul, foram identificadas faixas com potencial para intervenções urbanísticas e prioritárias (a fim de se mitigar impactos). Ainda, em áreas rurais e de transição são identificadas faixas para recuperação. Neste sentido, percebe-se a necessidade do direcionamento de ações mais incisivas, vinculadas ao indicador de resposta, em articulação, inclusive com outros planos de gestão (urbana, por exemplo) e instrumentos associados.	Para ambas as categorias de APP (topo de elevações e declividade acima de 45°) a situação atual é extremamente favorável, devido à legitimação acima de 95% do total das faixas delimitadas. Ainda assim, as faixas identificadas, a partir da aplicação do indicador de impacto, como de potencial para intervenções prioritárias, devem receber especial atenção, a fim de se atestar que a resposta corretiva tenha sido efetiva. Ademais deve-se pensar na integração desta com medidas preventivas.

Fonte: O autor, 2013.

Na avaliação ambiental integrada deve ser considerado todo o conjunto de mecanismos de regulação do território. O arcabouço jurídico, bem como os produtos associados à distintas legislações, denotam uma vasta disponibilidade de normas sustentadoras da preservação permanente de áreas estratégicas, sob o ponto de vista ambiental, na sub-bacia do rio Saracuruna.

Apesar de existentes, tais normas não foram totalmente capazes de regular este território, ambientalmente diversificado, de forma com que as APPs se mantivessem efetivamente preservadas, como se atesta nos mapas-síntese da situação das APPs ligadas à drenagem, principalmente no que se refere à categoria de margem de rio em áreas urbanas, e ao relevo de altitude.

Ainda que não seja novidade a inexistência de APPs em áreas consolidadas, tal situação corrobora o denunciado por autores como Araújo (2002), Marques (2005) e Britto et. al. (2012) no que se refere à descaracterização destas faixas, quanto ao seu propósito inicial, em áreas urbanas, e a necessidade de atuação do poder público frente a esta realidade, não necessariamente em direção à preservação, mas sim em relação às intervenções urbanísticas e (re)ordenamento do território.

Tais autores apontam para um complexo quadro de causas e discutem sua associação com este cenário político e ambiental, de maneira geral ou aplicada, revendo a importância na concretização de instrumentos, em potencial à preservação ambiental e desenvolvimento urbano sustentável, previstos na política local urbana, a exemplo da regularização fundiária e do zoneamento, que, conforme o levantamento de planos locais e das respostas frente aos ciclos avaliados, é pouco utilizado nos planos diretores incidentes na sub-bacia do rio Saracuruna.

Nesta perspectiva, o levantamento da legislação emerge como um ponto de partida para a avaliação, principalmente ao se levar em conta que a APP, objeto deste trabalho, é um conceito fruto de uma legislação. A própria delimitação destas faixas tornou-se dependente deste levantamento. Deste modo, a síntese da situação das APPs ligadas à drenagem e ao relevo de altitude na sub-bacia do rio Saracuruna representa a legitimação frente à política inicialmente levantada.

Assim sendo, o Código Florestal é a base de todo este processo e, ao mesmo tempo, uma resposta, visto que apresenta, em sua edição de 2012, parâmetros de regulação frente às possíveis situações de interferência em APPs.

O aspecto temporal é um fator de complexidade na utilização da matriz *PEIR*, enquanto metodologia de avaliação ambiental integrada. Isto porque uma resposta pode ser

considerada a base para uma pressão, em alusão à recursividade organizacional de Morin (2000a; b). Tais questões são cíclicas e se materializam ao longo do tempo.

Neste sentido, as respostas representam produtos, levantados no processo de avaliação ambiental integrada, que podem estar associadas a diferentes períodos. O plano diretor de recursos hídricos da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara e os planos diretores urbanos de Duque de Caxias, Magé e Petrópolis, por exemplo, se vinculam ao período de 2005 a 2006, anteriores ao Código Florestal de 2012, porém posteriores ao antigo Código Florestal e frutos de legislações aplicadas ou transversais às APPs e suas funções. Ainda, tais planos, segundo a lei que os promulga, serão revisados e constituiram respostas posteriores ao Código Florestal de 2012.

Atesta-se então a importância da legitimação de APPs na sub-bacia do rio Saracuruna para esta revisão, pois, conforme visto em Coelho (2006), o quadro de (in)sustentabilidade expressa a (in)viabilidade das políticas e a atuação dos gestores locais.

A gestão das APPs na sub-bacia do rio Saracuruna está vinculada à atuação do INEA, como órgão fiscalizador, em âmbito estadual, bem como à atuação dos órgãos setoriais municipais, principalmente no que se refere ao planejamento e gestão do uso do solo.

No que se relaciona ao INEA, este tem atuado de maneira passiva quando da definição de FMPs por meio de sua diretoria de licenciamento ambiental, no entanto, de acordo com o previsto pelo Código Florestal.

Algumas das políticas apresentadas, transversais às APPs, têm o município na base de seus respectivos sistemas de planejamento e gestão. Não obstante, em relação às ações articuladas com outros entes governamentais na política de meio ambiente, destaca-se a adequação da legislação municipal à federal e estadual.

A partir do exposto por autores como Araújo (2000) e Guimarães (2004), no que se refere à divisão de competências entre os entes federados, pode-se dizer que a competência legislativa municipal, em matéria ambiental, é complementar em relação à União e aos estados e específica quanto às matérias atribuídas diretamente aos municípios pela Constituição. Fica claro assim que, o planejamento do uso e ocupação das terras (e, por consequência, a gestão de APPs) é competência municipal.

Conforme previsto por Santos e Oliveira (2010), os planos diretores, no entanto, apenas reafirmam o compromisso de manter as APPs nas áreas previstas pela legislação federal sem, no entanto, delimitá-las ou criar APPs em função de situação específica. De uma forma geral, os instrumentos e definições estabelecidas para a política ambiental nos planos

diretores incidentes à sub-bacia do rio Saracuruna, não são auto-suficientes em termos de aplicabilidade.

Se, por um lado, as normas ambientais relativas à União asseguram uma perspectiva pautada na função ambiental das APPs e seu interesse social, por outro, cabe ao nível mais local de governo, amparado pelo Estatuto da Cidade, e responsável pela tutela do ambiente ecologicamente equilibrado e dos interesses locais, a complexa, e difícil tarefa de legislar e direcionar o uso e a preservação destas áreas. Isto envolve a intermediação dos conflitos incidentes sobre as APPs.

Tais conflitos foram reconhecidos ao longo deste trabalho ao se observarem a caracterização da área de estudo, no que se refere aos seus problemas ambientais, dentre eles a intensa ocupação de áreas ambientalmente frágeis; e os resultados vinculados aos ciclos propostos e aplicados de indicadores integrados, evidenciando cenários preocupantes no âmbito da sub-bacia do rio Saracuruna, em um sentido ecológico e social, quanto à descaracterização de APPs, com ênfase para as margens de rios.

Vislumbra-se que a instituição das APPs, inobstante a grande área que potencialmente poderia regular, não é satisfatoriamente utilizada pelos gestores locais na sub-bacia do rio Saracuruna, a exemplo das prefeituras municipais de Duque de Caxias, Magé e Petrópolis e do INEA, seja por ausência de regulamentação plena de sua atuação (envolvendo as competências), seja pela complexidade operacional de sua concretização.

Por exemplo, segundo o Consócio Ecologus-Agrar (2005, p. 133) observa-se um crescimento dos prejuízos resultantes da progressiva ocupação das áreas naturais de inundação, inclusive em APPs, conforme atestado pelo ciclo aplicado para o grupo de categorias ligadas à drenagem. Isto se deve, segundo o documento, “à falta de estrutura administrativa dos governos municipais para orientar corretamente a ocupação e urbanização de seu território [...]”

Ainda tomando como base o exemplo acima, revela-se a importância da elaboração dos planos de contingência e Defesa Civil dos municípios que integram a sub-bacia e articulação junto aos planos diretores, visto que, conforme indicado em Brasil (2011a), há uma forte associação entre áreas de risco e ocupação em APPs. Nos ciclos aplicados, mais especificamente os indicadores de impacto, reforçaram esta questão, apesar de constatação da não-exclusividade de associação do risco a estas faixas ou por toda a sua extensão. Ressalta-se, no entanto, o pouco avanço desta política, ainda recente.

Por outro, lado pode-se dizer que a política de recursos hídricos pode contribuir de sobremaneira ao avanço da gestão de APPs em âmbito local. Percebe-se que tal política, por

ter foco na conservação de recurso dotado de valor econômico, possui um desdobramento maior de planos (em comparação, por exemplo, à política de biodiversidade), em diferentes níveis, os quais congregam diretrizes e programas contendo ações práticas transversais às APPs. Um destes níveis se refere justamente à articulação intermunicipal frente ao recorte de bacia hidrográfica.

Nesta perspectiva, segundo Rio de Janeiro (2013, p. 43) as APPs “são, em maioria, áreas de fundamental importância para a proteção de mananciais. Note-se que ‘preservar os recursos hídricos’ é a primeira função definida no Código Florestal e mantida na Lei 12.651.” Sendo assim as APPs são estratégicas à gestão de recursos hídricos, que pode, por sua vez, direcionar ações mais precisas para a proteção destas faixas. A exemplo, o enquadramento de corpos d’água e os planos de bacia, conforme revisto por Domingues e Santos (2003), podem contribuir de maneira integrada ao ordenamento do uso e ocupação em uma sub-bacia hidrográfica, inclusive em suas APPs, conforme avaliado nos ciclos em que o plano de bacia hidrográfica incidente à sub-bacia do rio Saracuruna foi revisto.

A gestão de recursos hídricos, conforme revisto por Magalhães Junior (2011), caracteriza-se ainda pelo forte aspecto de monitoramento da quantidade e qualidade do recurso, o que exige a incorporação de indicadores. Estes instrumentos acabam por avaliar em conjunto as APPs que, como dito, são estratégicas ao recurso.

Sendo assim os indicadores voltados ao monitoramento de recursos ambientais, assim como aqueles para a avaliação da qualidade do meio ambiente em áreas urbanas, muitas vezes comuns, são pertinentes à avaliação de APPs, de maneira direta ou *transversal*.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A adaptação do modelo *PEIR* para avaliação ambiental integrada de APPs foi implementada na sub-bacia do rio Saracuruna. Assim sendo, as avaliações desenvolvidas, e demais resultados obtidos, permitiram alcançar os objetivos inicialmente definidos. Os resultados gerados contemplam, além de uma diversificada carta-síntese de indicadores (inicialmente classificados em pressão, estado, impacto e resposta), ciclos baseados na análise integrada destes instrumentos e na representação das funções ambientais das APPs, em uma lógica sequencial. Aos ciclos de indicadores associam-se mapas, quadros quantitativos, e informações gerais a respeito da sub-bacia e suas APPs. A partir de tais resultados e sua discussão, atestou-se o potencial de utilização deste sistema de indicadores para a avaliação de APPs e tomada de decisão considerando os mapeamentos-síntese da situação destas faixas no recorte analisado, ainda que algumas questões possam ser levantadas.

A problemática relacionada à definição e avaliação de APPs apontou para a necessidade de incorporação de múltiplas fontes de informação na tentativa de se estabelecer um entendimento básico a respeito de sua complexa configuração política integrada à sua importância para o meio ambiente, frente à sua diversidade de categorias e funções ambientais associadas, o que denotou um viés multidisciplinar.

Por outro lado, a matriz *PEIR* configura-se uma metodologia de avaliação densa, a qual exigiu uma grande participação decisória com relação aos indicadores selecionados, parâmetros de medição, e incorporação de dados. Isto tornou-se um desafio visto que, estas decisões são tomadas em conjunto e após sucessivas tentativas. Logicamente, ao se recorrer, no desenvolvimento desta pesquisa, às fontes de experiências na disseminação destes instrumentos, tal processo se tornou viável.

A integração de tal sistema avaliativo à temática analisada encontrou lacuna na ideia de que o Código Florestal, em suas edições pretéritas, ao lançar bases para o estabelecimento de áreas a serem preservadas permanentemente, constituiu-se uma resposta frente à necessidade de preservação de espaços ambientalmente estratégicos, o que, frente às questões relacionadas ao contexto social, por exemplo, se associaram às pressões ao passar dos anos, revendo questões como as não conformidades no uso do solo em faixas de APP.

A legislação incidente sobre as APPs, em diferentes níveis, demonstrou, antes de tudo, que as mesmas possuem função de interesse ambiental e social. Ressalta-se que a gestão ambiental de APPs emerge como uma gestão de conflitos socioambientais. Assim, os

indicadores ambientais mais adequados ao tratamento das questões vinculadas às APPs devem ser contextualizados frente a isto.

A delimitação de APPs, passo inicial para avaliação destas faixas, envolveu a caracterização física e ambiental da sub-bacia do rio Saracuruna a partir de utilização de mapeamentos topográficos na escala de 1:25.000, a qual se configurou a de maior detalhe disponível para toda a sub-bacia. Entende-se que esta não é, de fato, a escala ideal ao se pensar em uma investigação sobre APPs em âmbito local (o que, sem recorrer a um exagero, poderia chegar à escala de 1:2.000), no entanto, esta escala permitiu a visualização das faixas delimitadas no mapa base da sub-bacia do rio Saracuruna, além de possibilitar a compatibilização dos mapeamentos temáticos pertinentes à avaliação das APPs.

Em termos metodológicos, a delimitação de APPs constou um desafio devido à inexistência de manuais técnicos contemplando os procedimentos cabíveis para tal, frente a cada categoria de APP de interesse. Ainda que a última edição do Código Florestal, a qual introduz novos parâmetros para categorias como “topo de elevações”, seja recente (2012), pode-se dizer que, com relação à edição anterior, o estabelecimento de metodologias baseadas na utilização de SIG envolveu, ao longo do tempo, o desenvolvimento de diversos trabalhos e discussões. Assim sendo, a adaptação destas fontes frente aos novos parâmetros permitiu a geração dos mapeamentos de faixas potencialmente consideradas como de APP segundo o Código Florestal de 2012. Atenta-se para o fato de que alguns procedimentos foram realizados, via SIG, manualmente (a exemplo da medição da largura de cada rio via imagem de satélite, necessária à delimitação das faixas marginais de rios) e outros automaticamente (a exemplo da geração de modelos digitais de elevação, por meio de interpolador, necessária à delimitação de APPs ligadas ao relevo de altitude). Tal fato deve ser levado em consideração ao se pensar na reprodução de tais procedimentos em outros recortes espaciais, por exemplo, mais extensos ou com menos materiais disponíveis.

O diagnóstico ambiental da sub-bacia foi ainda de suma importância para a identificação dos principais processos, tipos de ocupação e da dinâmica territorial, facilitando a seleção de indicadores e composição de ciclos *PEIR* para cada grupo de categorias de APP. No entanto, cumpre mencionar que, como inicialmente apontado, este é um recorte incipiente de dados e informações, sendo necessário o acesso a diversas fontes em potencial, contemplando a compatibilização de dados em diferentes escalas espaciais.

Um dos desafios ao atendimento dos objetivos constou em selecionar indicadores frente a um recorte físico delimitado de sub-bacia, representativos para a avaliação de faixas com expressão local, em uma área incipiente de dados ambientais espaciais desagregados, a

exemplo do uso do solo atual em escala de detalhe. A metodologia exigiu então a agregação de um amplo volume de dados desagregados, exigindo além de contatos e visitas técnicas, o trabalho constante em laboratório de geoprocessamento, e ida a campo.

Ainda, o vínculo entre o perfil de ciclicidade da matriz, e integração entre seus componentes, com a lógica de interdependência entre as funções ambientais das APPs permitiu a amarração entre os indicadores de forma a direcionar a seleção de indicadores componentes da carta-síntese, bem como a se estabelecerem ciclos para avaliação destas faixas.

O encadeamento entre indicadores junto aos ciclos aplicados, representativo de distintas funções ambientais das APPs, foi essencial para uma avaliação integrada e efetiva destes espaços territoriais. Visto que, tão importante quanto o levantamento das normas jurídicas, a avaliação de manutenção das funções ambientais destas faixas contribuiu para a sua legitimação ou outras categorizações.

Os indicadores de pressão se voltaram à composição de quadros de atenção, no que se refere à preservação da paisagem. Os indicadores de estado foram identificados com um peso maior frente à avaliação da situação das APPs, ligadas à drenagem e ao relevo de altitude, junto aos ciclos aplicados. Já os indicadores de impacto, os quais delimitam situações adversas diferenciadas para cada grupo de APP, contribuíram à identificação de áreas de alerta.

A proposição de diferentes ciclos, parcialmente aplicados, foi uma forma viável de demonstrar outros cenários relacionados à problemática das APPs. Com isto pretendeu-se evitar uma visão engessada sobre a metodologia, na medida em que, como exemplificado, os indicadores podem ser classificados e amarrados frente ao modelo de formas distintas em diferentes ciclos.

O uso das geotecnologias contribuiu ainda, de sobremaneira, para a espacialização e quantificação de indicadores ambientais para a sub-bacia do rio Saracuruna, desde o levantamento de dados até a consolidação e cruzamento destes. Dentre os 16 (dezesseis) indicadores efetivamente mensurados, 12 (doze) tiveram suas informações totalmente ou parcialmente levantadas a partir de mapeamentos distintos. Cumpre dizer que, atualmente há a disponibilidade de recursos para a utilização gratuita de tais ferramentas ainda que limitadas.

A geração de mapeamentos para cada indicador de pressão, estado e impacto, dos ditos ciclos aplicados para avaliação das APPs ligadas à drenagem e ao relevo de altitude, e a integração dos mesmos ao decorrer das análises associativas, a exemplo das consultas

espaciais e operações de sobreposição, viabilizaram a adaptação do modelo *PEIR*, sob a forma de ciclos integrados, para a avaliação de APPs.

Reconheceu-se uma boa cobertura de dados para a mensuração dos indicadores *transversais* de pressão, basicamente relacionados à questões demográficas, já para os diretamente relacionados ao tema, utilizados junto aos ciclos aplicados, assim como os de estado, tais dados são escassos no âmbito da sub-bacia, o que exigiu a agregação de materiais e procedimentos com o suporte das geotecnologias para o levantamento das informações. O “impacto” agregou como fontes principais de dados secundários os órgãos governamentais.

Com base na avaliação gerada, apontou-se que as APPs legitimadas, quanto ao seu propósito inicial, se encontram, basicamente, ao norte e porção central da sub-bacia, onde se concentram as APPs de topo de elevações e declividade acima de 45°, além do entorno de nascentes e de reservatórios d’água artificiais. As faixas com potencial para recuperação se associam principalmente às faixas marginais de rios que cortam áreas rurais e de transição urbana.

Atestou-se também que, o crescimento no número de domicílios e a incorporação de novas áreas artificializadas no processo de expansão urbana ainda são vigentes na sub-bacia, que conta com uma grande diversidade ambiental, de áreas ambientalmente frágeis, inclusive. Atualmente, constata-se ao sul não-conformidades no uso do solo em APPs, exclusivamente relacionadas à categoria de margem de rios, que podem, ou não, serem intensificadas quando da não observação desta realidade no planejamento integrado das políticas associadas à expansão urbana e preservação ambiental.

As ações dos gestores locais, em associação a outros atores sociais, serão cruciais no manejo desta realidade. O maior desafio está na apropriação dos instrumentos de gestão de maneira integrada e eficaz quanto ao diagnóstico da realidade.

A matriz *PEIR*, neste trabalho, não pretendeu, e dificilmente assim o faria, esgotar o tema. Uma das maiores lições neste estudo é de que o meio ambiente, neste caso materializado nas interações em APPs, constitui uma rede infinita de causalidades e de efeitos, ampliada a cada nova variável que se agrega. Mas sim, o modelo abriu janelas para que outros ciclos possam ser efetivados, e assim densificar o tema (sem nunca esgotá-lo) e, na prática, possibilitar avanços no (re)conhecimento desta realidade, sempre dinâmica.

Cabe mencionar que, um ciclo único atendendo a avaliação de todas as categorias de APP inseridas em uma compartimentação física ou ambiental é passível de ser pensado e aplicado. Para este caso seria necessária a proposição de uma hierarquização das funções ambientais preconizadas no conceito de APP frente ao contexto ambiental da unidade como

um todo. Alguns exemplos práticos podem ser citados, como as demandas e potencialidades de uma bacia hidrográfica com relação à preservação de seus recursos naturais, o que envolveria todas as categorias de APP.

A partir de tais conclusões podem-se tecer recomendações visando a consolidação da metodologia proposta, considerando a adaptação do modelo *PEIR* para avaliação de APPs, bem como direcionar a atuação dos gestores frente aos resultados encontrados relacionados à problemática das APPs na sub-bacia do rio Saracuruna.

➤ **Recomendações sob o ponto de vista metodológico:**

Com base nos promissores resultados encontrados para avaliação de APPs envolvendo o uso da matriz *PEIR*, recomenda-se a divulgação e incorporação deste material junto ao rol de iniciativas no âmbito do Projeto GEO como referência de contribuição à adaptação do modelo frente à distintos recortes territoriais e, especificamente, para a avaliação de APPs. Ainda, vislumbra-se a possibilidade de que este levantamento e a sua discussão possam servir de base, como uma contribuição parcial, a um futuro GEO APPs, revendo a ampla disponibilidade de trabalhos e adaptação da metodologia frente a temas diversos.

Torna-se interessante que os indicadores avaliados nesta pesquisa possam ser sistematicamente (re)utilizados para sua melhoria e disseminação. Nota-se que somente a experiência de utilização e discussão destes instrumentos poderá redundar na consolidação de indicadores diretamente relacionados ao tema (APPs), bem como na exclusão ou agregação de outros (diretos ou *transversais*) frente às novas questões avaliadas e não totalmente consideradas neste trabalho.

Os próprios indicadores selecionados são passíveis de adaptação. Ainda é válido indicar que a carta de indicadores para avaliação de APPs pode e deve ser revista, com base no levantamento de indicadores com enfoque para uma ou todas as categorias de APP contempladas ou não neste estudo.

Visando a efetiva mensuração dos indicadores avaliados junto aos ciclos parcialmente aplicados, propõe-se a criação de um grupo temático no âmbito do Comitê de Bacia incidente à sub-bacia do rio Saracuruna para a discussão sobre o levantamento de dados e organização dos mesmos, inclusive para diagnóstico integrado à revisão do plano de bacia, envolvendo a participação de técnicos vinculados ao INEA e aos órgãos gestores municipais. Neste trabalho foram identificadas fontes e unidades de medição de tais indicadores, as quais podem auxiliar neste processo, desde que haja um real compromisso e incentivo na produção ou

detalhamento destes dados. Uma linha de ação prioritária e estratégica pode ser traçada em direção ao levantamento de informações relacionadas ao monitoramento de impactos.

Indica-se ainda a replicação ou adaptação da metodologia proposta para outros recortes espaciais, a exemplo das demais sub-bacias que compõem o conjunto de bacias drenantes à Baía de Guanabara e suas APPs com base em estudos locais, governamentais ou não, com retorno para a formulação de políticas públicas ou base para a revisão de planos de gestão. Devem ser previstos os recursos necessários aos procedimentos metodológicos, tanto humanos como tecnológicos.

Recomenda-se o aprofundamento da discussão das APPs frente às suas funções ambientais. Novas propostas de avaliação podem ser apresentadas ou aprofundadas de modo a realizar diagnósticos voltados à legitimidade destas faixas em especial neste período pós promulgação do Novo Código Florestal.

- Recomendações sob o ponto de vista da gestão de APPs na sub-bacia do rio Saracuruna:

Recomenda-se a utilização dos produtos gerados para a avaliação ambiental integrada das APPs na sub-bacia do rio Saracuruna, associados ao banco de dados gerado, como uma contribuição parcial em potencial, a curto prazo, para a discussão de ações a serem implementadas territorialmente; e, a médio e longo prazo, para o monitoramento de séries históricas e avanço na formulação de políticas.

Espera-se que o banco de dados e informações produzido a partir das avaliações geradas possa contribuir de maneira prática e instrutiva aos gestores locais para o direcionamento de ações envolvendo APPs na sub-bacia. Para a eficaz utilização dos mapas relacionados à síntese da situação das APPs na sub-bacia do rio Saracuruna deve-se recorrer ao Código Florestal de 2012, no que se referem às diretrizes direcionadas principalmente às áreas consolidadas.

No que tange à gestão das APPs legitimadas ou em potencial para recuperação, deve-se pensar, primeiramente, na ação conjunta entre estado (INEA) e municípios (órgãos de Defesa Civil, secretarias de meio ambiente e de desenvolvimento urbano, principalmente) para criar uma estrutura fiscalizatória aptas a monitorar em campo a situação das APPs legitimadas a fim de averiguar irregularidades e aplicar as medidas punitivas cabíveis, assim como fiscalizar e atestar, quando for o caso, a efetiva recomposição da vegetação, conforme a lei.

Tendo em vista que a responsabilização civil dos infratores das normas ambientais do Código foi uma das grandes inovações da Lei 12.651, há que se ter uma preocupação em efetivar tal proposição, almejando obter indenizações que, de um lado, desestimulam a repetição das práticas ilícitas e de outro geram verbas públicas que, se bem empregadas, podem ajudar a aprimorar o aparato estatal voltado à proteção do meio ambiente e das APPs, bem como a disponibilidade de recursos para efetivação de ações vinculadas, por exemplo, ao programa de “Reflorestamento e regeneração da cobertura vegetal” do Plano Diretor de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara.

Nas áreas identificadas de alerta (para intervenções prioritárias) não deverá ser realizada a regularização fundiária. Devem ser planejadas em conjunto medidas voltadas à remoção e reassentamento da população em áreas de risco combinadas com atividades fiscalizatórias para se evitar o retorno de ocupação indevida nestas faixas. Ainda neste aspecto, os planos de contingência a serem elaborados para os municípios de Duque de Caxias, Magé e Petrópolis deverão conter clara alusão a esta faixas, facilitando o monitoramento das mesmas.

Recomenda-se a edição de normas que regulamentem as hipóteses que podem ser consideradas como “utilidade pública”, “baixo impacto ambiental” e “interesse social”, uma vez que tais expressões representam exceções à proibição imposta no Código de suprimir a vegetação das APPs e, para que não sejam alargadas indiscriminadamente, precisam ter limites objetivamente impostos por normais reguladoras. Indicadores avaliados neste trabalho, tais como “alterações de áreas naturais por áreas antrópicas” (identificando o surgimento de edificações e construções ao longo do tempo) e “acesso à infraestrutura sanitária” podem auxiliar na identificação, por exemplo, de situações de acordo com aquelas apresentadas na lei, desde que suas unidades de medição sejam ampliadas na tentativa de se obter o recorte temporal e espacial adequado.

Nesta perspectiva, os gestores locais devem se apropriar de instrumentos de avaliação a partir da discussão sobre a construção de indicadores até a sua efetiva mensuração, se equipando de recursos técnicos e humanos (especialistas). Ainda relacionado a isto, deve-se direcionar especial atenção quanto à sistematização e organização dos dados, de modo a serem compartilhados entre diferentes secretarias em âmbito local, bem como quando da necessidade de articulação intermunicipal ou entre esferas de governo. É muito importante, inclusive, o direcionamento de investimentos em sistemas de informação com a disseminação de dados públicos e, principalmente, atualização do banco de informações.

Os gestores públicos de âmbito local devem executar a tarefa de coordenar as normas locais que os regulam com as diretrizes nacionalmente impostas e os valores de preservação que devem inspirar toda a política pública nesta seara. Assim sendo, o INEA, como órgão responsável pelo processo de demarcação das FMPs deve, em seu labor, ater-se também a função ambiental deste instituto e aos propósitos estratégicos protetivos genéricos comuns a este e as modalidades de APPs expostas no Código Florestal, respeitando, portanto a regulamentação nacional e os princípios ambientais evitando a descaracterização da proteção estadual das faixas marginais.

A nova lei tornou explícita a responsabilidade conjunta de todos os entes federativos e deixou clara a aplicação de suas normas a toda a federação, deixando aos municípios a competência apenas de regulamentar dentro da realidade local, seus dispositivos. Assim sendo, faz-se necessário um esforço jurisdicional e legislativo a fim de compatibilizar os planos diretores municipais incidentes na sub-bacia, a serem revistos, com as normas protetivas federais, adaptando as diretrizes municipais as mudanças legislativas ocorridas no âmbito nacional e tornando sem efeito os dispositivos que colidam com a norma hierarquicamente superior.

Os planos diretores deverão abarcar metodologicamente a conceituação de APPs e sua delimitação a fim de se proteger efetivamente estes espaços. Neste sentido, a partir do diagnóstico parcial apresentado para a sub-bacia do Saracuruna, com base nos limites do Código Florestal 2012, os municípios podem evoluir em direção a aplicação de indicadores para um diagnóstico mais amplo e completo das APPs, considerando suas categorias e funções ambientais, e, conseqüentemente, uma delimitação com base nos parâmetros da lei frente a realidade territorial, resultando em zoneamentos em escala de máximo detalhe.

Na oportunidade de revisão dos planos diretores municipais, é imprescindível a divulgação em massa das audiências públicas e chamada da população, empresas, concessionárias e demais atores sociais envolvidos na gestão territorial para a discussão de temas vinculados às políticas urbanas em sua face ambiental. Caberia, sem recorrer a um exagero, a criação de uma câmara temática voltada às APPs e suas funções ambientais.

Haja visto a concentração de manchas de inundação e áreas de intervenções prioritários nestes municípios, é salutar o direcionamento de investimentos por parte dos municípios de Duque de Caxias e Magé em drenagem urbana, com a implantação (ampliação) de galerias para captação de águas pluviais nas porções de baixada com níveis de impermeabilização alto e médio. Cabe ainda ao município de Duque de Caxias monitorar o avanço da ocupação nas áreas de solo encharcado (várzeas), tentando direcionar a mesma para

áreas com infraestrutura adequada e compatível com o tipo de solo. Os municípios devem ainda elaborar um programa em comum, no que tange aos limites da sub-bacia, voltado ao controle hidrológico em canais comuns (como no caso do Imbariê).

Sobre a impermeabilização do solo em APPs de áreas urbanas consolidadas, com ênfase para as APPs de margens de rios determinadas como em potencial para intervenções urbanísticas, cabe a realização de projetos que privilegiem a arborização urbana, recreação e harmonização da paisagem, evitando o contato direto de edificações particulares com os corpos d'água, com a chancela do INEA por meio de sua gerência de faixas marginais.

É indicada a criação de um termo de cooperação mútua entre CEDAE, REDUC, secretarias de meio ambiente de Petrópolis e Duque de Caxias, e aninhas, para a fiscalização e adequado manejo dos mananciais da sub-bacia do rio Saracuruna, resguardando as competências estruturadas frente ao arcabouço jurídico e planos de gestão dos recursos hídricos, envolvendo, dentre outras questões, a preservação das nascentes, margens de rios e entorno de reservatórios.

Apesar da situação menos crítica em relação à ocupação em APPs ligadas ao relevo de altitude na sub-bacia do rio Saracuruna, é salutar o monitoramento destas faixas e a atuação eficaz do município de Petrópolis no que se referem às intervenções prioritárias vinculadas ao mapa síntese da situação das APPs. Neste caso, cabe uma revisão das áreas de risco recuperadas e/ou continuidade na execução das ações previstas nestes setores.

A efetiva delimitação e fiscalização das categorias de APP, enquanto faixas de terreno não edificáveis, pode evitar a ocupação irregular em áreas ainda preservadas, garantindo a manutenção do equilíbrio ecológico. As intervenções urbanísticas e/ou prioritárias em áreas já descaracterizadas pode ainda contribuir para que sejam mitigados os impactos ocorrentes, que afetam, inclusive, a própria população diretamente exposta ao risco, além da qualidade ambiental de todo o sistema integrado. A regularização fundiária emerge ainda como saída, em meio urbano, para uma correta gestão reconhecendo a consolidação da ocupação.

REFERÊNCIAS

ABERS, R.; JORGE, K. D. Descentralização da gestão da água: por que os comitês de bacia estão sendo criados? *Ambiente. Soc.*, Campinas, SP, v. 8, n. 2, p. 1 - 26, jul./dez. 2005.

ABIRACHED, C. F. A. O papel do município no planejamento integrado e na gestão participativa do território da bacia hidrográfica. In: KUSTER, A. HERMANNNS, K. (Org.). *Agenda 21 Local: gestão participativa de recursos hídricos*. Fortaleza: F. Konrad Adenauer, 2006. p. 71-92.

AHRENS, S. O “Novo” Código Florestal Brasileiro: Conceitos Jurídicos Fundamentais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 8., 2003, São Paulo. *Anais...* São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura; Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais, 2003. 1 CD-ROM.

AHRENS, S. O Código Florestal Brasileiro e o uso da terra: Histórico, fundamentos e perspectivas (uma síntese introdutória). *R. Dir. Difusos*, São Paulo, v. 31, p. 81 – 102, maio/jul. 2005.

ALMEIDA, M. C. Complexidade, do casulo à borboleta. In: CASTRO, G. (Org.). *Ensaios de complexidade*. Porto Alegre: Sulina, 1997. p. 22-45.

ALVIM, A. T. B.; BRUNA, G. C.; KATO, V. R. C. Políticas ambientais e urbanas em áreas de mananciais: interfaces e conflitos. *Cads. Metrópole*, São Paulo, n. 19, p. 143-164, 1º sem., 2008.

AMADOR, E. S. *Bacia da Baía de Guanabara – Características Geoambientais e Ecossistemas*. Rio de Janeiro: Interciência, 2012. 405 p.

AMORA, A. A. S. *Minidicionário Soares Amora da língua portuguesa*. 19. ed. São Paulo: Saraiva, 2009. 818 p.

ARAÚJO, E. C. Preservação ambiental de cidades: uma tradução jurídica e urbanística do Estatuto da Cidade. *Cads. Metrópole*, São Paulo, n. 19, p. 67-79, 1º sem., 2008.

ARAÚJO, U. *A repartição de competências em matéria ambiental*. Seminário Técnico - Causas e Dinâmica do Desmatamento na Amazônia. Brasília, DF: Secretaria de Coordenação da Amazônia; MMA, 2000.

ARAÚJO, S. M. V. G. *As Áreas de Preservação Permanente e a Questão Urbana*. Brasília, DF: Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados, 2002. Disponível em: <http://bd.camara.gov.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/1083/preservacao_ambiental_vaz.pdf?sequence=1>. Acesso em: 13 jul. 2010.

ARAÚJO, S. M. V. G. *O Estatuto da Cidade e a Questão Ambiental*. Brasília, DF: Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados, 2003. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/documentos-e-pesquisa/publicacoes/estnottec/pdf/304366.pdf>>. Acesso em: 13 jul. 2010.

ARAÚJO, G. H. S.; ALMEIDA, J. R.; GUERRA, A. J. T. *Gestão ambiental de áreas degradadas*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 320 p.

ARCGIS ONLINE. *Mapa Base: Imagem Ikonos*. [Brasil], 2011. Acessada online. Disponível em: <<http://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?useExisting=1>>. Acesso em: 20 abr. 2013.

ARIZA, C. G. *Qualidade ambiental em Águas Lindas de Goiás e a gestão dos recursos hídricos*. 2010. 231 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2010.

ARIZA, C. G.; NETO, M. D. A. Contribuições da geografia para avaliação de impactos ambientais em áreas urbanas, com o emprego da metodologia Pressão – Estado – Impacto – Resposta (P.E.I.R.). *Caminhos de Geogr.*, Uberlândia, MG, v. 11, n. 35, p. 128 – 139, set. 2010.

ARQUITRAÇO PROJETOS. *Relatório de Inserção Regional, Caracterização urbana e ambiental* – Município de Magé. Magé: ArquiTraço, 2005. 114 p. Relatório técnico.

AZEVEDO, J. *Ferramenta para análise de dados socioeconômicos e ambientais para definição de políticas públicas. Estudo de caso: Bacia ambiental do rio Imboassú, Município de São Gonçalo/RJ*. 2006. 200 f. Tese (Doutorado em Geoquímica Ambiental) - Instituto de Química, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2006.

BARROS, R. S. *Avaliação da altimetria de Modelos Digitais de Elevação obtidos a partir de sensores orbitais*. 2006. 215 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

BARROSO, J. (Coord.). *GEO Beberibe: Perspectivas para o meio ambiente urbano*. Fortaleza: Cearah Periferia, 2010. 160 p.

BATATA, A. G. R. *Indicadores de viabilidade econômica-geográfica, ambiental e sócio-política para a implementação de Programa de coleta seletiva*. 2004. 296 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

BELLEN, H. M. V. *Indicadores de Sustentabilidade: uma análise comparativa*. Rio de Janeiro: ed. FGV, 2007. 253 p.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global. Esboço metodológico. Tradução de Olga Cruz. R. *RA E GA*, Curitiba, PR, n. 8, p. 141 - 152, 2004.

BESSERMAN, S. Indicadores. In: TRIGUEIRO, A. (Org.). *Meio Ambiente no século 21: 21 especialistas falam da questão ambiental nas suas áreas de conhecimento*. 5. ed. Campinas: Armazém do Ipê, 2008. p. 90-105.

BIBLIOTECA VIRTUAL DE MEIO AMBIENTE DA BAIXADA FLUMINENSE. *Parque Municipal da Taquara*. [20--]. 1 fotografia, color. Disponível em: <<http://www.bvambientebf.uerj.br/arquivos/popups/taquara.htm>>. Acesso em: 30 abr. 2013a.

_____. *Rio Inhomirim*. [20--]. 1 fotografia, color. Disponível em: <http://www.bvambientebf.uerj.br/banco_de_imagens/inhomirim.htm>. Acesso em: 21 jun. 2013b.

BITOUN, J. *Estatuto da Cidade e Planos Diretores*: Possibilidades para a melhora das cidades e importância da mobilização da cidadania local. Curso de Capacitação de Agentes Sociais e Conselheiros Municipais. [S.l.: s.n., 20--]. 6 p. Disponível em: <www.fase.org.br/v2/admin/anexos/acervo/10_JanBitoun_19.doc>. Acesso em: 07 ago. 2010.

BOLLMANN, H. A. Avaliação ambiental integrada. In: SEMINÁRIO FLUMINENSE DE INDICADORES, 5, 2009, Rio de Janeiro. *Caderno de textos*. Rio de Janeiro: CEPERJ, 2009.

BOSSEL, H. *Indicators for sustainable development: Theory, Method, Applications - A reporter to the Balaton Group*. Winnipeg: IISD, 1999.

BOTELHO, R. G. M. Bacias Hidrográficas Urbanas. In: GUERRA, A. J. T. (Org.). *Geomorfologia urbana*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p. 71-115.

BRASIL. Decreto nº 23.793, de 23 de janeiro de 1934. Aprova o Código Florestal. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Poder Executivo, Brasília, DF, 9 fev. 1935. Seção 1. p. 2.882. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1930-1949/d23793.htm>. Acesso em: 20 jun. 2012.

_____. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 16 set. 1965. Seção 1. p. 9.529. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L4771.htm>. Acesso em: 27 abr. 2012.

_____. Lei nº 6.535, de 15 de junho de 1978. Acrescenta dispositivo ao art. 2º da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, que institui o novo Código Florestal. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 16 jun. 1978. Seção 1. p. 8.999. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6535.htm>. Acesso em: 27 abr. 2012.

_____. Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 20 dez. 1979. Seção 1. p. 19.457. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6766.htm>. Acesso em: 01 abr. 2014.

_____. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 2 set. 1981. Seção 1. p. 16.509. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm>. Acesso em: 12 ago. 2012.

_____. Lei nº 7.511, de 7 de julho de 1986. Altera dispositivos da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, que institui o novo Código Florestal. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 8 jul. 1986. Seção 1. p. 10.049. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L7511.htm#art2>. Acesso em: 14 out. 2011.

_____. Constituição (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil*. Brasília, DF: Senado, 1988. 140 p.

_____. Lei nº 7.803, de 18 de julho de 1989. Altera a redação da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e revoga as Leis nºs 6.535, de 15 de junho de 1978, e 7.511, de 7 de julho de 1986. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 20 jul. 1989. Seção 1. p. 12.025. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L7803.htm#art2c>. Acesso em: 14 out. 2011.

_____. Decreto Legislativo nº 2, de 3 de fevereiro de 1994. Aprova o texto da Convenção sobre Diversidade Biológica, assinada durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento realizada na Cidade do Rio de Janeiro, no período de 5 a 14 de junho de 1992. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 4 fev. 1994. Seção 1. p. 1.693. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/14925.html>>. Acesso em: 14 jan. 2013.

_____. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 9 jan. 1997. Seção 1. p. 470. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/19433.htm>. Acesso em: 20 out. 2012.

_____. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 19 jul. 2000. Seção 1. p. 1. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm>. Acesso em: 22 set. 2012.

_____. Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001. Altera os arts. 1º, 4º, 14, 16 e 44, e acresce dispositivos à Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, que institui o Código Florestal, e dá outras providências. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Poder Executivo, Brasília, DF, 25 ago. 2001a. Seção 1. Edição Extra. p. 1. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/MPV/2166-67.htm#art1>. Acesso em: 14 out. 2011.

_____. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001: Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 11 jul. 2001b. Seção 1. p. 1. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/110257.htm>. Acesso em: 18 jul. 2011.

_____. Decreto nº 4.339, de 22 de agosto de 2002. Institui princípios e diretrizes para a implementação da Política Nacional da Biodiversidade. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Poder Executivo, Brasília, DF, 23 ago. 2002. Seção 1. p. 2. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/D4339.htm>. Acesso em: 12 dez. 2012.

_____. Ministério das Cidades. Política Nacional de Habitação. *Cadernos MCidades Habitação 4*. Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2004. 104 p.

_____. Ministério das Cidades. *Plano Diretor Participativo*. Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2005a. 92p.

_____. Lei nº 11.124, de 16 de junho de 2005. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social – SNHIS, cria o Fundo Nacional de Habitação de Interesse Social – FNHIS e institui o Conselho Gestor do FNHIS. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 17 jun. 2005b. Seção 1. p. 1. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/111124.htm>. Acesso em: 15 maio 2013.

_____. Ministério do Meio Ambiente. *Passo a passo da Agenda 21 Local*. Brasília, DF: MMA, 2005c. 56 p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/agenda21/_arquivos/passoapasso.pdf>. Acesso em: 10 maio 2013.

_____. Ministério do Meio Ambiente. *Plano Nacional de Recursos Hídricos: Síntese Executiva*. Brasília, DF: MMA, 2006a. 142 p.

_____. Ministério do Meio Ambiente. *Plano Nacional de Recursos Hídricos: Diretrizes*. Brasília, DF: MMA, 2006b. 60 p.

_____. Ministério do Meio Ambiente. *Plano Nacional de Recursos Hídricos: Programas Nacionais e Metas*. Brasília, DF: MMA, 2006c. 84 p.

_____. Ministério do Meio Ambiente. *Diretrizes e Prioridades do Plano de Ação para Implementação da Política Nacional da Biodiversidade – PAN-Bio*. Brasília, DF: MMA, 2006d. 80 p.

_____. Ministério do Meio Ambiente; Agência Nacional de Águas; Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. *Geo Brasil: Recursos Hídricos - Resumo Executivo*. Brasília, DF: MMA; ANA, 2007a. 60p. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/SalaImprensa/projetos/Resumo%20executivo.pdf>>. Acesso em: 18 jul. 2011.

_____. Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas. *Mapeamento de riscos em encostas e margem de rios*. Brasília, DF: Ministério das Cidades; IPT, 2007b. 176p.

_____. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 8 jan. 2007c. Seção 1. p. 3. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm>. Acesso em: 23 maio 2013.

_____. Decreto nº 6.101, de 26 de abril de 2007. Aprova a Estrutura Regimental e o Quadro Demonstrativo dos Cargos em Comissão e das Funções Gratificadas do Ministério do Meio Ambiente, e dá outras providências. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo*, Brasília, DF, 27 abr. 2007. Seção 1. p. 7. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Decreto/D6101.htm>. Acesso em: 18 set. 2013.

_____. Lei nº 11.977, de 7 de julho de 2009. Dispõe sobre o Programa Minha Casa, Minha Vida – PMCMV e a regularização fundiária de assentamentos localizados em áreas urbanas; altera o Decreto-Lei nº 3.365, de 21 de junho de 1941, as Leis nºs 4.380, de 21 de agosto de 1964, 6.015, de 31 de dezembro de 1973, 8.036, de 11 de maio de 1990, e 10.257, de 10 de julho de 2001, e a Medida Provisória nº 2.197-43, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 8 jul. 2009a. Seção 1. p. 2. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Lei/L11977.htm#art47ii>. Acesso em: 14 jan. 2013.

_____. Ministério das Cidades. *Plano Nacional de Habitação*. Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2009b. 212 p.

_____. Ministério do Meio Ambiente. *Relatório de inspeção: Área atingida pela tragédia das chuvas Região Serrana do Rio de Janeiro*. Brasília, DF: MMA, 2011a. 85 p. Relatório técnico.

_____. Ministério do Meio Ambiente. *Grupo de trabalho sobre indicadores ambientais e desenvolvimento sustentável: 1º relatório parcial de acompanhamento*. Brasília, DF: MMA, 2011b. 42 p. Relatório técnico.

_____. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 28 maio 2012a. Seção 1. p. 1. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm>. Acesso em: 11 jan. 2013.

_____. Medida Provisória nº 571, de 25 de maio de 2012. Altera a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Poder Executivo, Brasília, DF, 28 maio 2012b. Seção 1. p. 10. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Mpv/571.htm>. Acesso em: 11 jan. 2013.

_____. Lei nº 12.727, de 17 de outubro de 2012. Altera a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; e revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, o item 22 do inciso II do art. 167 da Lei nº 6.015, de 31 de dezembro de 1973, e o § 2º do art. 4º da Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 18 out. 2012c. Seção 1. p. 1. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12727.htm>. Acesso em: 30 jan. 2013.

_____. Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis nºs 12.340, de 1º de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 11 abr. 2012d. Seção 1. p. 1. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm>. Acesso em: 29 jan. 2013.

_____. Ministério do Planejamento. *PAC2. Revisão do Plano Municipal de Redução de Riscos de Petrópolis*. Brasília, DF: Ministério do Planejamento, 2013. Disponível em: <<http://dev.webfacetedecnologia.com.br/pac2/obra/14545>>. Acesso em: 15 out. 2013.

BRITTO, A. L. N. P. Saneamento Ambiental nos Planos Diretores Municipais. In: SANTOS JUNIOR, O. A.; MONTANDON, D. T. (Org.). *Os planos diretores municipais pós-Estatuto da Cidade: balanço crítico e perspectivas*. Rio de Janeiro: Letra Capital; Observatório das Cidades, IPPUR/UFRJ, 2011. p. 127-153.

BRITTO, A. L. N. P. et. al. A difícil aplicabilidade da legislação de faixas marginais de proteção de rios urbanos: O caso do município de Mesquita na Baixada Fluminense. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE EM MEIO URBANO, 2., 2012, Natal. *Anais...* Natal: UFRN/BSE-CCHLA, 2012. p. 1-15.

CÂMARA DOS DEPUTADOS (Brasil). *Situação do Projeto de Lei nº 1.876/1999*. Brasília, DF: Câmara dos Deputados, [19--?]. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=17338>>. Acesso em: 20 fev. 2013.

CÂMARA, G. et. al. *Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica*. Campinas: Instituto de Computação, UNICAMP, 1996. 197 p.

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V. Conceitos básicos em ciência da geoinformação. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. *Introdução à ciência da geoinformação*. São José dos Campos: INPE, 2001. p. 1-35.

CARNEIRO, P. R. F.; CARDOSO, A. L.; AZEVEDO, J. P. S. O planejamento do uso do solo urbano e a gestão de bacias hidrográficas: o caso da bacia dos rios Iguaçu/Sarapuí na Baixada Fluminense. *Cads. Metrópole*, São Paulo, SP, n. 19, p. 165-190, 1º sem., 2008.

CARVALHO, M. B. *A3 – Metodologia de Avaliação e Construção de Indicadores*. Rio de Janeiro: Ed. Ciência Moderna Ltda., 2009. 200 p.

CASTRO DA COSTA, T. C. et. al. Um indicador de vulnerabilidade para sub-bacias hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro. *R. Geogr.*, Londrina, PR, v. 17, n. 2, p. 5-23, jul./dez, 2008.

CAXIAS MAIS VERDE. *Parque Equitativa ganha reserva biológica e nova praça*. 2012. 1 fotografia, color. Disponível em: <<http://www.caxiasmaisverde.com.br/parque-equitativa-ganha-reserva-biologica-e-nova-praca.html>>. Acesso em: 21 jun. 2012.

CEDAE. *Qualidade da água distribuída para a população do Estado do Rio de Janeiro – Mantiquira Ref.*: 2010. Rio de Janeiro: CEDAE, 2010. 2p.

CEPERJ. *Divisão político-administrativa do Estado do Rio de Janeiro - Base cartográfica em meio digital*. Rio de Janeiro: CEPERJ, 2011a.

_____. *Bacias Hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro - Base cartográfica em meio digital*. Rio de Janeiro: CEPERJ, 2011b.

CESAR, L. P. M.; MEDEIROS, J. M. M. Visões de um paisagismo ecológico na orla do lago Paranoá. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE O TRATAMENTO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE EM MEIO URBANO E RESTRIÇÕES AMBIENTAIS AO PARCELAMENTO DO SOLO, 1., 2007, São Paulo. *Anais...* São Paulo: FAUUSP, 2007. p. 1-13.

CHAGAS, D. C. O. *Indicadores de qualidade ambiental como subsídio ao planejamento da Área de Proteção Ambiental Morro do Urubu (Aracaju-SE)*. 2009. 118 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Núcleo de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2009.

CHIUVITE, T. B. S. *Direito Ambiental*. São Paulo: Barros, Fischer & Associados, 2010. 272 p.

CHRISTOFOLETTI, A. *Modelagem de sistemas ambientais*. 1. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1999. 236 p.

COELHO, M. C. N. Impactos ambientais em áreas urbanas – Teorias, conceitos e métodos de pesquisa. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). *Impactos ambientais urbanos no Brasil*. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. p. 19-45.

COMITÊ DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DA BAÍA DE GUANABARA E DOS SISTEMAS LAGUNARES DE MARICÁ E JACAREPAGUÁ. *Regimento Interno do Comitê da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara e dos Sistemas Lagunares de Maricá e Jacarepaguá*. Documentos legais. Rio de Janeiro: CRHBG+SLMJ, 2010. 23 p. Disponível em: <http://www.comitebaiadeguanabara.org.br/publication/regimento-interno-do-comite-2/wppa_open/>. Acesso em: 18 abr. 2011.

_____. *Galeria de Mapas: Mapa Gestão e Monitoramento*. [Baía de Guanabara], 2013. Web Map. Escala desconhecida. Disponível em: <<http://cbh-bg.maps.arcgis.com/home/index.html>>. Acesso em: 18 abr. 2013.

COMPERJ. *Agenda 21 Local de Magé*. Magé: COMPERJ, 2011. 172 p. Disponível em: <<http://www.agenda21comperj.com.br/municipios/mage>>. Acesso em: 20 dez. 2011.

CONAMA (Brasil). Resolução nº 001, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 17 fev. 1986. Seção 1, p. 2.548. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em: 14 out. 2011.

_____. Resolução nº 302, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 13 maio 2002a. Seção 1, p. 67. Disponível em:

<<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30202.html>>. Acesso em: 20 set. 2011.

_____. Resolução nº 303, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 13 maio 2002b. Seção 1, p. 68. Disponível em:

<<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html>>. Acesso em: 20 set. 2011.

_____. Resolução nº 357, de 18 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Seção 1, p. 58. Disponível em:

<<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 18 set. 2012.

_____. Resolução nº 369, de 28 de março de 2006. Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 28 mar. 2006. Seção 1, p. 150. Disponível em:

<<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=489>>. Acesso em: 20 set. 2011.

CONCEIÇÃO, R. S. *Avaliação integrada de área urbana costeira com o suporte do geoprocessamento* - Estudo de caso: bairro do Leblon, Rio de Janeiro - RJ. 2006. 127 f. Monografia (Graduação em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

_____. *Aplicação da Metodologia GEO Cidades nas Áreas de Planejamento 2 e 5 da Cidade do Rio de Janeiro, com suporte do geoprocessamento*. 2008. 177 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

CONCEIÇÃO, R. S.; COSTA, V. C. *Cartografia e Geoprocessamento*. v. 2, p. 1-255. Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2011.

CONCEIÇÃO, R. S.; DORNELLES, L. M. A. Avaliação Integrada do Meio Ambiente Urbano: Uma aplicação em municípios costeiros da Baixada Fluminense – RJ. In: CONGRESSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA UERJ, 2010, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: CTC, 2010. p. 182-187.

_____. Agenda 21 local: subsídios para a discussão de temas na sub-bacia do rio Saracuruna. *Fórum Ambiental da Alta Paulista*, Tupã, SP, v. 7, n. 2, p. 122 - 137, out. 2011.

_____. Reflexões sobre a função ambiental das APPs frente à expansão urbana nos municípios de Duque de Caxias e Magé, Baixada Fluminense – RJ. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE EM MEIO URBANO, 2., 2012, Natal. *Anais...* Natal: UFRN/BSE-CCHLA, 2012. p. 1-17.

CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR. *Plano Diretor de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara – Consolidação do diagnóstico*. Rio de Janeiro: Ecologus-Agrar, 2004.

_____. *Plano Diretor de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara - Síntese*. Rio de Janeiro: Ecologus-Agrar, 2005.

COSTA, A. J. S. T.; CONCEIÇÃO, R. S. Reflexões sobre a seleção de indicadores sociais e ambientais na Política Nacional de Proteção e Defesa Civil em âmbito local. *Geo UERJ*, Rio de Janeiro, v. 2, n. 24, p. 413 - 436, jul./dez. 2012.

COSTA, H. S. M.; CAMPANTE, A. L. G.; ARAÚJO, R. P. Z. A dimensão ambiental nos planos diretores de municípios brasileiros: Um olhar panorâmico sobre a experiência recente. In: SANTOS JUNIOR, O. A.; MONTANDON, D. T. (Org.). *Os planos diretores municipais pós-Estatuto da Cidade: balanço crítico e perspectivas*. Rio de Janeiro: Letra Capital; Observatório das Cidades, IPPUR/UFRJ, 2011. p. 173-217.

COSTA, J. R. S.; SILVA, F. M.; FILGUEIRA, H. J. A. Sugestão na tomada de decisão na gestão de risco à inundação no Município de Pendência/RN por meio do Processo de Análise Hierárquica (PAH). In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE EM MEIO URBANO, 2., 2012, Natal. *Resumos e Programa...* Natal: UFRN/BSE-CCHLA, 2012. 1-13.

COSTA, N. M. C. et. al. Manejo conservacionista da bacia hidrográfica do rio Saracuruna (RJ). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 6., 1995, Goiânia. *Anais...* Goiânia: UFG, 1995. v. 2. p. 493-502.

COUTINHO, R. L. Direito Ambiental das Cidades: Questões Teórico - Metodológicas. In: COUTINHO, R.; ROCCO, R. (Org.). *O direito ambiental das cidades*. Rio de Janeiro: DP&A, 2004. p. 17-59.

CPRM. *Mapeamento de recursos minerais*. [Folha sf23], 2010. Arquivo vetorial digital. Escala: 1:1.000.000. Disponível em: <[http://http://geobank.sa.cprm.gov.br/](http://geobank.sa.cprm.gov.br/)>. Acesso em: 12 fev. 2013.

CRESPO, S.; LA ROVERE, A. L. N. *Projeto GEO Cidades: Informe GEO Rio de Janeiro - Relatório ambiental urbano integrado*. Rio de Janeiro: Consórcio Parceria 21, 2002. 193 p.

CRUZ, C. B. M.; PINA, M. F. *Fundamentos de Cartografia*. Curso de Especialização em Geoprocessamento. v. 1. Rio de Janeiro: CEGEOP/UFRJ, 1999. 1 CD-ROM.

CUNHA, S. B. Canais fluviais e a questão ambiental. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Org.). *A questão ambiental: Diferentes abordagens*. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. p. 219-238.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. Degradação Ambiental. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). *Geomorfologia e meio ambiente*. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000. p. 337-379.

DAVIS, C.; CÂMARA, G. Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. *Introdução à ciência da geoinformação*. São José dos Campos: INPE, 2001. p. 1-35.

DOMINGUES, A. F.; SANTOS, J. L. Planejamento de Recursos Hídricos e Uso do Solo: O Desafio Brasileiro. In: FREITAS, M. A. V. (Org.). *Estado das Águas no Brasil, 2001-2002*. Brasília: ANA, 2003. p. 325-333.

DORNELLES, L. M. A. Projeto GEO Cidades no Brasil. *Cad. IPPUR*, Rio de Janeiro, n. 1, Ano XXI, p. 133 - 154, jan./jul, 2007.

DORNELLES, L. M. A.; CAMPOS, B. F. Sistemas de Informação e Políticas Públicas no Município do Rio de Janeiro - RJ. In: CONGRESSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA UERJ, 2010, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: CTC, 2010. p. 176-181.

DORNELLES, L. M. A.; DA CONCEIÇÃO, R. S.; DORNELLES, G. H. Gerenciamento Costeiro e Recursos Hídricos no Estado do Rio de Janeiro. In: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA, 8., 2009, Curitiba. *Anais...* Curitiba: ANPEGE, 2009. p. 1-15.

DRM-RJ. *Mapa de localização dos setores de risco iminente a escorregamentos no Município de Duque de Caxias – RJ*. [Duque de Caxias], 2011a. Arquivo digital. Escala: 1:25.000.

_____. *Mapa de localização dos setores de risco iminente a escorregamentos no Município de Magé – RJ*. [Magé], 2011b. Arquivo digital. Escala: 1:25.000.

_____. *Diagnóstico sobre Risco a Escorregamentos 2011/2012*. Niterói: DRM-RJ; SEDEIS, 2012. 5 p.

DUARTE, M. C. S. *Meio ambiente e moradia: direitos fundamentais e espaços especiais na cidade*. Curitiba: Juruá, 2012. 234 p.

DUQUE DE CAXIAS (RJ). Lei Complementar nº. 01, de 31 de Outubro de 2006. Institui o Plano Diretor Urbanístico do Município de Duque de Caxias-RJ e estabelece diretrizes e normas para o ordenamento físico-territorial e urbano. *Diário Oficial [do] Município de Duque de Caxias*. Duque de Caxias, RJ, [2006?]. Disponível em: <http://www.cmdc.rj.gov.br/wp-content/uploads/2013/05/legislacao_d14-planodiretor.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2013.

_____. *Decreto nº 5.738, de 08 de dezembro de 2009*. Cria a Reserva Biológica do Parque Equitativa, e dá outras providências. *Diário Oficial [do] Município de Duque de Caxias*. Duque de Caxias, RJ, [2009?]. Disponível em: <<http://www.rebioequitativa.com/legisla%C3%A7%C3%A3o-ambiental/decreto-lei-5738/>>. Acesso em: 18 fev. 2013.

EEA. *Environmental Terminology and Discovery Service (ETDS)*. Copenhagen: EEA, 2013. Disponível em: <http://glossary.eea.europa.eu/EEAGlossary/E/environmental_indicator>. Acesso em: 25 fev. 2013.

EPE. *Avaliação Ambiental Integrada dos aproveitamentos hidrelétricos na bacia do rio Doce*. Brasília: EPE, 2005. 28 p.

ESRI. *ArcGIS 10 help*. Redlands, CA: ESRI, 2011.

ESRI. *ArcGIS for Desktop*. Redlands, CA: ESRI, 2013. Disponível em: <<http://www.esri.com/software/arcgis/arcgis-for-desktop>>. Acesso em: 22 jun. 2013.

FARIAS, T. Aplicabilidade do Código Florestal em zona urbana: a questão das áreas de preservação permanente. *Jus Navigandi*, Teresina, PI, ano 10, n. 1139, ago. 2006.

_____. Competência legislativa em matéria ambiental. *Jus Navigandi*, Teresina, PI, ano 11, n. 1405, maio 2007.

FASE. *Estudo de caso: Plano Diretor Urbanístico do Município de Duque de Caxias, RJ. Rede de avaliação e capacitação para Implementação dos Planos Diretores Participativos*. Rio de Janeiro: FASE; IPPUR-UFRJ; Ministério das Cidades, 2009. 22 p.

FCIDE. *Índice de Qualidade dos Municípios – IQM/Verde II*. Rio de Janeiro: FCIDE, 2003. 1 CD-ROM.

_____. *Mapeamento territorial e econômico*. [Estado do Rio de Janeiro], 2005. Arquivo vetorial digital. Escala: 1:100.000.

FERREIRA, A. B. H. *Mini Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa*. 2. ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1988. 536 p.

FILHO, A. P. *Dicionário Enciclopédico de Ecologia & Turismo*. Barueri: Ed. Manole, 2000. 307 p.

FIORI, S.; ORTH, D. M.; ROSSETTO, A. M. Indicadores urbanos: um instrumento para a gestão urbana. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE O TRATAMENTO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE EM MEIO URBANO E RESTRIÇÕES AMBIENTAIS AO PARCELAMENTO DO SOLO, 1., 2007, São Paulo. *Anais...* São Paulo: FAUUSP, 2007. p. 1-20.

FIORILLO, C. A. P. *Curso de direito ambiental brasileiro*. 9. ed. São Paulo: Saraiva, 2008. 300 p.

FITZ, P. R. *Geoprocessamento sem complicação*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008a. 160 p.

FITZ, P. R. *Cartografia básica*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008b. 143 p.

FLORENZANO, T. G. *Iniciação em sensoriamento remoto*. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 128 p.

FRANCISCO, C. N. *Estudo dirigido em SIG*. Niterói: UFF, 2005. Disponível em: <<http://www.professores.uff.br/cristiane/Estudodirigido/Index.htm>>. Acesso em: 11 jun. 2013.

FRASÃO, J. *Parque Municipal da Caixa d'Água – J. Primavera – D. Caxias – RJ*. 2010. 1 fotografia, color. Disponível em: <<http://www.flickr.com/photos/joseliafrasao/4718003885/>>. Acesso em: 22 maio 2013.

FREIRE, C. F. Áreas de Preservação Permanente e Indicadores de Qualidade Ambiental em Urbanização de Favelas. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE O TRATAMENTO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE EM MEIO URBANO E RESTRICÇÕES AMBIENTAIS AO PARCELAMENTO DO SOLO, 1., 2007, São Paulo. *Anais...* São Paulo: FAUUSP, 2007. p. 1-9.

FREITAS, E. P. et. al. Indicadores ambientais para áreas de preservação permanente. *R. bras. Eng. agríc. e Ambiental*, Campina Grande, PB, v.17, n.4, p.443 – 449, abr. 2013.

FUNDAÇÃO BENTO RUBIÃO. *Avaliação final ao Plano Diretor de Magé*. Rio de Janeiro: Fundação Bento Rubião, 2009. 66 p. Disponível em: <<http://www.observatoriodasmetropoles.ufrj.br/mage.pdf>>. Acesso em: 16 jun. 2012.

GALINKIN, M. (Coord.). *GeoGoiás 2002*. Goiânia: Agência Ambiental de Goiás; CEBRAC, 2003. 272 p.

GASPARINI, K. A. C. Delimitação das Áreas de Preservação Permanente no município de Seropédica, RJ. 2011. 41 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2011.

GONÇALVES, L. F. H.; GUERRA, A. J. T. Movimentos de Massa na Cidade de Petrópolis (Rio de Janeiro). In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. (Org.). *Impactos ambientais urbanos no Brasil*. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. p. 189-252.

GOOGLE EARTH. [*Imagens históricas (2003-2013): Duque de Caxias, Magé, Petrópolis*]. 2013. Disponível em: <<http://www.google.com.br/intl/pt-PT/earth/>>. Acesso em: 18 abr. 2013.

GOOGLE STREET VIEW. *Imagens em 360 graus do Google Maps com Street View*. [S.l.: s.n.], 2011. Disponível em: <<https://maps.google.com.br/maps?hl=pt-BR&tab=wl>>. Acesso em: 30 jun. 2013.

GUERRA, A. J. T. Encostas e a questão ambiental. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Org.). *A questão ambiental: Diferentes abordagens*. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. p. 191-218.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. *Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico*. 5. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. 652 p.

GUIMARÃES, J. P. Competência Constitucional dos Municípios em Matéria Ambiental. In: COUTINHO, R.; ROCCO, R. (Org.). *O direito ambiental das cidades*. Rio de Janeiro: DP&A, 2004. p. 67-83.

GUIMARÃES, L. T. *Proposta de um Sistema de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável para Bacias Hidrográficas*. 2008. 253 f. Tese (Doutorado em Ciências em Planejamento

Energético) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

GUIMARÃES, R. P.; FEICHAS, S. A. Q. Desafios na construção de indicadores de sustentabilidade. *Ambiente. Soc.*, Campinas, SP, v. 12, n. 2, p. 307 - 323, jul./dez. 2009.

HACON, S. (Coord.). *GEO Saúde: cidade de São Paulo. Resumos e lições aprendidas*. Rio de Janeiro: PNUMA, 2008. 48 p.

HOTT, M. C.; GUIMARÃES, M.; MIRANDA, E. E. *Método para determinação automática de Áreas de Preservação Permanente em topo de morros para o Estado de São Paulo, com base em geoprocessamento*. Campinas: Embrapa, 2004. 32 p.

IBAMA. *Plano de Manejo da Reserva Biológica do Tinguá*. Brasília, DF: IBAMA, 2006. 951 p.

_____. *Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental de Petrópolis*. Brasília, DF: IBAMA, 2007. 489 p.

_____. *Mapeamento de Unidades de Conservação*. [Estado do Rio de Janeiro], 2012. Arquivo vetorial digital. Escala: 1:100.000. Disponível em: <http://siscom.ibama.gov.br/mapas/Novo_Flex/>. Acesso em: 13 dez. 2012.

IBG. *Nossos Rios*. IBG: Niterói, 2002. 34 p.

IBGE. *Manual Técnico de Pedologia*. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. 316 p.

_____. *Base de informações do Censo Demográfico 2010: Resultados do Universo por setor censitário – Documentação do arquivo*. Rio de Janeiro: IBGE, 2011a. 127 p.

_____. *Censo demográfico 2010: Aglomerados subnormais - Primeiros resultados*. Rio de Janeiro: IBGE, 2011b. 259 p.

_____. *Censo 2000 – Resultados do Universo*. Rio de Janeiro: IBGE, 2011c. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/default_censo_2000.shtm>. Acesso em: 15 jan. 2011.

_____. *Censo 2010 – Resultados do Universo*. Rio de Janeiro: IBGE, 2011d. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtm>>. Acesso em: 17 jul. 2011.

_____. *Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Coordenação de Geografia. Indicadores de desenvolvimento sustentável*. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 479 p.

_____. *Mapeamento das unidades territoriais*. [Estado do Rio de Janeiro], 2013a. Arquivo vetorial digital. Escala: 1:10.000. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/default_prod.shtm#TERRIT>. Acesso em: 08 jan. 2013.

_____. *Mapeamento topográfico*: Base cartográfica contínua. [Sub-bacia do rio Saracuruna], 2013b. Arquivo vetorial digital. Escala: 1:25.000.

_____. *IBGE Cidades*. Rio de Janeiro: IBGE, 2013c. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>>. Acesso em: 15 jan. 2013.

_____. *Projeto RJ na escala de 1:25.000*: Ortofotos. [Estado do Rio de Janeiro], 2013d. Arquivo de imagem digital. Escala: 1:25.000. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/imagens_aereas/ortofoto/projeto_rj_escala_25mil/>. Acesso em: 15 jan. 2013.

INEA. *Faixa Marginal de Proteção*. Rio de Janeiro: INEA, 2010. 38 p.

_____. *Base legal para a gestão das águas do Estado do Rio de Janeiro 1997-2011*. Rio de Janeiro: INEA, 2011a. 380p.

_____. *Base cartográfica temática – O Estado do ambiente*. Rio de Janeiro: 2011b. Base de dados em shape. Disponível em: <http://www.inea.proderj.rj.gov.br/basetematica_estadoambiente/>. Acesso em: 22 dez. 2011.

_____. Gerência de Geoprocessamento e Estudos Ambientais. *Mapeamento topográfico*. [Estado do Rio de Janeiro], 2011c. Arquivo vetorial digital. Escala: 1:100.000.

_____. Gerência de Hidrologia e Hidráulica, Faixas Marginais e Outorga. *Demarcação de Faixas Marginais de Proteção*. [Estado do Rio de Janeiro], 2011d.. Arquivo vetorial digital. Escala desconhecida.

_____. *Projeto Iguaçu*. Rio de Janeiro: INEA, 2012a. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/projetoiguacu/index.html>>. Acesso em: 02 abr. 2012.

_____. Gerência de Geoprocessamento e Estudos Ambientais. *Mapeamento de solos*. [Estado do Rio de Janeiro], 2012b. Arquivo vetorial digital. Escala: 1:100.000.

_____. *Regiões Hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro e seus respectivos Comitês de Bacia Hidrográficas*. [Estado do Rio de Janeiro], 2013a. Mapa digital. Escala: 1:100.000. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/recursos/re_hidrograf.asp>. Acesso em: 15 jun. 2013.

_____. *Sistema de Alerta de Cheias*. Rio de Janeiro: INEA, 2013b. Disponível em: <<http://inea.infooper.net/inea/>>. Acesso em: 10 set. 2013.

_____. *Dados da qualidade da água*. Rio de Janeiro: INEA, 2013c. Disponível em: <<http://200.20.53.7/dadosaguaweb/default.aspx>>. Acesso em: 19 set. 2013.

_____. *Relato técnico nº 12.126*. Corpos hídricos da sub-bacia do rio Saracuruna que tiveram sua largura determinada para fins de FMP. Rio de Janeiro: INEA/DILAM, 2013c. 3p. Relatório técnico.

IPP. *Indicadores Ambientais da Cidade do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: IPP, 2005. 178 p.

_____. Gerência de Cartografia. *Uso do solo: comparativo entre áreas urbanizadas dos anos de 2004 e 2009*. Rio de Janeiro: IPP, 2009. 47 p.

JANNUZZI, P. M. *Indicadores Sociais no Brasil*. Campinas: Ed. Alínea, 2001. 141 p.

JURAS, I. A. G. M.; GANEM, R. S. *Lei Florestal: Tabela comparativa da Lei 12.651/2012, da Medida Provisória 571/2012 e do Texto do Senado Federal*. Brasília, DF: Câmara dos Deputados, 2012. 172 p.

KAMP, R. *As Belezas da Baixada Fluminense*. Rio de Janeiro: Ed. Summit, 2003. 180 p. 1 CD-ROM.

LANG, S.; BLASCHKE, T. *Análise da paisagem com SIG*. Tradução de Hermann Kux. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 424 p.

LA ROVERE, A. L. N.; CRESPO, S. *Relatório GEO Brasil: Áreas urbanas e industriais*. Brasília: MMA, Rio de Janeiro: Consórcio Parceria 21, 2002. 86 p.

LARCHER, M. A. *As Áreas de Preservação Permanente e o Parcelamento, Uso e Ocupação do solo urbano*. Belo Horizonte: Ministério Público do Estado de Minas Gerais, 2012. Disponível em: <www-antigo.mpmg.mp.br/portal/public/interno/arquivo/id/4330>. Acesso em: 27 nov. 2012.

LE MOS, H. M. *Programa GEO Cidades - PNUMA*. Painel sobre Qualidade de Vida Urbana. Rio de Janeiro: ACRJ, 2006. 24 p.

LIMA-E-SILVA, P. P. et. al. *Dicionário Brasileiro de Ciências Ambientais*. Rio de Janeiro: Thex Ed., 1999. 247 p.

LINS, R. D. B. (Coord.). *GEO Piranhas: Perspectivas para o meio ambiente urbano*. Maceió: [s.n.], 2010. 192 p.

LOUZADA, F. L. R. O. et. al. Delimitação automática das Áreas de Preservação Permanentes da Bacia Hidrográfica do ribeirão Estrela do Norte, ES. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA e ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 13., 9., 2009, São José dos Campos. *Anais...* São José dos Campos: UnivapUrbanova, 2009. p. 1-4.

MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. *Indicadores Ambientais e Recursos Hídricos: realidade e perspectivas para o Brasil a partir da experiência francesa*. 3. ed. Bertrand Brasil: Rio de Janeiro, 2011. 688 p.

MAGÉ (RJ). Lei nº 1.773, de 20 de outubro de 2006. Institui o Plano Diretor do Município de Magé nos termos do artigo 182 da Constituição Federal, da Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001, denominada Estatuto da Cidade e Lei Orgânica Municipal. *Diário Oficial [do] Município de Magé*. Magé, RJ, [2006?]. Disponível em: <<http://portalservices.ecg.tce.rj.gov.br/liferay/arquivos/legislacao/J02379.pdf>>. Acesso em: 11 jan. 2013.

MAGNANINI, A. Palestra “Código Florestal de 1965 - o testemunho de quem o escreveu”, realizada na Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 02 jun. de 2011.

MARCHESAN, A. M. M. *As Áreas de Preservação Permanente: Avanços e Retrocessos Desconsiderando a Escassez*. Porto Alegre: Associação do Ministério Público do Rio Grande do Sul, 2010. Disponível em: <<http://www.mprs.mp.br/ambiente/doutrina/id362.htm>>. Acesso em: 04 ago. 2010.

MARQUES, J. R. *Meio ambiente urbano*. 1. ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2005. 233 p.

MARTINELLI, M. *Mapas da geografia e cartografia temática*. 4. ed. São Paulo: Contexto, 2007. 112 p.

MARTINS, M. L. R. *Moradia e mananciais: tensão e diálogo na metrópole*. São Paulo: FAUUSP; FAPESP, 2006. 206 p.

MATA, L. R. O Estatuto da Cidade à Luz do Direito Ambiental. In: COUTINHO, R.; ROCCO, R. (Org.). *O direito ambiental das cidades*. Rio de Janeiro: DP&A, 2004. p. 103-142.

MEADOWS, D. *Indicators and Information Systems for Sustainable Development*. Hartland, VT: Sustainability Institute, 1998. 78 p.

MELLO, Y. R. *Proposta metodológica de avaliação do grau de adequação dos Planos Diretores de Desenvolvimento Urbano às questões de recursos hídricos e saneamento básico. Estudo de Caso: Belford Roxo, Mesquita e Nova Iguaçu / RJ*. 2011. 273 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

MIRANDA, J. I. *Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas*. 2. ed. Brasília, DF: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2010. 425 p.

MONTEIRO FILHO, A. *Exposição de Motivos do Ministro da Agricultura*. Série Documentária nº. 23. Rio de Janeiro: Serviço de Informação Agrícola do Ministério da Agricultura, 1962. 14 p.

MOREIRA, A. C. M. L. Plano diretor e função social da propriedade urbana. In: MOREIRA, M. (Org.). *Estatuto da Cidade*. São Paulo: Fundação Prefeito Faria Lima - CEPAM, 2001. p. 147-165.

MOREIRA, M. A. *Fundamentos do Sensoriamento Remoto e metodologias de aplicação*. 4. ed. Viçosa: Ed. UFV, 2011. 320 p.

MORIN, E. A epistemologia da complexidade. In: MORIN, E; LE MOIGNE, J-L. *A inteligência da complexidade*. São Paulo: Peirópolis, 2000a. p. 43–71.

MORIN, E. O pensamento complexo, um pensamento que pensa. In: MORIN, E; LE MOIGNE, J-L. *A inteligência da complexidade*. São Paulo: Peirópolis, 2000b. p. 199–206.

NASCIMENTO, M. C.; SOARES, V. P.; RIBEIRO, C. A. A. S. Uso do geoprocessamento na identificação de conflito de uso da terra em Áreas de Preservação Permanente na Bacia Hidrográfica do rio Alegre, Espírito Santo. *Ci. Florestal*, Santa Maria, RS, v. 15, n. 2, p. 207 - 220, abr./ jun. 2005.

NETTO, O. M. C. Prefácio. In: MACHADO, C. J. S. (Org.). *Gestão de Águas Doces*. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. p. IX–X.

NIMA. *Educação Ambiental – Formação de valores ético-ambientais para o exercício da cidadania no município de Duque de Caxias*. Rio de Janeiro: NIMA, 2009. 147 p.

NOWATZKI, A.; DE PAULA, E. V.; SANTOS, L. J. C. Delimitação das Áreas de Preservação Permanente e avaliação do seu grau de conservação na Bacia Hidrográfica do Rio Sagrado (Morretes/PR). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 13., 2009, Viçosa. *Anais...* Viçosa: UFG, 2009. p. 1-18.

OECD. *Glossary of Statistical Terms*. Paris: OECD, 2007. 863 p.

OLIVEIRA, T. C. M. (Coord.). *GEO Ponta Porã: Perspectivas para o meio ambiente urbano*. Campo Grande: [s.n.], 2010. 160 p.

PAIVA, J. L. *Biodiversidade, legislação ambiental, e desenvolvimento socioeconômico em unidades de conservação*. 2010. 187 f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente) – Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

PEQUENO, L. R. B.; MOREIRA, A. F. M. Situações de conflito sócio-ambiental em áreas de preservação permanente urbanas na Região Metropolitana de Fortaleza. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE O TRATAMENTO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE EM MEIO URBANO E RESTRIÇÕES AMBIENTAIS AO PARCELAMENTO DO SOLO, 1., 2007, São Paulo. *Resumos expandidos e programa...* São Paulo: FAUUSP, 2007.p. 301-304.

PETRÓPOLIS (RJ). Lei nº 6.321, de 29 de dezembro de 2005. Revê e atualiza o Plano Diretor de Petrópolis, Lei 6.070 de 18 de dezembro de 2.003, segundo as normas da Constituição Federal, da Constituição Estadual, da Lei Orgânica do Município, da Lei Federal 10.257/01 ("Estatuto das Cidades") e conhecidas as legislações concorrentes em vigor nesta data, federal e estadual, que incidem sobre as diversas áreas objeto do presente texto. *Diário Oficial [do] Município de Petrópolis*. Petrópolis, RJ, [2005?]. Disponível em: <<http://ceaam.net/ptp/legislacao/leis/2005/L6321.htm>>. Acesso em: 12 out. 2012.

_____. Câmara Municipal. *Minuta do Projeto de Lei do Plano Diretor do Município de Petrópolis*. Petrópolis: Câmara Municipal, 2011. Disponível em: <<http://www.observatoriopanamericano.org/WKP/RECURSOS/OTROS%20DOCUMENTOS/S/BRASIL/DOCUMENTOS%20BR/01-minuta.pdf>>. Acesso em: 28 jun. 2013.

_____. Secretaria de Habitação. *Parcerias para Habitação Social: Programa de parcerias para projetos de habitação de interesse social Minha Casa Minha Vida*. Petrópolis: Secretaria de Habitação, 2012. 41 p.

PINA, M. F. Armazenamento dos dados em SIG. In: PINA, M. F.; SANTOS, S. M. *Conceitos básicos de Sistemas de Informação Geográfica e Cartografia aplicados à saúde*. Brasília, DF: OPAS, 2000. p. 41-66.

PNUMA. *GEO América Latina y el Caribe Perspectivas del medio ambiente 2003*. México D.F: PNUMA, 2003. 281 p.

_____. *Metodologia para elaboração de Informes GEO Cidades: manual de aplicação*. México D.F: PNUMA; Brasília: MMA; Rio de Janeiro: Consórcio Parceria 21, 2004. 181 p.

PNUMA; CLAES. *GEO Mercosur: Integración, comercio y ambiente en el Mercosur*. Ciudad de Panamá: PNUMA; Montevideo: CLAES, 2008. 188 p.

RAIOL, J. A. (Coord.). *GEO Marabá: Perspectivas para o meio ambiente urbano*. Belém: [s.n.], 2010. 136 p.

RAMOS, R. I.; AHMAD, I. T. *Código Florestal: apreciação atualizada*. São Paulo: ABES-SP, 2012. 41 p.

REIS, R. B.; CARDOSO, P. V.; CRUZ, C. B. M.; VICENS, R. S. Mapeamento e caracterização das Áreas de Preservação Permanentes (APPs) na Área de Proteção Ambiental do Rio São João/Mico Leão Dourado. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. *Anais...* São José dos Campos: INPE, 2009. p. 5397-5404.

RIBEIRO, C. A. A. S. et. al. O desafio da delimitação de Áreas de Preservação Permanente. *R. Árvore*, Viçosa, MG, v. 29, n. 2, p. 203 - 212, mar./abr. 2005.

RIBEIRO, G. V. B. *As Áreas de Preservação Permanente / APP e a legislação ambiental brasileira: 1965 a 2010*. 2010. 59 f. TCC (Graduação em História) – Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

RIBEIRO, J. C. J.; HELLER, L. *Indicadores ambientais para países em desenvolvimento*. Belo Horizonte: FEAM, [20--]. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsAIDIS/PuertoRico29/junque.pdf>>. Acesso em: 16 jul. 2012.

RIO DE JANEIRO (Estado). Lei nº 1.130, de 12 de fevereiro de 1987. Define as áreas de interesse especial do Estado e dispõe sobre os imóveis de área superior a 1.000.000m² (um milhão de metros quadrados) e imóveis localizados em áreas limítrofes de municípios, para efeito do exame e anuência prévia a projeto de parcelamento do solo para fins urbanos, a que se refere o artigo 13 da Lei nº 6.766/79. *Diário Oficial [do] Estado do Rio de Janeiro*, Rio de Janeiro, RJ, 13 fev. 1987. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/l_estadual/lei1130.asp>. Acesso em: 30 jun. 2012.

_____. Constituição (1989). *Constituição do Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: Assembléia Legislativa do Estado do Rio de Janeiro, 1989. 135 p.

_____. Lei nº 3.239, de 9 de julho de 1999. Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos; cria o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos; regulamenta a Constituição Estadual, em seu artigo 261, parágrafo 1º, inciso VII ; e dá outras providências. *Diário Oficial*

[do] *Estado do Rio de Janeiro*, Rio de Janeiro, RJ, 1999. Disponível em: <<http://alerjln1.alerj.rj.gov.br/CONTLEI.NSF/b24a2da5a077847c032564f4005d4bf2/43fd110fc03f0e6c032567c30072625b>>. Acesso em: 12 jan. 2013.

_____. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. *Revitalização de rios*. Rio de Janeiro: SEMADS, 2001a. 77 p.

_____. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. *Manguezais: educar para proteger*. Rio de Janeiro: SEMADS, 2001b. 97 p.

_____. Decreto nº 41.628, de 12 de janeiro de 2009. Estabelece a estrutura organizacional do Instituto Estadual do Ambiente - INEA, criado pela Lei nº. 5101, de 04 de outubro de 2007, e dá outras providências. *Diário Oficial [do] Estado do Rio de Janeiro*, Rio de Janeiro, RJ, 2009a. Disponível em: <<http://www.inteligenciaambiental.com.br/sila/pdf/edecinearj41628-09.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2013.

_____. Secretaria de Estado do Ambiente. *Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: SEA, 2009b. Disponível em: <<http://www.rj.gov.br/web/sea/exibeConteudo?article-id=282959>>. Acesso em: 10 fev. 2013.

_____. Decreto nº 42.356, de 16 de março de 2010. Dispõe sobre o tratamento e a demarcação das faixas marginais de proteção nos processos de licenciamento ambiental e de emissões de autorizações ambientais no Estado do Rio de Janeiro e dá outras providências. *Diário Oficial [do] Estado do Rio de Janeiro*, Rio de Janeiro, RJ, 2010a. Disponível em: <<http://www.inteligenciaambiental.com.br/sila/pdf/edecexerj42356-10.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2013.

_____. Decreto nº 42.484, de 28 de maio de 2010. Disciplina a transferência do procedimento de demarcação da Faixa Marginal de Proteção de Lagos, Lagoas, Lagunas, e Cursos D'água Estaduais aos Municípios e dá outras providências. *Diário Oficial [do] Estado do Rio de Janeiro*, Rio de Janeiro, RJ, 2010b. Disponível em: <<http://www.rcambiental.com.br/Atos/ver/DEC-RJ-42484-2010/>>. Acesso em: 20 jan. 2013.

_____. Secretaria Estadual do Ambiente. *O estado do ambiente: Indicadores ambientais do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: SEA; INEA, 2011a. 160 p.

_____. Secretaria de Estado de Planejamento e Gestão. *Plano Plurianual – PPA/RJ 2012-2015*. Rio de Janeiro: SEPG, 2011b. 464 p.

_____. Secretaria de Estado do Ambiente. *Elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos no Estado do Rio de Janeiro – Diagnóstico*. Rio de Janeiro: SEA; COPPETEC, 2013. 452 p.

ROCHA, C. H. B. *Geoprocessamento: Tecnologia Transdisciplinar*. Juiz de Fora: [s. n.], 2000. 220 p.

ROCHA, A. S. (Re)pensando a Baixada Fluminense em um contexto da Região Metropolitana do Rio de Janeiro : Sociedade, Território e Representação. *R. Geo-Paisagem*, Niterói, RJ, n. 12, online, jul.-dez. 2007.

ROCHA, F. *Reservatório de antiga fábrica vira piscinão na Baixada*. 2011. 1 fotografia, color. Disponível em: <<http://extra.globo.com/noticias/rio/reservatorio-de-antiga-fabrica-vira-piscinao-na-baixada-961587.html>>. Acesso em: 20 jun. 2012.

ROVEDDER, J. *Validação da classificação orientada a objetos em imagens de satélite Ikonos II e elaboração de indicadores ambientais georreferenciados no Município de Torres, planície costeira do Rio Grande do Sul*. 2007. 93 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

SAITO, N. S. et. al. Modelos digitais de elevação no estudo de bacias hidrográficas. In: SANTOS, A. R. et. al. *Geotecnologias aplicadas aos recursos florestais*. Alegre: CAUFES, 2012. p. 126-138.

SALEMI, L. F. et al. Aspectos hidrológicos da recuperação florestal de áreas de preservação permanente ao longo dos corpos de água. *R. Inst. Flor.*, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 69 – 80, jun. 2011

SANTOS, A. R. *Enchentes e deslizamentos: causas e soluções – Áreas de risco no Brasil*. São Paulo: PINI, 2012. 124 p.

SANTOS, C. R.; CARVALHO, C. S.; SANT'ANA, M. C. Proposta para a gestão integrada das áreas de preservação permanente em margens de rios inseridos em áreas urbanas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE DIREITO URBANÍSTICO, 4., 2006, São Paulo. *Anais...* São Paulo: IBDU, 2006.

SANTOS, M. R. M.; OLIVEIRA, F. L. *Avaliação dos Planos Diretores Participativos: Relatório Estadual do Rio de Janeiro. Rede de avaliação e capacitação para Implementação dos Planos Diretores Participativos*. Rio de Janeiro: FASE; IPPUR-UFRJ; Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2010. 120 p.

SANTOS, P. A. *Avaliação ambiental utilizando matriz de indicadores na área urbana de Nossa Senhora das Dores/SE*. 2007. 101 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Núcleo de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2007.

SANTOS, T. C. C.; CÂMARA, J. B. D. *GEO Brasil 2002: Perspectivas do Meio Ambiente no Brasil*. Brasília, DF: IBAMA, 2002. 440 p.

SANTOS, W. A. *Caracterização GeoAmbiental da bacia hidrográfica do rio Saracuruna – RJ: Planejamento e Gestão*. 2006. 213 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2006.

SÃO PAULO (Município). *GEO Cidade de São Paulo: panorama do meio ambiente urbano*. São Paulo: SVMA; Brasília, DF: PNUMA, 2004. 198 p.

SCHLEE, M. B. Como repensar a ocupação às margens de corpos d'água na fronteira entre a floresta e a malha urbana? In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE O TRATAMENTO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE EM MEIO URBANO E RESTRIÇÕES

AMBIENTAIS AO PARCELAMENTO DO SOLO, 1., 2007, São Paulo. *Anais...* São Paulo: FAUUSP, 2007. p. 1-11.

SCHNEIDER, D. D. et al. Indicadores para serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário voltados às populações vulneráveis. *R. bras. Ci. Ambientais*, São Paulo, n. 16, p. 44-56, jun.- ago. 2010.

SEGNESTAM, L. *Indicators of Environment and Sustainable Development - Theories and Practical Experience*. Washington, D.C.: The World Bank, 2002. 61 p.

SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE O TRATAMENTO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE EM MEIO URBANO E RESTRIÇÕES AMBIENTAIS AO PARCELAMENTO DO SOLO, 1., 2007, São Paulo. *Resumos expandidos e programa...* São Paulo: FAUUSP, 2007.

SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE EM MEIO URBANO, 2., 2012, Natal. *Resumos e Programa...* Natal: UFRN/BSE-CCHLA, 2012.

SENADO FEDERAL (Brasil). *Código Florestal de 1934*. Em discussão. Brasília, DF: Senado Federal, 2013. Disponível em: <<http://www.senado.gov.br/noticias/Jornal/emdiscussao/codigo-florestal/senado-oferece-um-projeto-equilibrado-para-o-novo-codigo-florestal-brasileiro/codigo-florestal-de-1934.aspx>>. Acesso em: 31 maio 2013.

SETTI, A. A. et. al. *Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos*. 2. ed. Brasília, DF: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2001. 207 p.

SEESB. *Indicadores de sustentabilidade ambiental*. Salvador: SEI, 2006. 83 p.

SERLA; COPPE. *Diagnóstico parcial dos recursos hídricos, usos da água e proteção dos mananciais*. Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Iguaçu. Rio de Janeiro: SERLA, 1995. 26 p.

SILVA, J. A. *Direito Ambiental Constitucional*. São Paulo: Malheiros Editores, 1994. 358 p.

SILVA, J. A. A. et. al. *O Código Florestal e a Ciência: contribuições para o diálogo*. São Paulo: Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, SBPC; Academia Brasileira de Ciências, ABC. 2011. 124 p.

SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. *Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas*. São Carlos: RiMa, 2003. 140 p.

SILVEIRA, N. J. E.; TRIERVEILER, F. *Relatório de Impacto Ambiental do Terminal Flexível de Gás Natural Liquefeito na Baía de Guanabara*. [S.l.: s.n., 20--]. 136 p. Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br/pt/meio-ambiente-e-sociedade/preservando-meio-ambiente/licenciamento-ambiental/downloads/pdf/rima.pdf>>. Acesso em: nov. de 2012.

SOARES, I. A.; LINS, J. O.; CÂNDIDO, G. A. Diagnóstico Ambiental das Áreas de Preservação Permanente localizadas no estuário do rio Ceará Mirim/RN com o uso de um

sistema de indicadores ambientais. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 13., 2009, Viçosa. *Anais...* Viçosa: UFG, 2009. p. 1-18.

SOARES, M. L. G. et al. Vulnerabilidade dos manguezais da Região Metropolitana do Rio de Janeiro face às mudanças climáticas. In: GUSMÃO, P. P. (Org.). *Megacidades, vulnerabilidades e mudanças climáticas: Região Metropolitana do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: LAGET / IGEO / UFRJ, 2011. p. 258-289.

SOUZA, T. C.; FERREIRA, M. I. P.; OLIVEIRA, A. F. O exercício da participação social na formulação de políticas públicas a partir do diagnóstico da cobertura vegetal da bacia hidrográfica do rio das Ostras, município de Rio das Ostras, RJ. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. *Anais...* São José dos Campos: INPE, 2009. p. 4441-4448.

TAYRA, F.; RIBEIRO, H. Modelos de indicadores de sustentabilidade: síntese e avaliação crítica das principais experiências. *Saúde e Soc.*, São Paulo, v. 15, n. 1, p.84-95, jan./abr., 2006.

TCE-RJ. *Estudos socioeconômicos dos municípios do Estado do Rio de Janeiro – Magé*. Rio de Janeiro: TCE-RJ / Secretaria-Geral de Planejamento, 2012a. 139 p.

_____. *Estudos socioeconômicos dos municípios do Estado do Rio de Janeiro – Duque de Caxias*. Rio de Janeiro: TCE-RJ / Secretaria-Geral de Planejamento, 2012b. 139 p.

_____. *Estudos socioeconômicos dos municípios do Estado do Rio de Janeiro – Petrópolis*. Rio de Janeiro: TCE-RJ / Secretaria-Geral de Planejamento, 2012c. 140 p.

THEOPRATIQUE – Obras e Serviços em Engenharia. *Plano Municipal de Redução de Risco: 1º Distrito – Petrópolis/RJ*. Mapa de susceptibilidade (perigo) e mapa quantitativo de risco. Petrópolis: THEOPRATIQUE; PMP; Ministério das Cidades, 2007a. 64 p.

_____. *Plano Municipal de Redução de Risco: 1º Distrito – Petrópolis/RJ*. Mapa de intervenções. Petrópolis: THEOPRATIQUE; PMP; Ministério das Cidades, 2007b. 127 p.

TRACKMAKER. *GPS TrackMaker – Guia de Referência*. Belo Horizonte: Geo Studio Tecnologia Ltda., 2013. Disponível em: <<http://www.trackmaker.com/dwlpape.php?lang=port>>. Acesso em: 25 jul. 2013.

TRICART, J. *Ecodinâmica*. Rio de Janeiro: IBGE/SUPREN, 1977. 97 p.

TUCCI, C. E. M. *Gestão de águas pluviais urbanas*. Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2005. 192 p.

UNEP. *Global Environment Outlook (GEO-4)*. Nairobi: UNEP, 2007. 551 p.

_____. *Global Environment Outlook: Latin America and the Caribbean - GEO LAC 3*. Panama City: UNEP, 2010. 380 p.

_____. *Global Environment Outlook (GEO-5)*. Nairobi: UNEP, 2012. 572 p.

VELLOSO, R. (Coord.). *Projeto GEO Cidades: Informe GEO Manaus - Relatório ambiental urbano integrado*. Rio de Janeiro: Consórcio Parceria 21, 2002. 188 p.

VICTORIA, D. C. Influência da escala em uma metodologia de delimitação automática de Áreas de Preservação Permanente em topo de morro e montanha e adaptação do método para escalas detalhadas. *R. bras. Cartografia*, Rio de Janeiro, n. 62/03, p. 479-488, 2010.

VIEIRA, I. C. G.; BECKER, B. K. A revisão do Código Florestal e o desenvolvimento do país. *Ci. Hoje*, [S.l.], v. 46, n. 274, p. 64-67, set. 2010.

VILAS BOAS, C. L. de. Análise da aplicação de métodos multicritérios de decisão na gestão de recursos hídricos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 16., 2005, João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: ABRH, 2005. p. 1-19.

XAVIER-DA-SILVA, J. O que é geoprocessamento? *R. do CREA-RJ*, Rio de Janeiro, n. 79, p. 42 – 44, out./nov. 2009.

_____. *Geoprocessamento para Análise Ambiental*. Rio de Janeiro: Ed. do Autor, 2001. 228 p.

ZANDER, K. H. et. al. Código Florestal Brasileiro: Alguns esclarecimentos sobre embate político inerente a sua reforma. *R. bras. Ci. Ambientais*, São Paulo, n. 17, p. 65-76, set./ nov. 2010.

APÊNDICE A – Síntese comparativa dos principais artigos concernentes às APPs – Código Florestal de 1965 e 2012 (continua)

Lei nº 4.771 -1965	Lei nº 12.651 – 2012
	<p>Art. 1º-A. Esta Lei estabelece normas gerais sobre a proteção da vegetação, áreas de Preservação Permanente e as áreas de Reserva Legal; a exploração florestal, o suprimento de matéria-prima florestal, o controle da origem dos produtos florestais e o controle e prevenção dos incêndios florestais, e prevê instrumentos econômicos e financeiros para o alcance de seus objetivos.</p>
	<p>Parágrafo único. Tendo como objetivo o desenvolvimento sustentável, esta Lei atenderá aos seguintes princípios.</p> <p>I - afirmação do compromisso soberano do Brasil com a preservação das suas florestas e demais formas de vegetação nativa, bem como da biodiversidade, do solo, dos recursos hídricos e da integridade do sistema climático, para o bem estar das gerações presentes e futuras;</p>
	<p>IV - responsabilidade comum da União, Estados, Distrito Federal e Municípios, em colaboração com a sociedade civil, na criação de políticas para a preservação e restauração da vegetação nativa e de suas funções ecológicas e sociais nas áreas urbanas e rurais;</p>

APÊNDICE A – Síntese comparativa dos principais artigos concernentes às APPs – Código Florestal de 1965 e 2012 (continuação)

Lei nº 4.771 -1965	Lei nº 12.651 – 2012
<p>Art. 1º As florestas existentes no território nacional e as demais formas de vegetação, reconhecidas de utilidade às terras que revestem, são bens de interesse comum a todos os habitantes do País, exercendo-se os direitos de propriedade, com as limitações que a legislação em geral e especialmente esta Lei estabelecem.</p> <p>§ 1º As ações ou omissões contrárias às disposições deste Código na utilização e exploração das florestas e demais formas de vegetação são consideradas uso nocivo da propriedade, aplicando-se, para o caso, o procedimento sumário previsto no art. 275, inciso II, do Código de Processo Civil.</p>	<p>Art. 2º As florestas existentes no território nacional e as demais formas de vegetação nativa, reconhecidas de utilidade às terras que revestem, são bens de interesse comum a todos os habitantes do País, exercendo-se os direitos de propriedade com as limitações que a legislação em geral e especialmente esta Lei estabelecem.</p> <p>§ 1º Na utilização e exploração da vegetação, as ações ou omissões contrárias às disposições desta Lei são consideradas uso irregular da propriedade, aplicando-se o procedimento sumário previsto no inciso II do art. 275 da Lei nº 5.869, de 11 de janeiro de 1973 - Código de Processo Civil, sem prejuízo da responsabilidade civil, nos termos do § 1º do art. 14 da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e das sanções administrativas, civis e penais.</p> <p>§ 2º As obrigações previstas nesta Lei têm natureza real e são transmitidas ao sucessor, de qualquer natureza, no caso de transferência de domínio ou posse do imóvel rural.</p>
<p>§ 2º Para os efeitos deste Código, entende-se por:</p> <p>II - área de preservação permanente: área protegida nos termos dos arts. 2o e 3o desta Lei, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas</p>	<p>Art. 3º Para os efeitos desta Lei, entende-se por:</p> <p>II - Área de Preservação Permanente - APP: área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas;</p>

APÊNDICE A – Síntese comparativa dos principais artigos concernentes às APPs – Código Florestal de 1965 e 2012 (continuação)

Lei nº 4.771 -1965	Lei nº 12.651 – 2012
<p>Art. 2º Consideram-se de preservação permanente, pelo só efeito desta Lei, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:</p> <p>a) ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima será:</p> <p>1 - de 30 (trinta) metros para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;</p> <p>2 - de 50 (cinquenta) metros para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;</p> <p>3 - de 100 (cem) metros para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;</p> <p>4 - de 200 (duzentos) metros para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;</p> <p>5 - de 500 (quinhentos) metros para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;</p>	<p>Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:</p> <p>I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:</p> <p>a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;</p> <p>b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;</p> <p>c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;</p> <p>d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;</p> <p>e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;</p>
<p>b) ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais;</p>	<p>II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:</p> <p>a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;</p> <p>b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;</p>
	<p>III - as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento;</p>
<p>c) nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados "olhos d'água", qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 (cinquenta) metros de largura;</p>	<p>IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros;</p>

APÊNDICE A – Síntese comparativa dos principais artigos concernentes às APPs – Código Florestal de 1965 e 2012 (continuação)

Lei nº 4.771 -1965	Lei nº 12.651 – 2012
e) nas encostas ou partes destas, com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive;	V - as encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive;
f) nas restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;	VI - as restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;
	VII - os manguezais, em toda a sua extensão;
g) nas bordas dos tabuleiros ou chapadas, a partir da linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;	VIII - as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;
d) no topo de morros, montes, montanhas e serras;	IX - no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação
h) em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação;	X – as áreas em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação;
	XI - em veredas, a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 (cinquenta) metros, a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado;
i) nas áreas metropolitanas definidas em lei.	
Parágrafo único. No caso de áreas urbanas, assim entendidas as compreendidas nos perímetros urbanos definidos por lei municipal, e nas regiões metropolitanas e aglomerações urbanas, em todo o território abrangido, observar-se-á o disposto nos respectivos planos diretores e leis de uso do solo, respeitados os princípios e limites a que se refere este artigo.	

APÊNDICE A – Síntese comparativa dos principais artigos concernentes às APPs – Código Florestal de 1965 e 2012 (continuação)

Lei nº 4.771 -1965	Lei nº 12.651 – 2012
	<p>§ 1º Não será exigida Área de Preservação Permanente no entorno de reservatórios artificiais de água que não decorram de barramento ou represamento de cursos d'água naturais.</p>
	<p>§ 4º Nas acumulações naturais ou artificiais de água com superfície inferior a 1 (um) hectare, fica dispensada a reserva da faixa de proteção prevista nos incisos II e III do caput, vedada nova supressão de áreas de vegetação nativa, salvo autorização do órgão ambiental competente do Sistema Nacional do Meio Ambiente - Sisnama.</p> <p>§ 5º É admitido, para a pequena propriedade ou posse rural familiar, de que trata o inciso V do art. 3º desta Lei, o plantio de culturas temporárias e sazonais de vazante de ciclo curto na faixa de terra que fica exposta no período de vazante dos rios ou lagos, desde que não implique supressão de novas áreas de vegetação nativa, seja conservada a qualidade da água e do solo e seja protegida a fauna silvestre.</p> <p>§ 6º Nos imóveis rurais com até 15 (quinze) módulos fiscais, é admitida, nas áreas de que tratam os incisos I e II do caput deste artigo, a prática da aquicultura e a infraestrutura física diretamente a ela associada, desde que:</p> <p>I - sejam adotadas práticas sustentáveis de manejo de solo e água e de recursos hídricos, garantindo sua qualidade e quantidade, de acordo com norma dos Conselhos Estaduais de Meio Ambiente;</p> <p>II - esteja de acordo com os respectivos planos de bacia ou planos de gestão de recursos hídricos;</p> <p>III - seja realizado o licenciamento pelo órgão ambiental competente;</p> <p>IV - o imóvel esteja inscrito no Cadastro Ambiental Rural - CAR.</p> <p>V- não implique novas supressões de vegetação nativa.</p>

APÊNDICE A – Síntese comparativa dos principais artigos concernentes às APPs – Código Florestal de 1965 e 2012 (continuação)

Lei nº 4.771 -1965	Lei nº 12.651 – 2012
	<p>Art. 5º Na implantação de reservatório d'água artificial destinado a geração de energia ou abastecimento público, é obrigatória a aquisição, desapropriação ou instituição de servidão administrativa pelo empreendedor das Áreas de Preservação Permanente criadas em seu entorno, conforme estabelecido no licenciamento ambiental, observando-se a faixa mínima de 30 (trinta) metros e máxima de 100 (cem) metros em área rural, e a faixa mínima de 15 (quinze) metros e máxima de 30 (trinta) metros em área urbana.</p>
<p>Art. 3º Consideram-se, ainda, de preservação permanentes, quando assim declaradas por ato do Poder Público, as florestas e demais formas de vegetação natural destinadas:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) a atenuar a erosão das terras; b) a fixar as dunas; c) a formar faixas de proteção ao longo de rodovias e ferrovias; d) a auxiliar a defesa do território nacional a critério das autoridades militares; e) a proteger sítios de excepcional beleza ou de valor científico ou histórico; f) a asilar exemplares da fauna ou flora ameaçados de extinção; g) a manter o ambiente necessário à vida das populações silvícolas; h) a assegurar condições de bem-estar público. 	<p>Art. 6º Consideram-se, ainda, de preservação permanente, quando declaradas de interesse social por ato do Chefe do Poder Executivo, as áreas cobertas com florestas ou outras formas de vegetação destinadas a uma ou mais das seguintes finalidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> I - conter a erosão do solo e mitigar riscos de enchentes e deslizamentos de terra e de rocha; II - proteger as restingas ou veredas; III - proteger várzeas; IV - abrigar exemplares da fauna ou da flora ameaçados de extinção; V - proteger sítios de excepcional beleza ou de valor científico, cultural ou histórico; VI - formar faixas de proteção ao longo de rodovias e ferrovias; VII - assegurar condições de bem-estar público; VIII - auxiliar a defesa do território nacional, a critério das autoridades militares. IX – proteger áreas úmidas, especialmente as de importância internacional.

APÊNDICE A – Síntese comparativa dos principais artigos concernentes às APPs – Código Florestal de 1965 e 2012 (continuação)

Lei nº 4.771 -1965	Lei nº 12.651 – 2012
<p>§ 1º A supressão total ou parcial de florestas de preservação permanente só será admitida com prévia autorização do Poder Executivo Federal, quando for necessária à execução de obras, planos, atividades ou projetos de utilidade pública ou interesse social.</p>	
	<p>Art. 7º A vegetação situada em Área de Preservação Permanente deverá ser mantida pelo proprietário da área, possuidor ou ocupante a qualquer título, pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado.</p> <p>§ 1º Tendo ocorrido supressão de vegetação situada em Área de Preservação Permanente, o proprietário da área, possuidor ou ocupante a qualquer título é obrigado a promover a recomposição da vegetação, ressalvados os usos autorizados previstos nesta Lei.</p> <p>§ 2º A obrigação prevista no § 1o tem natureza real e é transmitida ao sucessor no caso de transferência de domínio ou posse do imóvel rural.</p> <p>§ 3º No caso de supressão não autorizada de vegetação realizada após 22 de julho de 2008, é vedada a concessão de novas autorizações de supressão de vegetação enquanto não cumpridas as obrigações previstas no § 1.</p>
<p>Art. 4º A supressão de vegetação em área de preservação permanente somente poderá ser autorizada em caso de utilidade pública ou de interesse social, devidamente caracterizados e motivados em procedimento administrativo próprio, quando inexistir alternativa técnica e locacional ao empreendimento proposto.</p>	<p>Art. 8º A intervenção ou a supressão de vegetação nativa em Área de Preservação Permanente somente ocorrerá nas hipóteses de utilidade pública, de interesse social ou de baixo impacto ambiental previstas nesta Lei.</p>

APÊNDICE A – Síntese comparativa dos principais artigos concernentes às APPs – Código Florestal de 1965 e 2012 (continuação)

Lei nº 4.771 -1965	Lei nº 12.651 – 2012
<p>§ 1º A supressão de que trata o caput deste artigo dependerá de autorização do órgão ambiental estadual competente, com anuência prévia, quando couber, do órgão federal ou municipal de meio ambiente, ressalvado o disposto no § 2º deste artigo.</p> <p>§ 2º A supressão de vegetação em área de preservação permanente situada em área urbana, dependerá de autorização do órgão ambiental competente, desde que o município possua conselho de meio ambiente com caráter deliberativo e plano diretor, mediante anuência prévia do órgão ambiental estadual competente fundamentada em parecer técnico.</p> <p>§ 3º O órgão ambiental competente poderá autorizar a supressão eventual e de baixo impacto ambiental, assim definido em regulamento, da vegetação em área de preservação permanente.</p> <p>§ 4º O órgão ambiental competente indicará, previamente à emissão da autorização para a supressão de vegetação em área de preservação permanente, as medidas mitigadoras e compensatórias que deverão ser adotadas pelo empreendedor.</p> <p>§ 6º Na implantação de reservatório artificial é obrigatória a desapropriação ou aquisição, pelo empreendedor, das áreas de preservação permanente criadas no seu entorno, cujos parâmetros e regime de uso serão definidos por resolução do CONAMA.</p>	
<p>§ 5º A supressão de vegetação nativa protetora de nascentes, ou de dunas e mangues, de que tratam, respectivamente, as alíneas "c" e "f" do art. 2º deste Código, somente poderá ser autorizada em caso de utilidade pública.</p>	<p>§ 1º A supressão de vegetação nativa protetora de nascentes, dunas e restingas somente poderá ser autorizada em caso de utilidade pública.</p>

APÊNDICE A – Síntese comparativa dos principais artigos concernentes às APPs – Código Florestal de 1965 e 2012 (conclusão)

Lei nº 4.771 -1965	Lei nº 12.651 – 2012
	<p>§ 2º A intervenção ou a supressão de vegetação nativa em Área de Preservação Permanente de que tratam os incisos VI e VII do caput do art. 4º poderá ser autorizada, excepcionalmente, em locais onde a função ecológica do manguezal esteja comprometida, para execução de obras habitacionais e de urbanização, inseridas em projetos de regularização fundiária de interesse social, em áreas urbanas consolidadas ocupadas por população de baixa renda.</p> <p>§ 3º É dispensada a autorização do órgão ambiental competente para a execução, em caráter de urgência, de atividades de segurança nacional e obras de interesse da defesa civil destinadas à prevenção e mitigação de acidentes em áreas urbanas.</p> <p>§ 4º Não haverá, em qualquer hipótese, direito à regularização de futuras intervenções ou supressões de vegetação nativa, além das previstas nesta Lei.</p>
<p>§ 7º É permitido o acesso de pessoas e animais às áreas de preservação permanente, para obtenção de água, desde que não exija a supressão e não comprometa a regeneração e a manutenção a longo prazo da vegetação nativa.</p>	<p>Art. 9º É permitido o acesso de pessoas e animais às Áreas de Preservação Permanente para obtenção de água e para realização de atividades de baixo impacto ambiental.</p>

Fonte: BRASIL, 1965; BRASIL, 2012a.

APÊNDICE B – Publicações pré-selecionadas contemplando indicadores e características quanto à abordagem dos mesmos (continua)

Publicação	Referência	Tipo	Recorte espacial (territorial) / Recorte temático	Modelo organizacional (cadeia)
GEO BRASIL	Santos e Câmara (2002)	Relatório Técnico (RT)	Brasil / Meio ambiente geral	PEIR (Pressão, Estado, Impacto, Respostas)
Informe GEO Rio de Janeiro	Crespo e La Rovere (2002)	RT	Município do Rio de Janeiro (RJ) / Meio ambiente urbano	PEIR
GEO América Latina e o Caribe	PNUMA (2003)	RT	América Latina / Meio ambiente geral	EPIR (Estado, Pressão, Impacto, Resposta)
GEO Cidade de São Paulo	São Paulo (2004)	RT	Município de São Paulo (SP) / Meio ambiente urbano	PEIR
Indicadores Ambientais da Cidade do Rio de Janeiro	IPP (2005)	RT	Município do Rio de Janeiro (RJ) / Meio ambiente geral	PER
Ferramenta para análise de dados socioeconômicos e ambientais para definição de políticas públicas. Estudo de caso: Bacia ambiental do rio Imboassú, município de São Gonçalo/RJ	Azevedo (2006)	Tese (T)	Município de São Gonçalo (RJ) (Bacia do rio Imboassú) / Meio ambiente geral	FPCIR (Força Motriz, Pressão, Condicionamento, Impactos, Respostas)
Validação da classificação orientada a objetos em imagens de satélite IKONOS II e elaboração de indicadores ambientais georreferenciados no Município de Torres, planície costeira do Rio Grande do Sul, Brasil.	Rovedder (2007)	Dissertação (D)	Município de Torres (RS) (APPs e UC) / Áreas protegidas	Sem utilização de modelo

APÊNDICE B – Publicações pré-selecionadas contemplando indicadores e características quanto à abordagem dos mesmos (continuação)

Publicação	Referência	Tipo	Recorte espacial (territorial) / Recorte temático	Modelo organizacional (cadeia)
Avaliação ambiental utilizando matriz de indicadores na área urbana de Nossa Senhora das Dores/SE	Santos (2007)	D	Município de Nossa Senhora das Dores (SE) / Meio ambiente urbano	PEIR
GEO Saúde – Cidade de São Paulo	Hacon (2008)	RT	Município de São Paulo (SP) / Meio ambiente e saúde	FPEEER (Força Motriz, Pressão, Estado, Exposição, Efeitos à saúde, Respostas)
Proposta de um sistema de indicadores de desenvolvimento sustentável para bacias hidrográficas	Guimarães (2008)	T	Brasil – Estado do Rio de Janeiro (RJ) (Bacias hidrográficas) / Recursos hídricos	Sem utilização de modelo
Indicadores de qualidade ambiental como subsídio ao planejamento da área de Proteção Ambiental Morro do Urubu (Aracaju – SE)	Chagas (2009)	D	APA Morro do Urubu (Aracaju – SE) / Áreas protegidas	PEIR
Diagnóstico ambiental das Áreas de Preservação Permanente localizadas no estuário do rio Ceará Mirim/RN com o uso de um sistema de indicadores ambientais	Soares, Lins e Cândido (2009)	Simpósio	Estuário do rio Ceará Mirim (municípios de Extremoz e Ceará Mirim – RN) (APPs) / Áreas protegidas	PER (Pressão, Estado, Respostas)
GEO Piranhas	Lins (2010)	RT	Município de Piranhas (AL) / Meio ambiente urbano	PEIR
GEO Marabá	Raiol (2010)	RT	Município de Marabá (PA) / Meio ambiente urbano	PEIR
Qualidade ambiental em Águas Lindas de Goiás e a gestão dos recursos hídricos	Ariza (2010)	D	Município de Águas Lindas (GO) / Meio ambiente urbano e recursos hídricos	PEIR

APÊNDICE B – Publicações pré-selecionadas contemplando indicadores e características quanto à abordagem dos mesmos (continuação)

Publicação	Referência	Tipo	Recorte espacial (territorial) / Recorte temático	Modelo organizacional (cadeia)
O estado do ambiente: Indicadores ambientais do Rio de Janeiro	Rio de Janeiro (2011a)	RT	Estado do Rio de Janeiro – RJ / Meio ambiente geral	PER
Indicadores de Desenvolvimento Sustentável	IBGE (2012)	RT	Brasil / Meio ambiente e desenvolvimento	Sem utilização de modelo
Indicadores ambientais para áreas de preservação permanente	Freitas et. al. (2013)	Artigo	Bacia do rio Jundiáí-Mirim / APPs	Sem utilização de modelo
GEO BRASIL – Áreas urbanas e industriais	La Rovere e Crespo (2002)	RT	Brasil (cidades) / Meio ambiente urbano	PEIR
Informe GEO Manaus	Velloso (2002)	RT	Município de Manaus (AM) / Meio ambiente urbano	PEIR
GEO Goiás	Galinkin (2003)	RT	Estado de Goiás / Meio ambiente geral	PEIR
GEO BRASIL – Recursos Hídricos	Brasil (2007a)	RT	Brasil (Bacias hidrográficas) / Recursos hídricos	EPIR
GEO Mercosul	PNUMA e CLAES (2008)	RT	Mercosul (Bloco regional econômico) / Meio ambiente e economia	EPIR
GEO Beberibe	Barroso (2010)	RT	Município de Beberibe (CE) / Meio ambiente urbano	PEIR
GEO Ponta Porã	Oliveira (2010)	RT	Município de Ponta Porã (MS) / Meio ambiente urbano	PEIR
GEO 5	UNEP (2012)	RT	Globo / Meio ambiente geral	DPSIR (Drivers, Pressures, State, Impacts, Response)

APÊNDICE B – Publicações pré-selecionadas contemplando indicadores e características quanto à abordagem dos mesmos (conclusão)

Publicação	Referência	Tipo	Recorte espacial (territorial) / Recorte temático	Modelo organizacional (cadeia)
Metodologia para a elaboração de relatórios GEO Cidades (versão 2)	PNUMA (2004)	RT	América Latina / Meio ambiente urbano	PEIR
1º Relatório parcial de acompanhamento do GT Indicadores	Brasil (2011b)	RT	Brasil / Meio ambiente e desenvolvimento	PER

Legenda: As publicações contidas em células em verde () apresentam carta e informações sobre indicadores aplicados; em laranja (), apresentam um diagnóstico geral (sem clara organização de carta de indicadores); e em azul (), apresentam carta e informações sobre indicadores (sem aplicação).

Fonte: O autor, 2013.

APÊNDICE C – Listagem de indicadores em potencial à avaliação integrada de APPs e suas referências de sistematização e utilização (continua)

DIMENSÃO / Condicionante	Indicador	Referência(s)
SOCIAL / População	Taxa de crescimento da população	Crespo e La Rovere (2002); Santos e Câmara (2002); PNUMA (2003); Galinkin (2003); PNUMA (2004); São Paulo (2004); IPP (2005); Azevedo (2006); Guimarães (2008); Lins, (2010); Raiol (2010); Ariza (2010); IBGE (2012).
	Densidade demográfica	Santos e Câmara (2002); PNUMA (2003); IPP (2005); Azevedo (2006); Hacon (2008); Guimarães (2008); Ariza (2010).
	Distribuição da população entre os espaços rurais e urbanos	Galinkin (2003).
	Densidade domiciliar	IPP (2005).
	Índice de Desenvolvimento Humano (IDH)	Galinkin (2003); São Paulo (2004); PNUMA e CLAES (2008).
	Índice de inclusão/exclusão social	São Paulo (2004); Ariza (2010)
SOCIAL / Renda	Índice de Gini da distribuição do rendimento	Crespo e La Rovere (2002); Galinkin (2003); PNUMA (2004); São Paulo (2004); IPP (2005); PNUMA e CLAES (2008); Guimarães (2008); Lins (2010); Raiol (2010); IBGE (2012)
	Rendimento domiciliar (familiar) per capita	IPP (2005); Rio de Janeiro (2011a); IBGE (2012)
	Rendimento médio mensal	IPP (2005); Azevedo (2006); Chagas (2009); IBGE (2012)
	Percentual de chefe de família com renda de até 1 salário mínimo	Hacon (2008); Guimarães, (2008)
	Faixas de rendimento dos chefes de domicílios	Rio de Janeiro (2011a)
	Pobreza	La Rovere e Crespo (2002); IPP (2005)

APÊNDICE C – Listagem de indicadores em potencial à avaliação integrada de APPs e suas referências de sistematização e utilização (continuação)

DIMENSÃO / Condicionante	Indicador	Referência(s)
SOCIAL / Educação	Taxa de alfabetização de adultos	Santos e Câmara (2002); PNUMA (2003); Galinkin (2003); Azevedo (2006); Guimarães (2008); Rio de Janeiro (2011a)
	Percentual de chefe da família sem instrução	Hacon (2008)
	Escolaridade	Guimarães (2008); Rio de Janeiro (2011a)
SOCIAL / Habitação	Déficit habitacional	La Rovere e Crespo (2002)
	Qualidade das habitações	Santos (2007)
	Adequação de moradia	IBGE (2012)
	Inadequação de moradia	IPP (2005)
	Percentual da população em assentamentos informais - favelas	IPP (2005); Hacon (2008); Raiol (2010)
	População em assentamentos urbanos formais e informais	Crespo e La Rovere (2002); PNUMA (2004); Lins (2010)
	Evolução da população em assentamentos subnormais	Crespo e La Rovere (2002)
	Percentual de população residente em área de ocupação irregular	Hacon (2008)
	Percentual de população residente em área de invasão	Hacon (2008)
	População residente em áreas de vulnerabilidade urbana	PNUMA (2004); Lins (2010); Raiol (2010)
	Acesso à infraestrutura	IPP (2005)
	População nas unidades de conservação	IPP (2005)
SOCIAL / Saúde	Doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado	La Rovere e Crespo (2002); IPP (2005); IBGE (2012)
	Incidência de doenças por veiculação hídrica	Crespo e La Rovere (2002); PNUMA (2004); São Paulo (2004); PNUMA e CLAES (2008); Hacon (2008); Lins (2010); Raiol (2010); Ariza (2010); UNEP (2012)

APÊNDICE C – Listagem de indicadores em potencial à avaliação integrada de APPs e suas referências de sistematização e utilização (continuação)

DIMENSÃO / Condicionante	Indicador	Referência(s)
SOCIAL / Saúde	Doenças associadas à problemática ambiental	Crespo e La Rovere (2002); Galinkin (2003)
	Incidência de doenças por intoxicação e contaminação associadas à contaminação do solo e à degradação do espaço urbano	PNUMA (2004); Lins (2010)
ECONÔMICA / Atividades	Estabelecimentos industriais que exercem atividades potencialmente poluidoras	São Paulo (2004); IPP (2005); Ariza (2010)
	Exploração mineral	Chagas (2009)
	Recuperação de áreas degradadas por mineração	Guimarães (2008)
	Terras destinadas a culturas temporárias e permanentes	Santos e Câmara (2002); PNUMA (2003)
	Superfície Agrícola	Santos e Câmara (2002); PNUMA (2003)
	Aproveitamento de áreas já desmatadas	Soares, Lins e Cândido (2009)
ECONÔMICA / Produtividade	Fertilidade do solo para agricultura	Lins (2010)
	Consumo total de fertilizantes	Santos e Câmara (2002); PNUMA (2003); IBGE (2012)
	Consumo total de agrotóxicos / agroquímicos	Santos e Câmara (2002); São Paulo (2004); Ariza (2010); IBGE (2012)
AMBIENTAL / Recursos hídricos e saneamento	Qualidade das águas	Crespo e La Rovere (2002); La Rovere e Crespo (2002); Galinkin (2003); São Paulo (2004); Azevedo (2006); Ariza (2010); Rio de Janeiro (2011a); IBGE (2012)
	Drenagem	Azevedo (2006)
	Disponibilidade hídrica	Galinkin (2003); PNUMA e CLAES (2008); Guimarães (2008)
	Qualidade da água de abastecimento	Crespo e La Rovere (2002); PNUMA (2004); São Paulo (2004); Santos (2007); Lins (2010)
	Situação da oferta de água para abastecimento humano	Santos (2007); Lins (2010); Brasil (2011b)

APÊNDICE C – Listagem de indicadores em potencial à avaliação integrada de APPs e suas referências de sistematização e utilização (continuação)

DIMENSÃO / Condicionante	Indicador	Referência(s)
AMBIENTAL / Recursos hídricos e saneamento	Relação entre demanda e oferta de água	Brasil (2011b)
	Consumo de água	PNUMA (2004); São Paulo (2004); IPP (2005); Santos (2007); PNUMA e CLAES (2008); Lins (2010); Raiol (2010); Ariza (2010)
	Escassez de água	Crespo e La Rovere (2002); PNUMA (2004); São Paulo (2004); Lins (2010); Ariza (2010); UNEP (2012)
	Intensidade de uso da água na indústria	Guimarães (2008)
	Contaminação e uso das águas superficiais	Soares, Lins e Cândido (2009)
	Porcentagem da população com acesso à rede geral de abastecimento de água (área urbana / área rural)	Santos e Câmara (2002); PNUMA (2003); UNEP (2012)
	Ligações domiciliares	São Paulo (2004); Ariza (2010)
	Percentual de domicílios com acesso a rede geral de água	Azevedo (2006); Hacon (2008); Guimarães (2008); Chagas (2009)
	Acesso a sistema de abastecimento de água	Galinkin (2003); PNUMA e CLAES (2008); IBGE (2012)
	Forma de abastecimento de água	Rio de Janeiro (2011a)
	Porcentagem da população com acesso à rede coletora de esgoto (área urbana / área rural)	Santos e Câmara (2002); PNUMA (2003); PNUMA e CLAES (2008); IBGE (2012)
	Percentual de domicílios com acesso a rede geral de esgoto / Percentual de domicílios sem acesso a rede geral de esgoto	Crespo e La Rovere (2002); Azevedo (2006); Hacon (2008); Guimarães (2008); Chagas (2009)
	Percentual de domicílios com poço ou nascente	Hacon (2008)
	Percentual de domicílios sem banheiro	Hacon (2008)
Geração de efluentes domésticos (volume)	IPP (2005); Santos (2007)	

APÊNDICE C – Listagem de indicadores em potencial à avaliação integrada de APPs e suas referências de sistematização e utilização (continuação)

DIMENSÃO / Condicionante	Indicador	Referência(s)
AMBIENTAL / Recursos hídricos e saneamento	Volume coletado de esgoto doméstico	Santos (2007)
	Volume total de águas residuais domésticas não tratadas	PNUMA (2004); Lins (2010)
	Águas residuais e saneamento	Lins (2010)
	Destinação de águas residuárias e pluviais	São Paulo (2004); Ariza (2010); Rio de Janeiro (2011a)
	Volume de efluentes industriais gerados	Santos (2007)
	Lançamento de efluentes industriais	Crespo e La Rovere (2002)
	Lançamento de poluentes sobre os recursos hídricos	La Rovere e Crespo (2002)
	Contaminação e degradação hídrica	Galinkin (2003); Guimarães (2008)
	Concentração de coliformes fecais	Lins (2010)
	Desequilíbrios nos corpos d'água	Crespo e La Rovere (2002)
	Recuperação ambiental e controle da poluição hídrica	Rio de Janeiro (2011a)
	Capacidade de assimilação dos corpos d'água ao lançamento de esgotos	Brasil (2011b)
AMBIENTAL / Resíduos sólidos	Porcentagem de população com acesso a coleta de lixo (área urbana / área rural)	Santos e Câmara (2002); PNUMA e CLAES (2008); IBGE (2012)
	Percentual de domicílios com coleta direta de lixo	Azevedo (2006); Guimarães (2008); Chagas (2009)
	Percentual de domicílios com coleta de lixo em caçamba	Hacon (2008)
	Coleta seletiva de lixo	Crespo e La Rovere (2002); Chagas (2009); IBGE (2012)
	Geração de resíduos sólidos (quantidade)	PNUMA (2004); São Paulo (2004); IPP (2005); Santos (2007); Lins (2010); Raiol (2010); Brasil (2011b)
	Evolução da geração e composição do lixo	Crespo e La Rovere (2002)
	Coleta de resíduos sólidos (quantidade)	Santos (2007)

APÊNDICE C – Listagem de indicadores em potencial à avaliação integrada de APPs e suas referências de sistematização e utilização (continuação)

DIMENSÃO / Condicionante	Indicador	Referência(s)
AMBIENTAL / Resíduos sólidos	Disposição de resíduos sólidos (quantidade)	Crespo e La Rovere (2002); PNUMA (2004); São Paulo (2004); Santos (2007); Guimarães (2008); Lins (2010); Raiol (2010); Ariza (2010); IBGE (2012)
	Destino da coleta de lixo	Rio de Janeiro (2011a)
	Composição do lixo	IPP (2005)
	Poluentes derivados dos resíduos sólidos da atividade industrial	La Rovere e Crespo (2002); Santos (2007)
	Sítios contaminados	Crespo e La Rovere (2002); PNUMA (2004); São Paulo (2004); Lins (2010)
AMBIENTAL / Biodiversidade	Variação da superfície florestal - florestas nativas / Remanescentes de Mata Atlântica	Santos e Câmara (2002); IPP (2005); PNUMA (2003)
	Superfície florestal - florestas nativas / Remanescentes de Mata Atlântica	Santos e Câmara (2002); PNUMA (2003); Chagas (2009)
	Supressão da vegetação nativa	Chagas (2009)
	Incêndios Florestais e Queimadas / Número de Focos de Calor	Santos e Câmara (2002); PNUMA (2003); Galinkin (2003); Chagas (2009); IBGE (2012)
	Número total de espécies conhecidas	Santos e Câmara (2002); São Paulo (2004)
	Espécies extintas ou ameaçadas	Crespo e La Rovere (2002); Santos e Câmara (2002); PNUMA (2003); PNUMA (2004); IPP (2005); Lins (2010); Raiol (2010); IBGE (2012); UNEP (2012)
	Número total de espécies endêmicas	Santos e Câmara (2002); Chagas (2009)
	Espécies invasoras	IBGE (2012)
	Fauna ameaçada representadas em UC federais	Brasil (2011b)
	Proporção de espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção	Brasil (2011b)

APÊNDICE C – Listagem de indicadores em potencial à avaliação integrada de APPs e suas referências de sistematização e utilização (continuação)

DIMENSÃO / Condicionante	Indicador	Referência(s)
AMBIENTAL / Biodiversidade	Cobertura de UCs por bioma	Brasil (2011b)
	Taxa média de desmatamento anual dos biomas brasileiros	Brasil (2011b)
	Índice de conectividade estrutural dos remanescentes de floresta	Rio de Janeiro (2011a)
	Índice de permeabilidade das matrizes	Rio de Janeiro (2011a)
	Índice de ameaça às fitosionomias	Rio de Janeiro (2011a)
	Perda de biodiversidade	Crespo e La Rovere (2002); PNUMA (2004); São Paulo (2004); Lins (2010); Raiol (2010)
	Cobertura vegetal nativa por bioma / Cobertura florestal por bioma	Brasil (2011b)
	Reflorestamento com espécies nativas	Crespo e La Rovere (2002); IPP (2005); Guimarães (2008)
	Áreas prioritárias para conservação e potenciais para restauração	Rio de Janeiro (2011a)
AMBIENTAL / Áreas protegidas	Áreas protegidas	Santos e Câmara (2002); PNUMA (2003); Galinkin, (2003); São Paulo (2004); IPP (2005); PNUMA e CLAES (2008); Guimarães (2008); Ariza (2010); Rio de Janeiro (2011a); IBGE (2012); UNEP (2012)
	Áreas protegidas de Proteção Integral e de Uso Sustentável	Santos e Câmara (2002)
	Uso e ocupação na APP	Freitas et. al. (2013)
	Proximidade da APP à vegetação nativa	Freitas et. al. (2013)
	Proximidade da APP às áreas urbanas	Freitas et. al. (2013)
	Proximidade da APP à malha viária	Freitas et. al. (2013)
	Risco de erosão em APP	Freitas et. al. (2013)
	Capacidade de sustentação da vegetação na APP	Freitas et. al. (2013)

APÊNDICE C – Listagem de indicadores em potencial à avaliação integrada de APPs e suas referências de sistematização e utilização (continuação)

DIMENSÃO / Condicionante	Indicador	Referência(s)
AMBIENTAL / Áreas protegidas	Classificação da APP segundo sua hierarquia fluvial	Freitas et. al. (2013)
	Categoria de APP	Freitas et. al. (2013)
	Tipo de recurso (a ser protegido)	Rovedder (2007)
	Processos predominantes	Rovedder (2007)
	Funções associadas aos recursos	Rovedder (2007)
	Usos predominantes dos recursos	Rovedder (2007)
	Área de abrangência	Rovedder (2007)
	Número de ocupações clandestinas	Rovedder (2007)
	Empreendimentos sem licença	Chagas (2009)
	Casas em APP	Chagas (2009)
	Remoção de casas em APP	Chagas (2009)
AMBIENTAL / Solos	Susceptibilidade à erosão e capacidade de uso	Galinkin (2003)
	Áreas de erosão e assoreamento	São Paulo (2004)
	Erosão do solo	Chagas (2009)
	Áreas de erosão e assoreamento recuperadas	São Paulo (2004)
	Qualidade do solo	La Rovere e Crespo (2002)
AMBIENTAL / Dinâmica urbana	Superfície terrestre / Área territorial	Santos e Câmara (2002); PNUMA (2003)
	Uso do solo	Azevedo (2006); Rio de Janeiro (2011a)
	Qualidade ambiental das terras	Crespo e La Rovere (2002); IPP (2005)
	Percentual de áreas degradadas	PNUMA e CLAES (2008); Guimarães (2008)
	Recuperação de áreas degradadas	Chagas (2009)
	Total de áreas reabilitadas/Total de áreas degradadas	PNUMA (2004); São Paulo (2004); Lins (2010); Ariza (2010)

APÊNDICE C – Listagem de indicadores em potencial à avaliação integrada de APPs e suas referências de sistematização e utilização (continuação)

DIMENSÃO / Condicionante	Indicador	Referência(s)
AMBIENTAL / Dinâmica urbana	Mudança de solo não urbano para solo urbano	Crespo e La Rovere (2002); PNUMA (2004); São Paulo (2004); Lins (2010); Ariza (2010); UNEP (2012)
	Alteração de áreas naturais por áreas antrópicas	IPP (2005); PNUMA e CLAES (2008)
	Taxa de urbanização	Santos e Câmara (2002); PNUMA (2003); Guimarães (2008)
	Crescimento da urbanização	Santos e Câmara (2002); PNUMA (2003); IPP (2005); Chagas (2009)
	Impermeabilização do solo	Azevedo (2006)
	Superfície em assentamentos urbanos formais e informais	PNUMA (2004); São Paulo (2004); Lins (2010); Ariza (2010)
	Proximidade de favelas às unidades de conservação	IPP (2005)
	Deterioração do meio ambiente construído	Crespo e La Rovere (2002); Lins (2010)
	Verticalização de imóveis	São Paulo (2004)
	Desvalorização imobiliária	Lins (2010)
	Regularização fundiária	Azevedo (2006)
	Percentual de cobertura vegetal	Crespo e La Rovere (2002); Galinkin (2003); São Paulo (2004); Santos (2007); PNUMA e CLAES (2008); Guimarães (2008); Raiol (2010); Ariza (2010)
	Redução da cobertura vegetal	Crespo e La Rovere (2002); PNUMA (2004); São Paulo (2004); Soares, Lins e Cândido (2009); Lins (2010); Raiol (2010); Ariza (2010); UNEP (2012)
	Desmatamento da vegetação de mangue e mata ciliar	Soares, Lins e Cândido (2009)
	Ampliação da cobertura vegetal	São Paulo (2004); Santos (2007); Soares, Lins e Cândido (2009); Ariza (2010)

APÊNDICE C – Listagem de indicadores em potencial à avaliação integrada de APPs e suas referências de sistematização e utilização (continuação)

DIMENSÃO / Condicionante	Indicador	Referência(s)
AMBIENTAL / Dinâmica urbana	Áreas verdes em relação à população urbana	São Paulo (2004); PNUMA e CLAES (2008); Raiol (2010)
	Percentual de áreas de risco ocupadas	Crespo e La Rovere (2002); PNUMA (2004); Lins (2010); Raiol (2010)
	Evolução da área urbana em encostas	IPP (2005)
	Evolução da ocupação urbana em áreas vulneráveis	Crespo e La Rovere (2002)
	Vulnerabilidade urbana	Lins (2010)
	Áreas de risco de inundação e escorregamento	São Paulo (2004); Ariza (2010)
	Incidência de inundações e desmoronamentos	Crespo e La Rovere (2002); PNUMA (2003); PNUMA (2004); São Paulo (2004); Lins (2010); Raiol (2010); Ariza (2010)
	Número de áreas alagadas	Hacon (2008)
	Perdas humanas por eventos naturais extremos (inundações e deslizamentos)	PNUMA (2003); UNEP (2012)
	Perdas econômicas por eventos naturais extremos (inundações e deslizamentos)	PNUMA (2003)
	Número de casas atingidas por movimento de terras	Chagas (2009)
	Áreas de risco recuperadas	São Paulo (2004); Ariza (2010)
	Perda de amenidades ambientais	La Rovere e Crespo (2002)
Danos aos ecossistemas	La Rovere e Crespo (2002); Santos (2007)	
INSTITUCIONAL / Política e gestão	Conselhos municipais de meio ambiente	Guimarães (2008); IBGE (2012)
	Plano diretor urbano	Crespo e La Rovere (2002); PNUMA (2004); São Paulo (2004); Lins (2010); Raiol (2010); Ariza (2010)
	Cumprimento da legislação urbanística e ambiental	Soares, Lins e Cândido (2009)
	Comitês de bacias hidrográficas	Guimarães (2008); Brasil (2011b); IBGE (2012)

APÊNDICE C – Listagem de indicadores em potencial à avaliação integrada de APPs e suas referências de sistematização e utilização (continuação)

DIMENSÃO / Condicionante	Indicador	Referência(s)
INSTITUCIONAL / Política e gestão	Plano de bacia hidrográfica	Guimarães (2008); Brasil (2011b)
	Legislação de proteção a mananciais	Crespo e La Rovere (2002); PNUMA (2004); São Paulo (2004); Lins (2010); Raiol (2010); Ariza (2010)
	Plano de gestão e Zoneamento Ecológico-Econômico	Guimarães (2008)
	Criação e gestão de Unidades de Conservação	São Paulo (2004); Chagas (2009); Ariza (2010)
	Organizações da sociedade civil	IBGE (2012)
	Número de ONGs ambientalistas	Crespo e La Rovere (2002); PNUMA (2004); São Paulo (2004); Lins (2010); Raiol (2010); Ariza (2010)
	Agenda 21 Local	Crespo e La Rovere (2002); PNUMA (2004); São Paulo (2004); Lins (2010); Raiol (2010); Ariza (2010); IBGE (2012)
	Articulações interinstitucionais dos municípios	IBGE (2012)
	Recursos financeiros para o meio ambiente	Guimarães (2008)
	Despesas com meio ambiente	IPP (2005)
	Fiscalização ambiental	IPP (2005)
	Licenciamento ambiental	Soares, Lins e Cândido (2009)
	Tributação segundo o princípio poluidor/pagador ou usuário/pagador	Crespo e La Rovere (2002); PNUMA (2004); Lins (2010)
	Notificações preventivas e multas por violação das normas de disposição de resíduos	PNUMA (2004); Lins (2010); Raiol (2010)
	Autuações por crimes ambientais	Chagas (2009)
	Sanções por infrações a normas ambientais	São Paulo (2004); Ariza (2010)
Programa de fiscalização e controle de efluentes industriais	Crespo e La Rovere (2002)	

APÊNDICE C – Listagem de indicadores em potencial à avaliação integrada de APPs e suas referências de sistematização e utilização (conclusão)

DIMENSÃO / Condicionante	Indicador	Referência(s)
INSTITUCIONAL / Política e gestão	Investimento em gestão de resíduos sólidos	PNUMA (2004); São Paulo (2004); Santos (2007); Guimarães (2008); Lins (2010); Raiol (2010); Ariza (2010)
	Atendimentos da defesa civil relacionados ao meio ambiente	IPP (2005)
	Despesas com saúde pública em virtude da disseminação de doenças derivadas da contaminação de recursos naturais como a água, o ar e o solo	PNUMA (2004); São Paulo (2004); Lins (2010); Ariza (2010)
	Custos com captação e tratamento da água, derivados do esgotamento das fontes locais e da contaminação da água utilizada pela população e pelas atividades econômicas	PNUMA (2004); São Paulo (2004); Azevedo (2006); Lins (2010); Ariza (2010)
	Despesas com obras de contenção e prevenção de riscos ambientais como a contenção de encostas ou a canalização de cursos d'água para combater enchentes	Crespo e La Rovere (2002); PNUMA (2004); Lins (2010)
	Investimentos em áreas verdes / Investimentos em recuperação ambiental	Crespo e La Rovere (2002); PNUMA (2004); Lins (2010); Raiol (2010)
	Investimentos em sistemas de abastecimento de água e esgotos sanitários	Crespo e La Rovere (2002); PNUMA (2004); São Paulo (2004); Azevedo (2006); Santos (2007); Guimarães (2008); Lins (2010); Raiol (2010); Ariza (2010)
	Educação ambiental	Crespo e La Rovere (2002); PNUMA (2004); São Paulo (2004); Lins (2010); Raiol (2010); Ariza (2010); Rio de Janeiro (2011a)

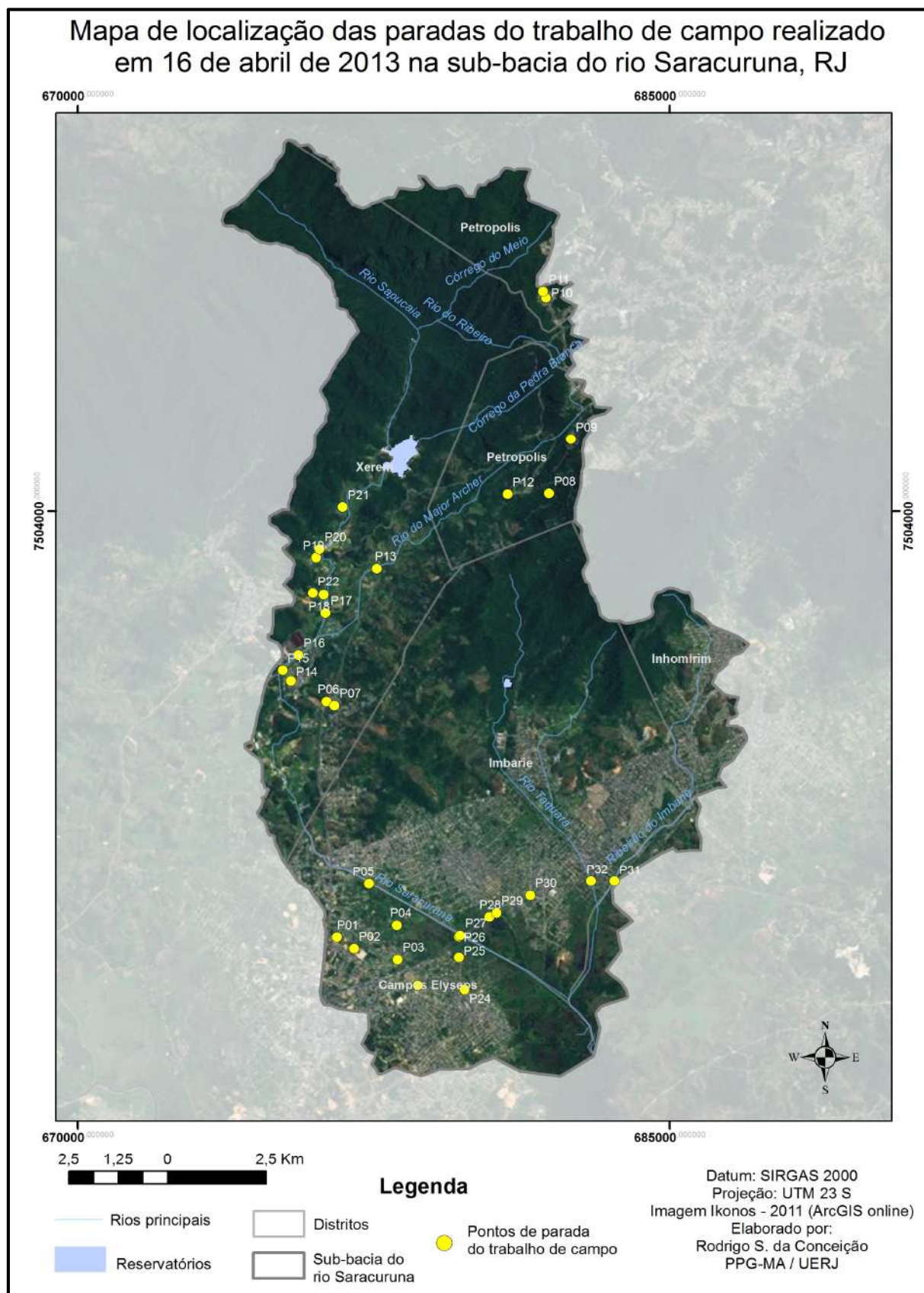
Fonte: O autor, 2013.

APÊNDICE D – Ordem sequencial exemplificativa das funções ambientais por grupos de APPs para a definição de indicadores *PEIR*

Grupos de APPs e ordenamento das funções ambientais			
	Grupo 1 – Faixas marginais de cursos d'água; entorno de reservatórios d'água; entorno de nascentes.	Grupo 2 – Encostas com declividade superior a 45°; topo de elevações.	Grupo 3 - Manguezal
1^a	Preservar a paisagem	Preservar a paisagem	Preservar a paisagem
2^a	Proteger o solo	Proteger o solo	Facilitar o fluxo gênico de fauna e flora
3^a	Preservar os recursos hídricos	Preservar a estabilidade geológica	Preservar a biodiversidade
4^a	Preservar a estabilidade geológica	Preservar os recursos hídricos	Proteger o solo
5^a	Preservar a biodiversidade	Preservar a biodiversidade	Preservar a estabilidade geológica
6^a	Facilitar o fluxo gênico de fauna e flora	Facilitar o fluxo gênico de fauna e flora	Preservar os recursos hídricos
7^a	Assegurar o bem estar das populações humanas	Assegurar o bem estar das populações humanas	Assegurar o bem estar das populações humanas

Fonte: O autor, 2013.

APÊNDICE E – Localização das paradas do trabalho de campo realizado em 16 de abril de 2013 na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ



Fonte: O autor, 2013.

APÊNDICE F – Descrição dos pontos de parada do trabalho de campo realizado em 16 de abril de 2013 na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ (continua)

Nº do ponto	Coordenadas (UTM)	Descrição
01	E 676570 N 7493043	Rua Simões Dias (terreno de solo desnudado), Campos Elyseos.
02	E 677000 N 7492751	Rua Simões Dias (terreno de campo antrópico), Campos Elyseos.
03	E 678105 N 7492476	Rua Parapeúna (ponte sobre afluente do rio Farias, ocupação em APP), Campos Elyseos.
04	E 678083 N 7493353	Estrada do Roçado (terreno de campo antrópico), Campos Elyseos.
05	E 677379 N7494415	Avenida dos Coqueiros (ponte sobre o rio Saracuruna, ocupação em APP), Limite entre Campos Elyseos e Imbariê.
06	E 676302 N 7499122	Rodovia Washington Luiz (canal de Santo Antônio, despejo de esgoto e ocupação em APP), Xerém.
07	E 676504 N 7499015	Rua Manoel Pereira (ocupações de risco em encostas de morro), Xerém.
08	E 681945 N 7504452	Rodovia Washington Luiz (vegetação de floresta ombrófila densa), Petrópolis.
09	E 682492 N 7505844	Rodovia Washington Luiz (ocupação em encosta, Aglomerado subnormal “Duques”), Petrópolis.
10	E 681868 N 7509468	Rodovia Washington Luiz (ocupação em encosta, Aglomerado subnormal “Contorno II”), Petrópolis.
11	E 681792 N 7509641	Rodovia Washington Luiz (ocupação em encosta, Aglomerado subnormal “Contorno I”), Petrópolis.
12	E 680891 N 7504431	Rodovia Washington Luiz, Mirante Belvedere (visão da sub-bacia e ocupação urbana em encosta), Petrópolis.
13	E 677578 N 7502530	Rodovia Washington Luiz (ponte sobre o rio do Major Archer, ocupação dispersa no entorno), Xerém.
14	E 675401 N 7499643	Rua Pastor Manuel Avelino de Souza (ocupação no sopé de morro), Xerém.
15	E 675189 N 7499917	Rua Pastor Manuel Avelino de Souza (ponte sobre o rio Saracuruna, dutos e ocupação em APPs), Xerém.
16	E 675589 N 7500302	Alameda Santa Alice (margem do rio Saracuruna, ocupação de vias em APP e presença de instalações no entorno), Xerém.
17	E 676278 N 7501384	Alameda Santa Alice (margem do rio Saracuruna, acúmulo de lixo em APP), Xerém.
18	E 676229 N 7501854	Estrada do Aviário (margem e calha do rio Saracuruna, habitações sob risco de inundação), Xerém.
19	E 676042 N 7502811	Estrada do Garrão (afluente do rio Saracuruna, ocupação urbana e terrenos de campo no entorno), Xerém.
20	E 676130 N 7503026	Estrada do Garrão (margem e calha do rio Saracuruna, evidências do trabalho erosivo do rio), Xerém.
21	E 676710 N 7504102	Estrada do Garrão (margem e calha do rio Saracuruna, APP com potencial para recuperação), Xerém.

APÊNDICE F – Descrição dos pontos de parada do trabalho de campo realizado em 16 de abril de 2013 na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ (conclusão)

Nº do ponto	Coordenadas (UTM)	Descrição
22	E 675953 N 7501888	Estrada do Garrão (área de cultivo), Xerém.
23	E 678611 N 7491814	Avenida Visconde de Santa Teresa (canal Farias, evidências de assoreamento e abostrução da calha), Campos Elyseos.
24	E 679798 N 7491706	Rua do Canal Farias (canal Farias, ocupação densificada das margens), Campos Elyseos.
25	E 679659 N 7492527	Rua Capitão Frei Orlando (afluente do rio Saracuruna, novas edificações no limite de áreas urbanas), Campos Elyseos.
26	E 679656 N 7493057	Rodovia Rio-Magé (visão de campo inundável), Campos Elyseos.
27	E 679693 N 7493084	Rodovia Rio-Magé (ponte sobre o rio Saracuruna, ocupação industrial em APP), limite entre Campos Elyseos e Imbariê.
28	E 680435 N 7493563	Rodovia Rio-Magé (visão de formação colinosa em meio aos campos inundáveis), Imbariê.
29	E 680610 N 7493660	Rodovia Rio-Magé (ponte sobre o rio Roncador), Imbariê.
30	E 681466 N 7494116	Rodovia Rio-Magé (ponte sobre o rio da Figueira, ocupação em APP e evidências de assoreamento do rio), Imbariê.
31	E 683596 N 7494484	Rodovia Rio-Magé (ponte sobre o rio Imbariê), limite entre Imbariê e Inhomirim.
32	E 683003 N 7494476	Rodovia Rio-Magé (ponte sobre o canal da Taquara, ocupação urbana em APP), Imbariê.

Fonte: O autor, 2013.

APÊNDICE G – Relação das coordenadas de localização dos setores de risco iminente a escorregamentos na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ, levantados pela Theopratique (Petrópolis) e DRM-RJ (Duque de Caxias e Magé)
(continua)

Distrito / Bairro	Identificação do setor	Coordenadas (UTM)	Localização
Petrópolis / Parque São Vicente	Amazonas	E 682809 N 7507262	Entorno da R. Amazonas
	Vassouras / Piauí	E 682472 N 7507275	Entorno da R. Vassouras
Petrópolis / Independência	Cantão	E 683220 N 7505386	Entorno da R. José Chaves
	Maria de Lima	E 682971 N 7505203	Final da R. Cacilda Becker
Petrópolis / Duques	Duques	E 682814 N 7506552	Entre o Km 40 e 41 da BR-040
Petrópolis / Capela	Contorno I	E 682091 N 7509630	BR-040
Petrópolis / Duarte da Silveira	Contorno Luiz Winter	E 682035 N 7510727	R. Luiz Winter
	Contorno II	E 681764 N 7509695	BR-040
Petrópolis / Quintandinha	São Joaquim	E 682708 N 7508124	Final da R. Amaral Peixoto
Xerém / Santa Alice	Cx-FL-011	E 675263 N 7499541	R. da Figueira
	Cx-FL-012	E 675274 N 7499466	R. da Figueira
	Cx-MJ-001	E 675378 N 7499678	Av. Pst. Manuel A. de Souza
	Cx-MJ-018	E 676777 N 7499228	-----
Xerém / Barreiro	Cx-MJ-002	E 676355 N 7499134	R. Manoel Pereira
Xerém / Santo Antônio	Cx-MJ-019	E 676704 N 7498897	R. Antônio Guedes
Imbariê / Jardim Olimpo	Cx-FL-010	E 676798 N 7496187	R. Um
Imbariê / Jardim Imbariê	Cx-FL-009	E 680793 N 7496893	Av. Automóvel Clube
Campos Elyseos / Jardim Primavera	Cx-FL-022	E 677352 N 7490130	Al. São Francisco de Assis

APÊNDICE G – Relação das coordenadas de localização dos setores de risco iminente a escorregamentos na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ, levantados pela Theopratique (Petrópolis) e DRM-RJ (Duque de Caxias e Magé)
(continuação)

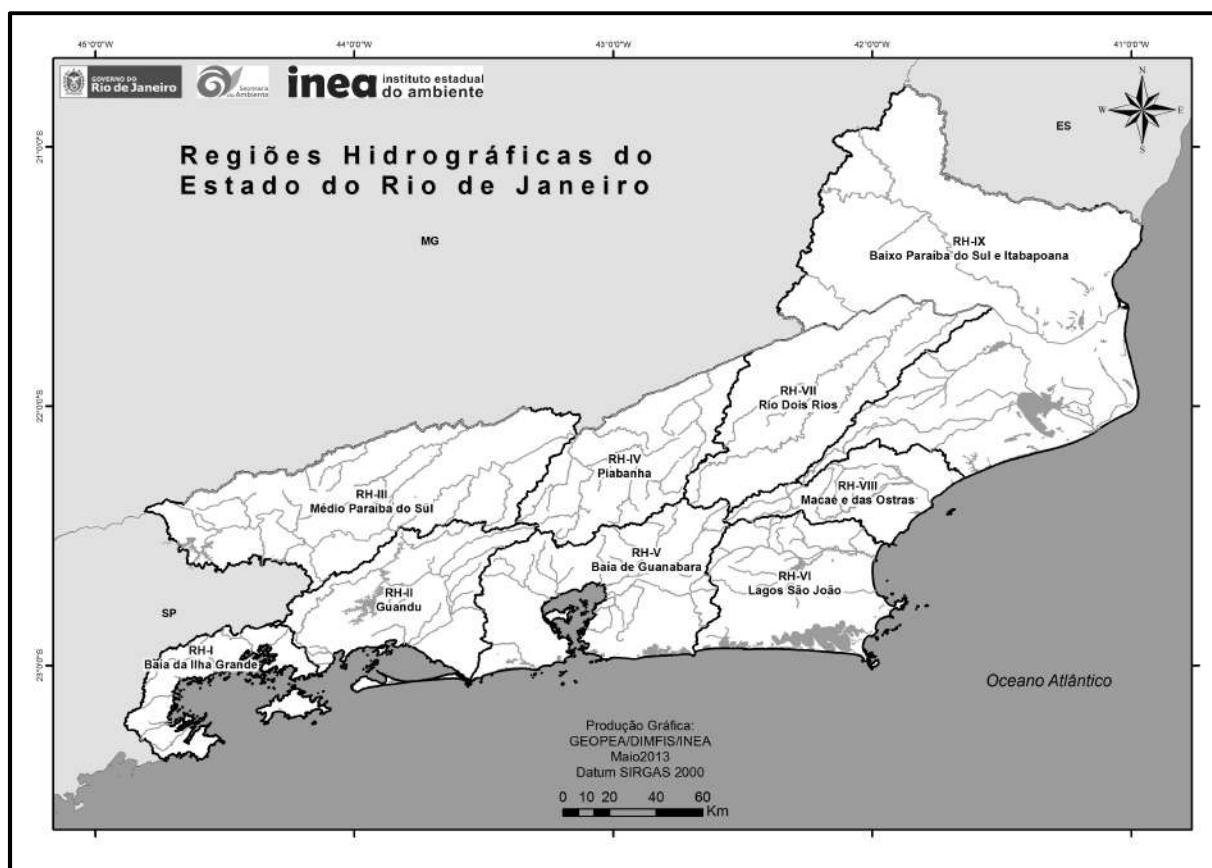
Distrito / Bairro	Identificação do setor	Coordenadas (UTM)	Localização
Campos Elyseos / Parque Moderno	Cx-FL-019	E 677761 N 7489782	Av. das Hortências
	Cx-FL-020	E 677913 N 7489727	Av. Duque de Caxias
Inhomirim / Piabetá	Mg-PF-026	E 686109 N 7499476	Al. Renatinho
	Mg-PF-027	E 685330 N 7499352	Al. Rosinha
	Mg-PF-028	E 685465 N 7499191	Al. Neidinha
	Mg-FC-007	E 686303 N 7498996	R. Agenor Coelho
	Mg-FC-010	E 686363 N 7498743	R. Maria Margarida
	Mg-PF-023	E 685994 N 7499764	R. José de Paula Jr.
	Mg-PF-029	E 685235 N 7499589	Al. das Orquídeas
	Mg-MB-008	E 686185 N 7498668	R. Maria Margarida
	Mg-FC-009	E 686444 N 7499014	Av. Roberto Silvera
	Mg-PF-021	E 686176 N 7499882	R. José de Paula Jr.
	Mg-FC-008	E 686497 N 7499065	Travessa do Teles
	Mg-FC-006	E 686227 N 7498917	R. Agenor Coelho
	Mg-PF-025	E 685534 N 7500366	R. A
	Mg-MB-007	E 686373 N 7498658	R. Maria Cristina
	Mg-PF-022	E 686030 N 7499846	R. José de Paula Jr.
	Mg-PF-024	E 685586 N 7500175	R. A
Mg-FC-014	E 684828 N 7499483	Al. Nairzinha	

APÊNDICE G – Relação das coordenadas de localização dos setores de risco iminente a escorregamentos na sub-bacia do rio Saracuruna, RJ, levantados pela Theopratique (Petrópolis) e DRM-RJ (Duque de Caxias e Magé) (conclusão)

Distrito / Bairro	Identificação do setor	Coordenadas (UTM)	Localização
Inhomirim / Ilha	Mg-PF-017	E 686554 N 7500363	Av. A
	Mg-PF-019	E 686368 N 7500182	Av. Automóvel Club
	Mg-PF-016	E 686626 N 7500355	Av. A
Inhomirim / São Paulo	Mg-MB-001	E 686061 N 7498670	R. Agenor Coelho
	Mg-MB-003	E 686124 N 7498728	R. Agenor Coelho
	Mg-MB-002	E 686100 N 7498714	R. Agenor Coelho
	Mg-MB-004	E 686145 N 7498747	R. Agenor Coelho
	Mg-MB-006	E 686239 N 7498961	R. Agenor Coelho
	Mg-MB-005	E 686155 N 7498844	R. Agenor Coelho

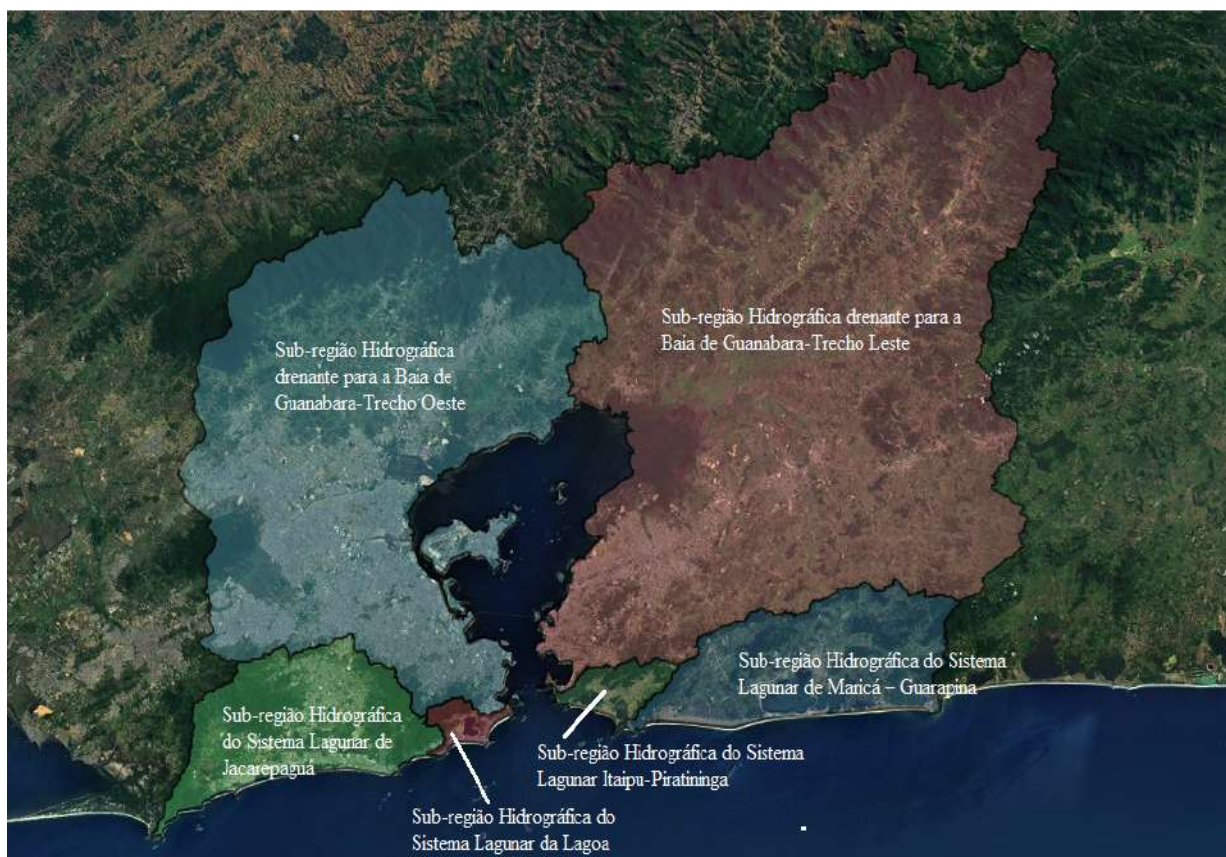
Fonte: Adaptado de THEOPRATIQUE, 2007b; DEPARTAMENTO DE RECURSOS MINERAIS – RIO DE JANEIRO, 2011a; 2011b.

ANEXO A – Compartimentação do Estado do Rio de Janeiro em Regiões Hidrográficas



Fonte: INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE, 2013.

ANEXO B – Compartimentação da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara e dos Sistemas Lagunares de Maricá e Jacarepaguá



Fonte: Adaptado de COMITÊ DE BACIA DA BAÍA DE GUANABARA, 2013.

ANEXO C – Classificação das águas doces segundo a Resolução CONAMA nº 357 de 2005

[...]

Art. 4o

As águas doces são classificadas em:

I - classe especial: águas destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e,
- c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

II - classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e quesejam ingeridas cruas sem remoção de película; e
- e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

III - classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com osquais o público possa vir a ter contato direto; e
- e) à aqüicultura e à atividade de pesca.

IV - classe 3: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
- b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- c) à pesca amadora;
- d) à recreação de contato secundário; e
- e) à dessedentação de animais.

V - classe 4: águas que podem ser destinadas:

- a) à navegação; e
- b) à harmonia paisagística (CONAMA, 2005).