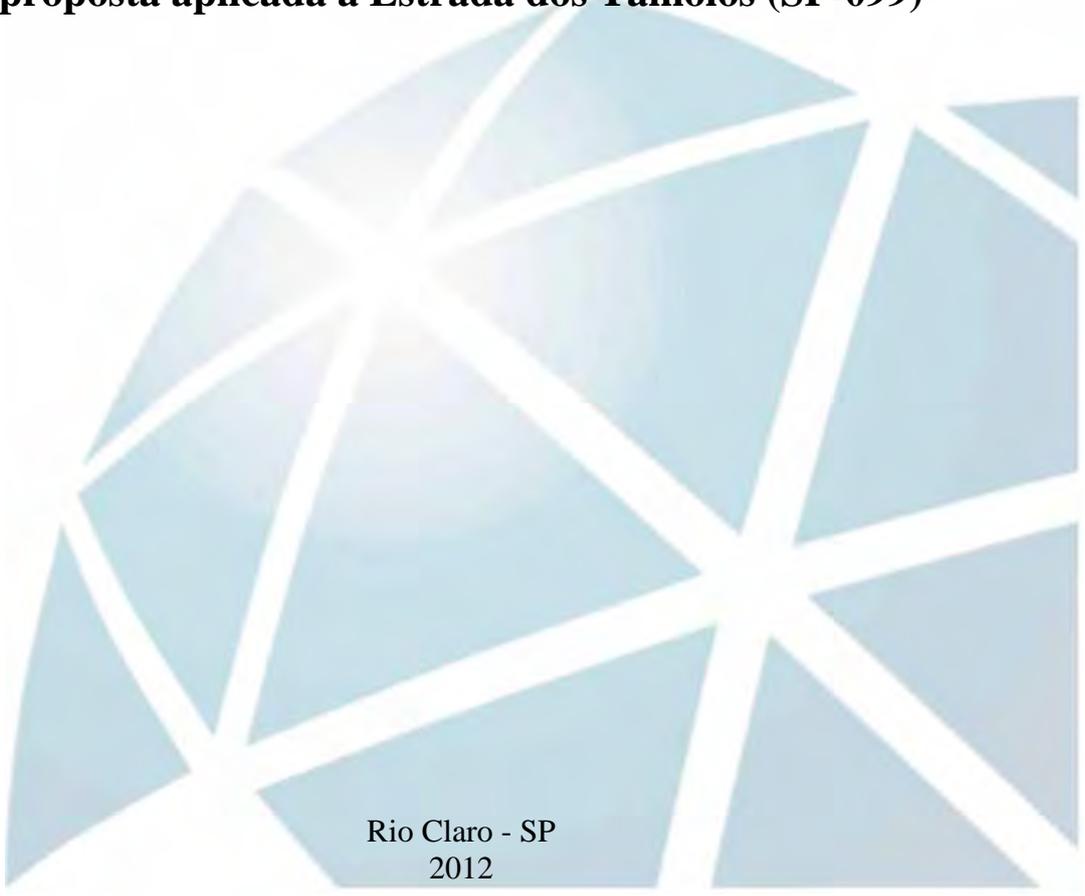


PATRICK THOMAZ DE AQUINO MARTINS

**CARTA DE SENSIBILIDADE AMBIENTAL PARA
DERRAMAMENTOS DE ÓLEO EM RODOVIAS:
proposta aplicada a Estrada dos Tamoios (SP-099)**



Rio Claro - SP
2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Campus de Rio Claro

PATRICK THOMAZ DE AQUINO MARTINS

**CARTA DE SENSIBILIDADE AMBIENTAL PARA
DERRAMAMENTOS DE ÓLEO EM RODOVIAS:
proposta aplicada a Estrada dos Tamoios (SP-099)**

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do *Campus* de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Geociências e Meio Ambiente.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Paulina Setti Riedel
Co-Orientador: Prof. Dr. João Carlos Carvalho Milanelli

Rio Claro - SP
2012

550 Martins, Patrick Thomaz de Aquino
M386c Carta de sensibilidade ambiental para derramamentos de óleo em
rodovias: proposta aplicada a Estrada dos Tamoios (SP-099) / Patrick
Thomaz de Aquino Martins. - Rio Claro : [s.n.], 2012
172 f. : il., figs., gráfs., tabs., quadros, fots., mapas

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de
Geociências e Ciências Exatas
Orientador: Paulina Setti Riedel
Co-Orientador: João Carlos Carvalho Milanelli

1. Geologia ambiental. 2. Meio ambiente. 3. Carta SAO. 4. Petróleo.
5. Geotecnologia. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP

PATRICK THOMAZ DE AQUINO MARTINS

**CARTA DE SENSIBILIDADE AMBIENTAL PARA
DERRAMAMENTOS DE ÓLEO EM RODOVIAS:
proposta aplicada a Estrada dos Tamoios (SP-099)**

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do *Campus* de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Geociências e Meio Ambiente.

Comissão Examinadora

Prof^ª. Dr^ª. Paulina Setti Riedel (Orientadora)
IGCE/UNESP/Rio Claro (SP)

Prof^ª. Dr^ª. Cenira Maria Lupinacci da Cunha
IGCE/UNESP/Rio Claro (SP)

Prof. Dr. José Eduardo Zaine
IGCE/UNESP/Rio Claro (SP)

Prof. Dr. Eduardo Ayres Yassuda
Applied Science Consultoria/São Paulo (SP)

Prof^ª. Dr^ª. Cristina Maria Bentz
PETROBRAS/Rio de Janeiro (RJ)

Rio Claro, 31 de maio de 2012.

À Letícia, Isadora & Suely, dedico.

AGRADECIMENTOS

À Prof^a. Dr^a. Paulina Setti Riedel, por ter aceitado me orientar e ter sido paciente comigo.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente da UNESP, pela oportunidade de desenvolver o presente estudo.

Ao PRH-05 (Convênio UNESP/ANP/Petrobras/MCT/FINEP), pela bolsa concedida, bem como a disponibilidade de recursos à execução da tese.

À Rosângela Vacello, pela ajuda de quase todos os dias nestes quatro anos de doutorado.

À Edelvira Pereira da Silva, pela compreensão e apoio no início desta jornada.

Ao Dr. João Carlos Carvalho Milanelli, pela co-orientação indispensável à execução da tese.

À Elizandra Gomig, pelo companheirismo constante e ajuda em diversas etapas da tese, tornando tudo mais fácil.

Ao José Maria Cazonato, pela constante pronta-ajuda nos trâmites do PRH.

Ao Prof. Ricardo Sturaro e ao Ornitólogo Cesar Cestari, pelas indispensáveis consultorias.

Ao Alan, pelas instruções nos procedimentos laboratoriais.

À Comissão Examinadora, pelas pertinentes críticas e sugestões.

À Alessandra, Heros e Rodrigo, pelo acolhimento e companheirismo nas nossas mini-repúblicas.

Às Reqs. M.O.B. e Degusta que me acolheram e me fizeram ter mais dois lares.

Aos colegas Frederico Gradella, Mateus Vidotti e Fabiano Pupim, pelo apoio e parceria.

Ao Grupo de Sensibilidade Ambiental a Derrames de Óleo, em particular ao Rafael Riani e à Ágata Romero, pelas constantes trocas de informações/conhecimentos indispensáveis.

Ao Arthur Wieczorek, pelo auxílio nas solicitações do PRH-05.

À Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, na pessoa da Diretora do Centro de Integração e Gerenciamento de Informações, Aline Salim, pela cessão das imagens de sensoriamento utilizadas na tese.

Ao Instituto Florestal de São Paulo, na pessoa do Chefe da Seção de Manejo e Inventário Florestal, Divisão de Dasonomia, Ciro Koiti Matsukuma.

Ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, na pessoa do Coordenador do Núcleo de Geoprocessamento e Monitoramento Ambiental, IBAMA/SP, Claudio Dupas, pelas dicas e auxílios.

À Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, CETESB.

Ao Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo, DER.

Aos colegas dos Programas de Pós-Graduação em Geociências da UNESP, em especial a Simone, Denise Cazé, Tito, Leonardo, Paulo, Homero, Débora(s), César, Cássio, Thiago, Dennin, Bia, Humberto, Daiana, Sidney, Fanny, Igor, Leiliane, Juliano, Zé Ricardo, Adriano, Carol e Vanessão, pela amizade, vivência da rotina do dia-a-dia na sala de estudos da Pós e ~~churrascos~~ confraternizações de defesa.

Aos colegas bolsistas do PRH-05, em especial à Pulga, Nádia, Miss PRH, Banana, Raquel e Smurf.

E por último, porém mais importante, às minhas filhas, Letícia e Isadora, e à minha mãe, Suely, que não sabem exatamente o que faço, mesmo assim suportaram ficar longe de mim nesses anos.

RESUMO

CARTA DE SENSIBILIDADE AMBIENTAL PARA DERRAMAMENTOS DE ÓLEO EM RODOVIAS: proposta aplicada a Rodovia dos Tamoios (SP-099)

Concebida como parte dos planos individuais de emergência em caso de acidentes envolvendo derramamento de óleo, a Carta de Sensibilidade Ambiental para Derrames de Óleo (Carta SAO) constitui elemento norteador ao planejamento de ações de contingência. Por não possuir uma metodologia ao mapeamento da sensibilidade, os espaços ambientais adjacentes às rodovias se destacam como importantes áreas piloto para estudos de sensibilidade a derrames de óleo em ambientes terrestres, uma vez que a rodovia é um dos modais mais utilizados atualmente para o transporte de derivados de petróleo. Neste contexto, o presente estudo tem como objetivo propor uma metodologia para a elaboração de uma carta de sensibilidade ambiental a derrames de óleo nos espaços adjacentes às rodovias, apoiada em soluções geotecnológicas, aplicando a cinco áreas piloto, localizadas na Estrada dos Tamoios (SP-099). Foram utilizadas técnicas de fotointerpretação e geoprocessamento (compartimentação fisiográfica, modelo digital do terreno, geoestatística e mapeamento da cobertura vegetal e uso do solo), saídas de campo (ajustes nos produtos cartográficos e levantamento socioeconômico) e pesquisas bibliográficas (compilação de espécies faunísticas). Três elementos foram adotados para a composição das Cartas SAO: índices de sensibilidade, recursos faunísticos e mosaico socioeconômico. Baseado no sistema de Índice de Sensibilidade Ambiental (ISA) da *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), um sistema com dez classes foi composto, denominado Índice de Sensibilidade Terrestre (IST), observando as seguintes variáveis: declividade, textura e profundidade do perfil de alteração, profundidade do nível d'água (NA) e permeabilidade relativa. Nas Cartas SAO, foi adicionado o mapeamento da cobertura da terra e da sensibilidade ambiental ao óleo dos ambientes fluviais presentes nas áreas piloto. Foram identificadas cerca de 600 espécies faunísticas, pertencentes a seis grupos (Invertebrados Terrestre, Mamíferos, Répteis, Anfíbios, Aves e Peixes). O mosaico socioeconômico identificado é caracterizado por grupos recreacionais, área sob gestão especial, uso e extração de recursos naturais, transporte e tipo de ocupação. No geral, a rodovia é caracterizada por IST de classe intermediária, não contendo classes de nível 9 e 10. Os segmentos mais sensíveis estão localizadas nas áreas piloto 1, 3 e 5, e estão relacionados ao meio físico, à sensibilidade fluvial e à diversidade biológica, respectivamente. A metodologia de mapeamento da sensibilidade ambiental ao óleo aplicada ao modal rodoviário apresentou adequação satisfatória, podendo ser replicado a qualquer ambiente em que o derramamento atinja inicialmente a superfície do solo. Buscando o aprimoramento da metodologia aqui proposta, são esperadas modificações a partir da constatação de inconsistências no seu emprego, em outras situações de mapeamento ou reais de acidentes envolvendo derrame de óleo.

Palavras-chave: Carta SAO, petróleo, geotecnologia.

ABSTRACT

ENVIRONMENTAL SENSITIVITY MAPPING FOR OIL SPILLS IN HIGHWAYS: proposal applied to the Tamoios Highway (SP-099)

Designed as part of individual emergency plans in case of accidents involving oil spills, the Environmental Sensitivity Map for Oil Spills is a key element to guide contingency planning. Because there is no sensitivity mapping method, the environmental spaces adjacent to the road are important as pilot areas for studies of oil spills in terrestrial environments, since the highway is one of the most widely used modes for carrying petroleum products. In this context, the objective of the present study was to propose a methodology for preparing an environmental sensitivity map for oil spills in areas adjacent to highways, supported by geotechnological solutions, applied in five pilot areas, located on the Tamoios Highway (SP-099). The following were used: photointerpretation and GIS techniques (physiographic subdivision, digital terrain model, geostatistics, and mapping of land cover and land use), field trips (adjustments in social and economic survey and cartographic products) and bibliographic (compilation of animal species). Three elements were adopted for the composition of the Environmental Sensitivity Map for Oil Spills: sensitivity index, wildlife resources and social and economic mosaic. Based on the Environmental Sensitivity Index (ESI) of the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), a ten-class system was elaborated, called the Terrestrial Sensitivity Index (STI), with the following variables: slope, soil texture and depth, water level depth (WLD) and relative permeability. In the Environmental Sensitivity Map for Oil Spills, mapping was added of the land cover and environmental sensitivity to oil of river environments present in the pilot areas. We identified about 600 animal species, belonging to six groups (Terrestrial Invertebrates, Mammals, Reptiles, Amphibians, Birds and Fish). The social and economic mosaic identified was characterized by recreational groups, area under special management, use and natural resource extraction, transportation and occupation. In general, the road is characterized by STI intermediate class, not containing classes level 9 and 10. The most sensitive segments are located in the pilot areas 1, 3 and 5, and are related to the physical environment, the sensitivity of fluvial and biological diversity, respectively. The method of mapping environmental sensitivity to oil applied to roads showed satisfactory suitability and can be replicated to any environment where spilling reaches the ground surface first. Seeking to improve the methodology proposed here, changes are expected from finding inconsistencies in its use in other mapping situations or actual accidents involving oil spills.

Keywords: Environmental Sensitivity Map to Oil Spills, oil, geotechnologies

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Evolução das reservas provadas de petróleo (A), da produção de petróleo (B), da produção de derivados de petróleo (C) e das vendas dos principais derivados de petróleo no Brasil.....	18
Figura 2 – Infraestrutura de produção e distribuição de petróleo e derivado no Brasil 2010. .	19
Figura 3 – Logística esquemática da rede de distribuição de petróleo e derivados no Brasil. .	20
Figura 4 – Alguns dos efeitos da toxicidade dos derivados do petróleo.	25
Figura 5 – Desenho esquemático da mineralização do óleo pelo microorganismo.....	28
Figura 6 – Generalização das formas de percolação do óleo, conforme o tipo do solo.	30
Figura 7 – Dinâmica para derrame de pequeno volume de LNAPL.	31
Figura 8 – Modificações na dinâmica de infiltração do LNAPL devido a camadas de baixa permeabilidade.....	32
Figura 9 – Modelo conceitual simplificado para distribuição e migração de NAPL.	32
Figura 10 – Dinâmica para derrame de pequeno volume de DNAPL.....	33
Figura 11 – Diferentes cenários de migração do óleo no solo.....	34
Figura 12 – Modelo de migração do óleo em sistema rochoso fraturado.....	35
Figura 13 – Exemplos de representação de Cartas SAO em diferentes lugares do mundo.....	39
Figura 14 – Representação cartográfica do RoSI aplicado à BR 406 (RN). Vermelho = Alta Sensibilidade Ambiental; Amarelo = Sensibilidade Ambiental Moderada; Verde = Baixa Sensibilidade Ambiental.....	45
Figura 15 – Tabela demonstrativa da definição do RoSI parcial. Vermelho = alto; Amarelo = moderado; Verde = baixo.	46
Figura 16 – Componentes de um SIG.	48
Figura 17 – Estrutura de dados em Cartas SAO.....	49
Figura 18 – Mapa de localização da área de estudo.	52
Figura 19 – IDH dos municípios da área de estudo.....	53
Figura 20 – Mapa geológico da área de estudo.	56
Figura 21 – Mapa geomorfológico da área de estudo.	59
Figura 22 – Modelados característicos nas diferentes unidades geomorfológicas presentes na área de estudos.....	60
Figura 23 – Mapa pedológico da área de estudo.	62

Figura 24 – Valores pluviiais e termométricos médios referentes aos municípios mais representativos da área de estudo.	63
Figura 25 – Exemplos de corpos d’água presentes na área de estudo.	65
Figura 26 – Mapa de remanescentes florestais da área de estudo.	68
Figura 27 – Exemplo de remanescentes de Floresta Ombrófila (diferentes subgrupos) presentes na UC do Parque Estadual da Serra do Mar.	69
Figura 28 – Cenário representativo de cobertura vegetal e uso da terra na área de estudo.	69
Figura 29 – Áreas piloto e área de influência (<i>buffer</i>) utilizadas na concepção e aplicação do método.	70
Figura 30 – Articulação das imagens SPOTMaps utilizadas como base cartográfica.	72
Figura 31 – Exemplo da carta topográfica vetorizada (A), do TIN (B), grade regular (C) e relevo sombreado gerados (D).	74
Figura 32 – Elementos presentes na diagramação da carta.	75
Figura 33 – Exemplo de zonas homólogas identificadas na área de estudo. Base: imagem SPOTMaps.	78
Figura 34 – Exemplo do mapa de declividade (B) gerado a partir do MDT (A) e produto resultante da operação zonal (C).	79
Figura 35 – Exemplo de drenagem identificada, kernel (A), classes geradas na área de estudo (B) e produto resultante da operação zonal (C).	81
Figura 36 – Distribuição geográfica das coletas realizadas no âmbito do projeto SinBiota. ...	83
Figura 37 – Ícones utilizados na representação das espécies faunísticas.	85
Figura 38 – Exemplo de trecho com interpretação da cobertura da terra.	87
Figura 39 – Ícones utilizados na representação de atividades econômicas.	88
Figura 40 – Segmentos ambientais identificados nas áreas piloto da Estrada dos Tamoios ...	92
Figura 41 – Valores de área, por área piloto (cima) e por segmento (baixo).	93
Figura 42 – Declividade e sensibilidade relativa correspondente em cada segmento da área piloto.	95
Figura 43 – Análise granulométrica das amostras do material do perfil de alteração.	99
Figura 44 – Textura do perfil de alteração e sensibilidade relativa correspondente em cada segmento da área piloto.	101
Figura 45 – Exemplos espessura do perfil de alteração encontrados na área de estudo.	102
Figura 46 – Espessura do perfil de alteração e sensibilidade relativa correspondente em cada segmento da área piloto.	103
Figura 47 – Profundidade do nível d’água em cada segmento da área piloto.	106

Figura 48 – Permeabilidade relativa e sensibilidade correspondente em cada segmento da área piloto.....	108
Figura 49 – Análise combinatória das classes das variáveis que compõem o IST.....	109
Figura 50 – Sensibilidade relativa atribuída a cada classe das variáveis elencadas à concepção do IST, análise gráfica e índice correspondente.	110
Figura 51 – Proporção da sensibilidade ambiental terrestre geral e em cada área piloto.....	112
Figura 52 – Distribuição espacial do IST nas áreas piloto.	113
Figura 53 – Quantitativo de espécies por grupo identificadas nas áreas piloto.....	114
Figura 54 – Espécies faunísticas registradas na área de estudos.	114
Figura 55 – Distribuição das espécies faunísticas identificadas nas áreas piloto.....	116
Figura 56 – Atividades econômicas predominantes nas áreas piloto A1, A2, A3 e A4.....	117
Figura 57 – Distribuição das atividades socioeconômicas identificadas nas áreas piloto.....	118
Figura 58 – Cobertura da terra identificada nas áreas piloto.....	123
Figura 59 – Índice de sensibilidade fluvial (A) e integração com Índice de Sensibilidade Terrestre (B).	124
Figura 60 – Quantitativo das classes de índice de sensibilidade fluvial presentes nas áreas A3 e A5.	125

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação da Sensibilidade Ambiental para dutos.	44
Tabela 2 – População nos municípios da área de influência direta da Estrada dos Tamoios...	53
Tabela 3 – Participação dos setores econômicos no PIB dos municípios da área de influência direta da Estrada dos Tamoios. Ano base: 2008. Valores em R\$ 1.000,00.....	54
Tabela 4 – Coordenadas e quilometragem de abrangência de cada área piloto.	71
Tabela 5 – Valores das concentrações de hidrocarbonetos líquidos residuais na zona não saturada.....	98

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Algumas propriedades que afetam o comportamento de óleos e derivados.....	29
Quadro 2 – Tipologia de ordem de grandeza, em função do volume de óleo derramado.....	41
Quadro 3 – Folhas utilizadas como suporte à base cartográfica.....	73
Quadro 4 – Propriedades do relevo utilizadas para a compartimentação fisiográfica.....	78
Quadro 5 – Elementos de interpretação visual de imagem e respectivos adjetivos comuns....	86
Quadro 6 – Índice de sensibilidade fluvial utilizado para mapeamento dos corpos d’água da área de estudo.	89
Quadro 7 – Caracterização fisiográfica dos segmentos ambientais definidos nas áreas piloto.	94
Quadro 8 – Coeficiente e grau de permeabilidade em função do tipo de textura do solo.....	97
Quadro 9 – Síntese da sensibilidade ambiental parcial e final atribuída para cada segmento.	111
Quadro 10 – Exemplo de ranqueamento do índice auxiliar.	121

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP	Área Prioritária à Proteção
ARPEL	Associação Regional das Companhias de Petróleo e Gás Natural na América Latina e no Caribe
BDG	Banco de Dados Geográficos
CAD	<i>Computer Aided Design</i> (Desenho Auxiliado por Computador)
Carta SAO	Cartas de Sensibilidade Ambiental para Derrames de Óleo
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CPLA	Coordenadoria de Planejamento Ambiental
DNAPL	Fase líquida não aquosa densa (<i>Dense non-aqueous phase liquid</i>)
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
GPS	<i>Global Positioning System</i> (Sistema de Posicionamento Global)
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano dos Municípios
ISA	Índice de Sensibilidade Ambiental
IST	Índice de Sensibilidade Ambiental Terrestre
LNAPL	Fase líquida não aquosa leve (<i>Light non-aqueous phase liquid</i>)
MARA	Mapeamento do Risco Ambiental
MDT	Modelo Digital de Terreno
MMA	Ministério do Meio Ambiente
N.A.	Nível d'água
NAPL	Fase líquida não aquosa (<i>Non-aqueous phase liquid</i>)

NOAA	<i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i>
RSI	<i>Reach Sensitivity Index</i> (Índice de Sensibilidade ao Alcance)
RoSI	<i>Road Sensitivity Index</i> (Índice de Sensibilidade Rodoviário)
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico Para As Américas.
USC	Universidade da Carolina do Sul (<i>University of South Carolina</i>)
TIN	<i>Triangulated Irregular Network</i> (Rede Triangular Irregular)
UTM	Universal Transversa de Mercator
WVI	<i>Watershed Vulnerability Index</i> (Índice de Sensibilidade de Bacias Hidrográficas)
ZS	Zonas de Sacrifício

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	16
1.1 PROBLEMÁTICA E JUSTIFICATIVA	16
1.2 HIPÓTESE	21
1.3 OBJETIVOS	21
1.3.1 Geral	21
1.3.1 Específicos	22
1.4 ESTRUTURA DA TESE	22
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	24
2.1 O ÓLEO E SUA DINÂMICA NO MEIO TERRESTRE	24
2.1.1 Tipos de óleo e suas características	24
2.1.2 Comportamento do óleo no solo e efeito sobre a biota terrestre	25
2.1.3 Migração no subsolo	28
2.2 CARTA DE SENSIBILIDADE AMBIENTAL AO ÓLEO	35
2.2.1 Origem e pressupostos	35
2.2.2 A Carta SAO Brasileira	39
2.2.3 Outros mapas de sensibilidade ambiental	42
2.2.4 As Geotecnologias e as Cartas SAO	47
3. ÁREA DE ESTUDO	51
3.1 LOCALIZAÇÃO E CONTEXTO	51
3.2 COMPOSIÇÃO SOCIOECONÔMICA DOS MUNICÍPIOS	53
3.3 CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL	55
3.3.1 Geologia	55
3.3.2 Geomorfologia	58
3.3.3 Pedologia	61
3.3.4 Clima	62
3.3.5 Hidrografia	64
3.3.6 Cobertura vegetal, unidades de conservação e uso da terra	67
4. MATERIAIS E MÉTODOS	70
4.1 RECORTE ESPACIAL	70
4.1.1 Área piloto	70
4.1.2 Base cartográfica	71
4.1.3 Elementos cartográficos	73
4.1.3.1 Escala	73
4.1.3.2 Diagramação	74
4.2 COMPONENTES DA CARTA SAO	75
4.2.1 Índice de Sensibilidade Ambiental Terrestre - IST	76
4.2.2 Recusos Biológicos	82
4.2.2.1 Fauna	82
4.2.2.2. Cobertura vegetal	86
4.2.3 Atividades Socioeconômicas	87
4.2.4 A sensibilidade fluvial	89
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	91
5.1 SENSIBILIDADES RELATIVAS	91

5.1.1 Segmentos ambientais	91
5.1.2 Declividade	91
5.1.3 Textura do material do perfil de alteração	97
5.1.4 Espessura do perfil de alteração	100
5.1.5 Profundidade do nível d'água	104
5.1.6 Densidade de drenagem	107
5.2 ÍNDICE DE SENSIBILIDADE TERRESTRES	109
5.2.1 Ranqueamento por análise gráfica	109
5.3 CARTA SAO DA ESTRADA DOS TAMOIOS	112
5.3.1 Sensibilidade ambiental	112
5.3.2 Recursos biológicos	112
5.3.3 Atividades socioeconômicas	117
5.3.4 Cobertura da terra	119
5.3.5 Índices adjacentes, integração e equivalência	122
5.3.6 Replicabilidade e áreas de proteção	126
6. CONCLUSÃO	128
REFERÊNCIAS	130
APÊNDICES	147
A - CARTA DE SENSIBILIDADE AMBIENTAL	147
Aa - Alternativa à representação cartográfica da cobertura da terra	153
B - QUADROS DESCRITIVOS DE RECURSOS VISUAIS	154
C - LISTA DE ESPÉCIES FAUNÍSTICA	157
C.1 GRUPO MAMÍFEROS	157
C.2 GRUPO RÉPTEIS	160
C.3 GRUPO ANFÍBIOS	161
C.4 GRUPO INVERTEBRADOS	164
C.5 GRUPO AVES	164
C.6 GRUPO PEIXES	170

1. INTRODUÇÃO

1.1 PROBLEMÁTICA E JUSTIFICATIVA

O petróleo é uma das principais fontes de energia do mundo. Mesmo com as estimativas de aumento da sua demanda (EIA, 2007), seguramente permanecerá ocupando esse status por um tempo indeterminado, uma vez que novas reservas são descobertas a cada ano (ANP, 2011).

A diferenciada distribuição geográfica das reservas petrolíferas, ou pelo menos das conhecidas atualmente, exige uma ágil e eficiente logística de transporte do óleo¹ dos campos de produção às refinarias, petroquímicas, bases de processamento em geral e ao consumidor final.

Apesar do domínio de avançadas técnicas de transporte de petróleo e seus derivados nos modais atualmente utilizados (dutoviário, ferroviário, marítimo e rodoviário), as condições adversas (humanas, ambientais e de materiais) enfrentadas por nesse transporte possibilitam a ocorrência de acidentes. Nestes casos, são necessários planos de emergência que minimizem o potencial poluidor do episódio no menor espaço de tempo possível.

Para que isso seja possível tornam-se imperativos a definição dos responsáveis pelas ações, a disponibilidade dos recursos para combater o vazamento e o estabelecimento de áreas prioritárias à proteção (WIECZOREK, 2006). Nesse sentido, um grupo de pesquisadores estadunidenses estabeleceu, após o estudo do comportamento do óleo em três grandes vazamentos ocorrido durante a década de 1970 (MICHEL et al., 1978), um índice de sensibilidade ambiental (ISA) mapeável o qual, associado à identificação dos recursos faunísticos e atividades socioeconômicas presentes geograficamente dentro da área do ISA, vem sendo constantemente atualizado pela *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), e foi adaptada ao Brasil pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), normatizando a sua elaboração e reconhecendo-o como Cartas de Sensibilidade Ambiental para Derrames de Óleo, ou simplesmente Cartas SAO² (MMA, 2004).

Sendo o transporte marítimo o modal mais utilizado no mundo, sobretudo na condução do óleo entre grandes distâncias (O'ROURKE; CONNOLLY, 2003), e o que causa derramamentos de maior proporção, é plausível a escolha do mar e da zona costeira como

¹ Quando citado no corrente estudo refere-se ao petróleo cru e todos os seus derivados.

² Termo utilizado no presente estudo como todo e qualquer mapeamento de índices de sensibilidade ambiental ao óleo.

primeiros espaços ao estabelecimento de Cartas SAO. Ainda que constituam importante elemento norteador para o planejamento de ações em derrames de óleo, abarcando desde avaliações de danos ambientais até os planos de contingência, independente da dimensão dos mesmos, as Cartas SAO, amplamente utilizadas, são direcionadas exclusivamente as áreas costeiras e marítimas, desamparando desta forma qualquer outro ambiente que possa vir a receber o óleo.

A resultante desse favorecimento é refletida na consolidação de metodologias voltadas à elaboração de mapas de sensibilidade a derrames de óleo nesses ambientes, enquanto que as direcionadas às áreas terrestres se tornaram incipientes.

Paradoxalmente, é provável que a frequência de ocorrências dos acidentes envolvendo pequenos volumes de óleo superem, em quantidade de óleo total, aquelas provenientes de grandes derramamentos (EPSTEIN; SELBER, 2002 *apud* O'ROURKE; CONNOLLY, 2003). Isso seria possível devido à alta frequência dos pequenos acidentes, que por vezes nem entram em estatísticas oficiais, diferentes dos grandes desastres, os quais rendem maciça divulgação pelos meios de comunicação, inclusive em publicações científicas.

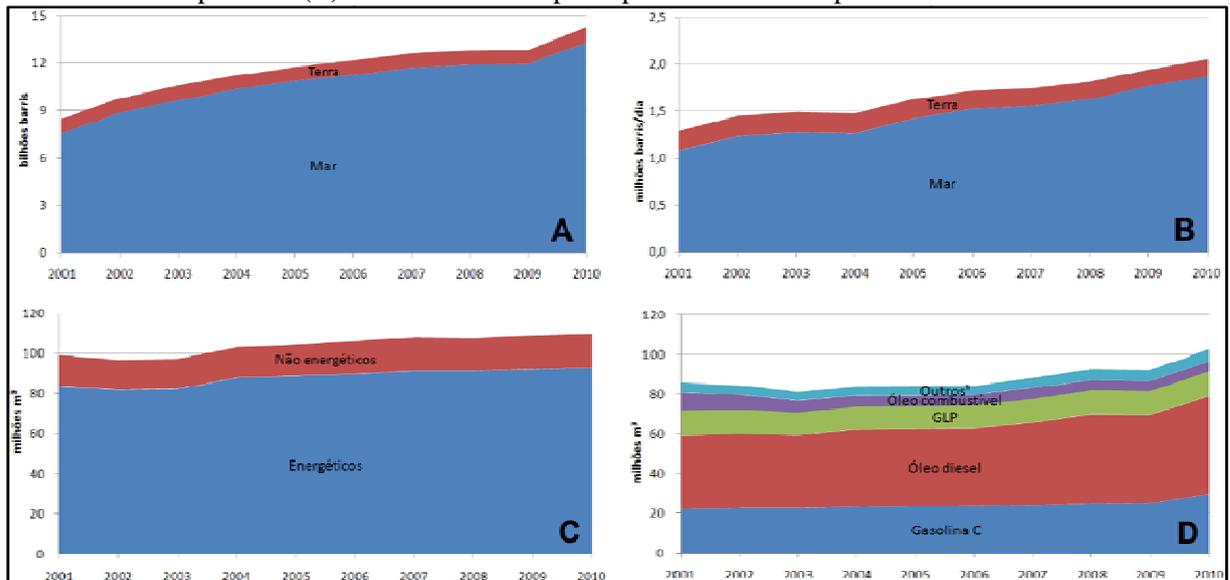
Tomando como referência os acidentes ambientais envolvendo produtos perigosos no Estado de São Paulo, os quais incluem líquidos e sólidos inflamáveis, gases, explosivos, corrosivos, dentre outros, no período de 31 anos (1978-2009), tem-se que a maior parte destes, pouco mais de 40%, ocorreu a partir do transporte rodoviário, oito vezes mais que os procedentes de transporte marítimo e quinze vezes mais que os de transporte de duto (CETESB, 2009).

Em escala nacional, verifica-se a repetição desse cenário, uma vez que foi nas rodovias onde aconteceu o maior número de acidentes ambientais, média de aproximadamente 34% por ano, registrado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) no período de 2006 a 2009, sendo os combustíveis e derivados de petróleo os tipos com maior quantidade de registro (IBAMA, 2008; 2009; 2010).

A constatação da emergência de se estabelecer métodos para aferir e mapear a sensibilidade ambiental a derrames de óleo nos mais variados ambientes fez surgir, ainda que de forma modesta, algumas propostas envolvendo ambientes diferentes daqueles compreendidos pelas Cartas SAO, como por exemplo, o Índice de Sensibilidade ao Alcance (RSI) para mapeamento de rios e córregos (HAYES et al., 1997), a análise de Risco Ambiental de Dutos - MARA (MENDES et al., 2005) e a aplicação de índices de sensibilidade em postos de combustíveis (SANTOS, 2008).

Assim como acontece em escala mundial, no Brasil as maiores reservas e a extração do óleo ocorrem distantes do setor produtivo. Cerca de 90% está localizado e é retirado de ambientes marinhos (Figura 1A e B) (ANP, 2011). Tomando somente as refinarias como exemplo, constata-se que, das 15 em atividade no país no ano de 2010, sete estavam localizadas fora da zona costeira (Figura 2).

Figura 1 – Evolução das reservas provadas de petróleo (A), da produção de petróleo (B), da produção de derivados de petróleo (C) e das vendas dos principais derivados de petróleo no Brasil.



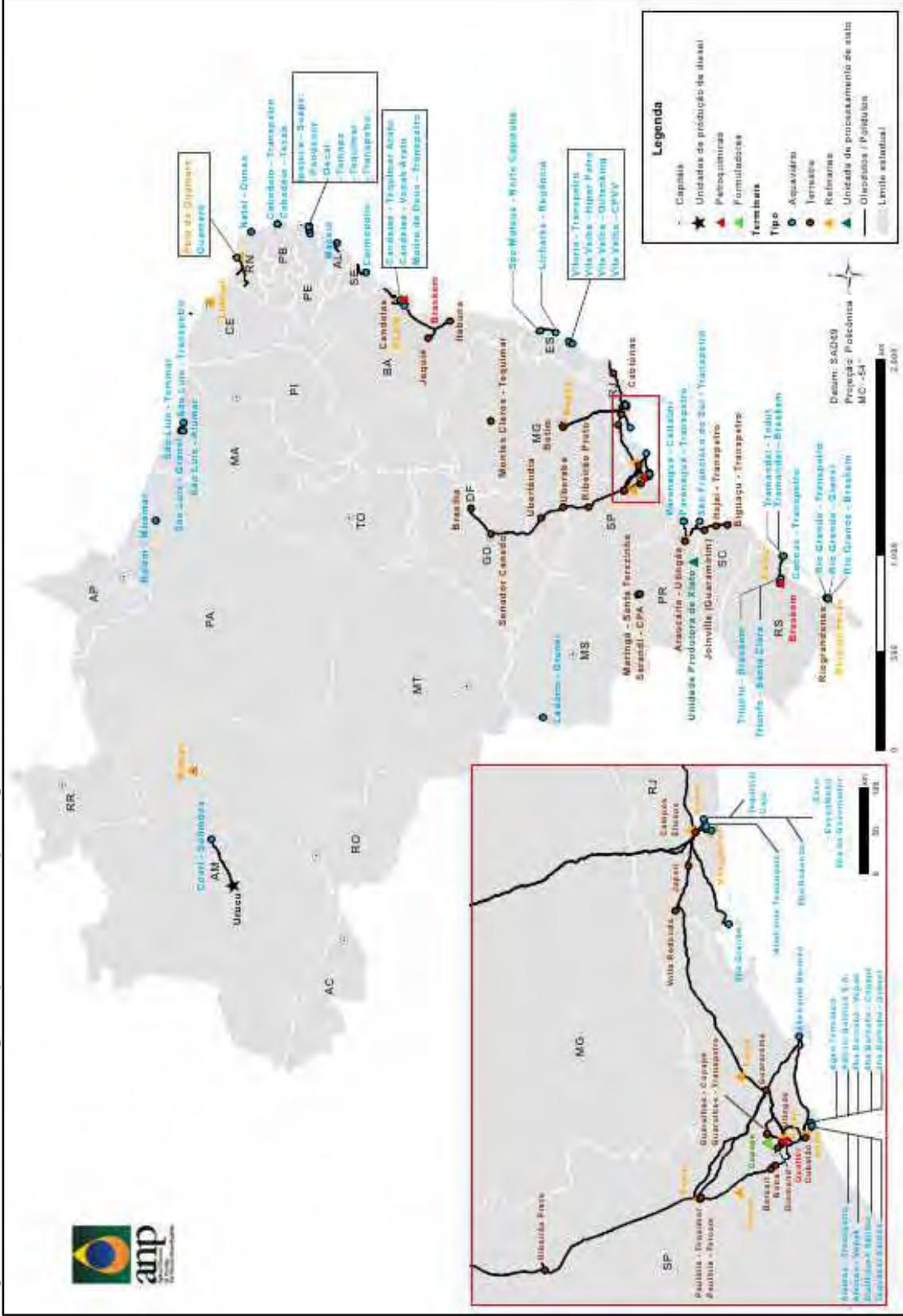
Fonte: ANP (2011).

De modo geral, o óleo é importado ou extraído dos campos de produção em território nacional, marinho ou terrestre, e conduzido às refinarias, de onde é processado e distribuído a centros consumidores e terminais marítimos.

Com uma malha dutoviária ainda muito incipiente (Figura 2), os modais rodoviário e ferroviário constituem os tipos de transporte mais utilizados na distribuição do petróleo pelo território nacional. Dos modais utilizados nessa logística, a rodovia (caminhão-tanque) tem participação em várias etapas (Figura 3), sendo, em muitas frentes, a única utilizada. Alguns derivados, como por exemplo, o Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), possuem como via exclusiva de transporte a rodovia (SOARES, 2003).

O aumento paulatino das reservas provadas de petróleo (Figura 1) somadas às recentes descobertas de petróleo em território nacional, com destaque as encontradas na Bacia de Santos (AGÊNCIA PETROBRAS DE NOTÍCIAS, 2006; 2007a; 2007b), corroboram o crescimento da produção petrolífera brasileira e mundial para os próximos anos e incitam à reflexão sobre os desafios de transporte do óleo.

Figura 2 – Infraestrutura de produção e distribuição de petróleo e derivado no Brasil 2010.

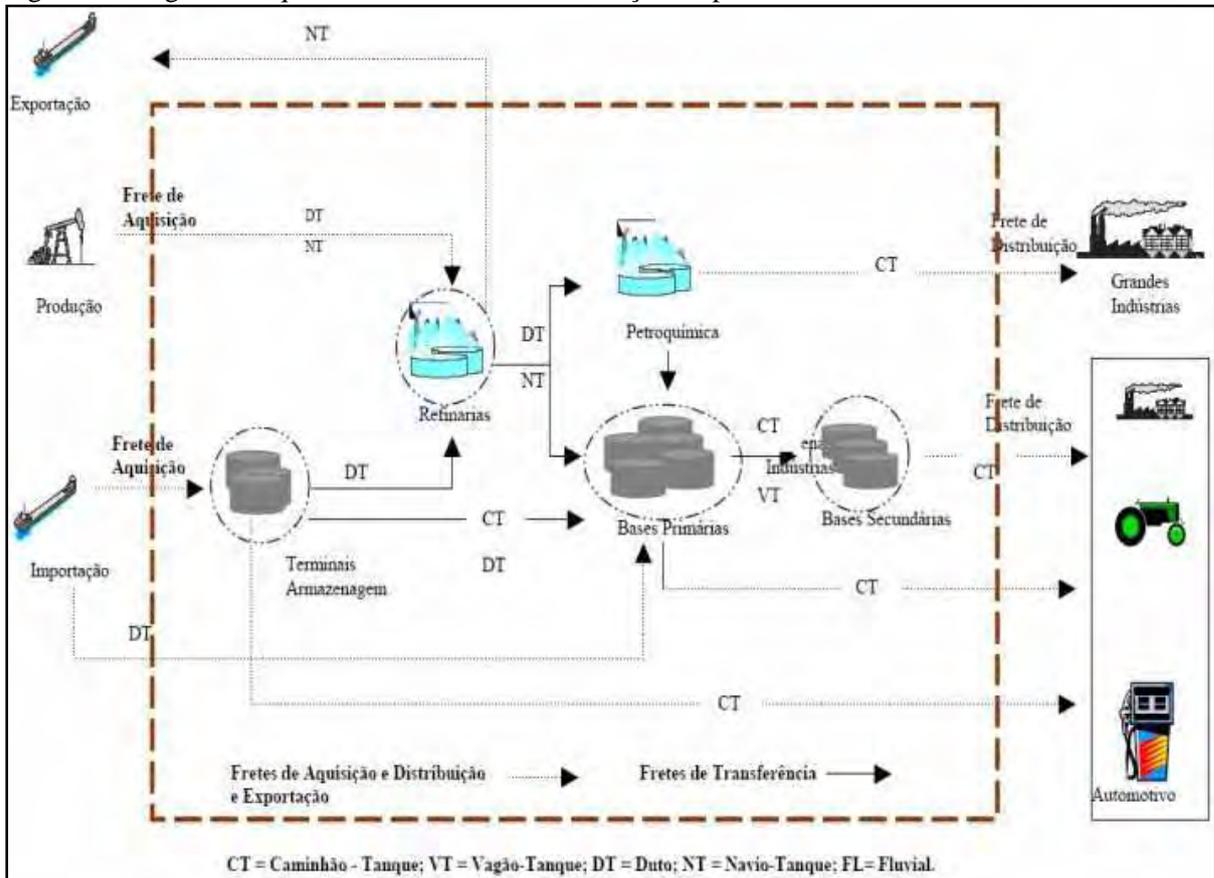


Fonte: ANP (2011).

A rodovia desponta nesse contexto como a mais provável via a ser utilizada nas próximas décadas para o transporte de petróleo e derivados no Brasil, por já ser densamente utilizada para esse fim, possuir uma rede que cobre boa parte do território nacional e pelo *know-how* nesse tipo de modal.

Com cerca de 69% das rodovias brasileiras com qualidade variando de ruim a péssima, de acordo com o estado geral, que é formado pela combinação das características do pavimento, da sinalização e geometria da via e da presença de pontos críticos (CNT, 2009), a probabilidade de ocorrência de acidentes envolvendo o transporte de petróleo e derivados é significativa.

Figura 3 – Logística esquemática da rede de distribuição de petróleo e derivados no Brasil.



Fonte: Soares (2003).

Os espaços ambientais adjacentes a esse modal acendem, concomitantemente, como importantes áreas para estudos piloto de sensibilidade a derrame de óleo, com critérios integrados envolvendo a avaliação dos parâmetros do meio físico, biológicos e socioeconômicos, a sensibilidade dos ecossistemas naturais e antrópicos, e a discussão de índices a serem aplicados às áreas terrestres e integração com índices de águas interiores, já

que diferentes ambientes a margeiam, estando estes inevitavelmente propícios a impactos desse tipo.

1.2 HIPÓTESE

A formulação da hipótese levou em consideração as seguintes premissas:

- A rodovia é um dos principais modais empregado no transporte de derivados de petróleo no mundo, sendo o mais utilizado no Brasil;
- No âmbito rodoviário acontecem, diariamente, episódios onde há o derramamento de óleo, impactando os ambientes contíguos;
- Os planos de emergência individuais (PEIs) para derramamento de óleo não contemplam a sensibilidade ambiental dos ambientes terrestres;
- As Cartas SAO mais amplamente utilizadas desconhecem a sensibilidade terrestre, relegando estes ambientes de informações essenciais a ações adequadas de combate;
- O conhecimento dos meios físico, biológico e socioeconômico auxiliam nas ações de contingência, limpeza e recuperação em casos de derramamento de óleo em ambientes terrestres.

Baseada nestas premissas, a **hipótese** de trabalho aqui defendida é a seguinte:

Os ambientes terrestres adjacentes ao modal rodoviário são viáveis ao mapeamento quanto a sua sensibilidade ambiental a derramamentos de óleo, a partir da aplicação de uma proposição metodologia adequada para tal.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Geral

Desenvolver uma metodologia, baseada no sistema NOAA/MMA, para a criação de uma carta de sensibilidade ambiental a derrames de óleo nos espaços adjacentes às rodovias, apoiada em soluções geotecnológicas, aplicanda à Estrada dos Tamoios (SP-099).

1.3.1 Específicos

- Analisar criticamente as metodologias de mapeamento da sensibilidade ambiental a derramamento de óleo e sua aplicabilidade em rodovias;
- Propor uma metodologia ao mapeamento da sensibilidade ambiental ao óleo aplicável a ambientes terrestres;
- Identificar a sensibilidade ambiental de trechos da Estrada dos Tamoios (SP-099), por meio do mapeamento e caracterização dos ambientes adjacentes à rodovia, seus recursos físicos, biológicos e composição socioeconômica;
- Discutir a replicabilidade do método para outros sistemas lineares terrestres (ferrovias e dutovias).

1.4 ESTRUTURA DA TESE

O presente estudo está estruturado em oito seções, conforme segue:

A primeira seção traz a **introdução**, abordando as considerações justificativas, objetivos e hipótese que dão sustentação à tese. Intitulada “Carta de Sensibilidade Ambiental ao Óleo”, a seção 2 corresponde à **revisão bibliográfica** acerca da temática objeto do estudo, discutindo as metodologias existentes, sua origem, evolução e situação atual, sempre buscando, mesmo que teoricamente, apresentar conteúdo potencialmente aplicável em áreas rodoviárias.

A **área de estudo** é apresentada na seção 3. Nesse capítulo é realizada uma caracterização geral e sucinta referente à localização da área de estudo, bem como da conjuntura socioeconômica e condicionantes do meio físico no entorno da mesma.

Na seção 4 são descritos os **materiais e métodos**, baseados fundamentalmente na descrição das etapas e técnicas utilizadas à comprovação da tese/hipótese. Já na seção próxima, **resultados e discussão**, estão apresentados, analisados, interpretados e aplicados os dados à sistematização da proposta metodológica.

A última seção textual aponta a **conclusão**, confirmando a hipótese levantada, tecendo as últimas considerações sobre a tese e recomendando sugestões a estudos futuros. Complementa a tese as seções **referências bibliográficas**, onde são listadas as referências citadas na tese, e os **apêndices**, seção que disponibiliza fichas, formulários e demais documentos elaborados e utilizados durante a realização da tese, com destaque aos *quadros descritivos de recursos visuais*, onde são apresentados, dentre outros, registros fotográficos,

índice de sensibilidade e código na Carta SAO de exemplos dos ambientes encontrados nas adjacências da rodovia em estudo, e a *lista de espécies faunística* presentes na área de estudo, com a informação da fonte da informação, grupo taxonômico, símbolo utilizado na carta, etc.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O ÓLEO E SUA DINÂMICA NO MEIO TERRESTRE

2.1.1 Tipos de óleo e suas características

O petróleo é uma mistura natural complexa formada predominantemente por hidrocarbonetos (compostos químicos constituídos exclusivamente por hidrogênio e carbono) na fase gasosa, sólida ou líquida (SPE, 2005).

Os derivados do petróleo são obtidos a partir do processo de refino. O refino é a separação física, térmica e química do petróleo em suas frações de destilação principais que são tratadas posteriormente através de uma série de separações e as etapas de conversão em produtos petrolíferos acabados (USEPA, 1995).

Os produtos primários obtidos a partir do refino do petróleo se enquadram em três categorias principais: combustíveis (gasolina, diesel e óleo combustível destilado, gás liquefeito de petróleo, querosene de aviação, óleo combustível residual, querosene e coque); produtos acabados não combustíveis (solventes, óleos lubrificantes, graxas, parafinas, vaselina, asfalto e coque), e matérias-primas da indústria química (nafta, etano, propano, butano, etileno-propileno, butilenos, butadieno, benzeno, tolueno e xileno) (USEPA, 1995).

Mesmo com a diversidade de produtos derivados do petróleo, a gasolina e o diesel são responsáveis por cerca de 50% da demanda mundial (EIA, 2007) e, conseqüentemente, da produção. No Brasil, esse fato pode ser observado nas vendas dos principais derivados de petróleo (Figura 1D).

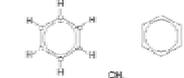
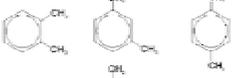
A gasolina é uma mistura complexa de hidrocarbonetos hidrofóbicos relativamente voláteis e se diferencia do diesel principalmente pelo tamanho da cadeia, pelo número de carbonos existentes na estrutura, pelo peso molecular, pela pressão de vapor e pela maior quantidade de hidrocarbonetos aromáticos/BTEX (FERREIRA; ZUQUETTE, 1998).

O BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno) acaba sendo o composto de maior importância ambiental da gasolina (FINOTTI; CAICEDO, 2001). Esta importância é justificada, sobretudo, devido a sua toxicidade humana, como pode ser observado na Figura 4.

Os compostos mais importantes do diesel estão na classe dos aromáticos polinucleados, como naftalenos e o benzeno(a)pireno, por apresentarem maior mobilidade e por terem sido encontradas evidências de ser carcinogênico, respectivamente (FINOTTI; CAICEDO, 2001).

Além dos compostos comuns aos produtos refinados, alguns compostos são adicionados aos derivados do petróleo. Essa adição resulta na modificação de algumas características do produto

Figura 4 – Alguns dos efeitos da toxicidade dos derivados do petróleo.

QUÍMICO	SÍMBOLO	TOXICIDADE HUMANA
Benzeno		Provável carcinogênico (agente causador do câncer, depressão do sistema nervoso central (SNC), arritmia cardíaca.
Xileno		Dor abdominal, vômitos, efeitos sobre o SNC, danos ao coração e fígado, danos a medula óssea.
Tolueno		Mutagênico (causa mutações), depressão do SNC, irritações respiratórias, danos ao fígado e rins.
Etilbenzeno		Narcorese, efeitos no SNC, Irritação na pele e nos olhos.
Naftaleno		Dor abdominal, icterícia, insuficiência renal, neurite óptica e lesões na córnea.
PHAs (polihidroxialcanoatos)		Classe geral com diferentes graus de toxicidade, vários dos que são potencialmente cancerígenos.
Metais	Cádmio, crômio, chumbo, arsênico	Diferentes graus de toxicidade. O arsênico é uma substância cancerígena e tem efeitos reprodutivos. O chumbo pode causar doenças renais, desnutrição e fraqueza.

Fonte: DEP/DPEP (2011).

Na gasolina é frequentemente acrescentado o MTBE (metil-terc-butil éter) ou o etanol, cuja função é melhorar a octanagem e diminuir a emissão de monóxido de carbono. O MTBE, por exemplo, apesar de não apresentar alta toxicidade, não é degradado nem biodegradado, tendendo a permanecer no meio por várias décadas (FINOTTI; CAICEDO, 2001).

2.1.2 Comportamento do óleo no solo e efeito sobre a biota terrestre

Em um evento de derramamento de óleo no meio terrestre, há uma diversidade de ambientes que o óleo pode atingir. O comportamento do óleo depende, em primeiro momento, do tipo de cobertura do solo. Já o impacto biológico potencial irá depender do ecossistema onde o óleo foi derramado (ONWURAH et al., 2007).

Caso o solo seja impermeável, o óleo flui de acordo com a declividade da superfície, podendo formar poças ou entrar em valas, drenagens ou em algum curso d'água. Se o solo não for impermeável, ou o óleo alcance uma superfície permeável, esse se move ao subsolo, sob influência da ação da gravidade e capilaridade (BTC, 2011).

A extensão superficial da área atingida pelo óleo depende igualmente do tipo de solo. Em superfície composta por material poroso, i. e., permeável, o espalhamento superficial é menor do que em solo impermeável, entretanto, a profundidade de penetração é maior e o espalhamento subsuperficial pode ser significativo (BTC, 2011).

Nas superfícies sob atividades agrícolas, o óleo normalmente satura o topo do solo (de 10 a 20cm) e a penetração mais profunda será produzida por poças formadas em depressões secas. No caso destas depressões conterem água, esta impedirá que o óleo penetre no solo (FUSSELL et al., 1981). Esta condição é possível devido à imiscibilidade dos hidrocarbonetos à água. Quando ambos entram em contato, é formada uma fase separada denominada “fase líquida não aquosa” (NAPL - *non-aqueous phase liquid*) (FERREIRA; ZUQUETTE, 1998).

A maioria das comunidades biológicas é suscetível aos efeitos do óleo derramado. Plantas terrestres, ervas do pântano em estuários e leitos de algas no oceano, plantas e animais microscópicos e animais de grande porte, como peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos, estão sujeitos ao contato, sufoco, toxicidade e efeitos crônicos de longo prazo, que podem resultar das propriedades físicas e químicas do óleo derramado (USEPA, 1999).

Mesmo sendo um poluente ambiental difundido, as informações sobre a toxicidade dos hidrocarbonetos do petróleo às plantas são limitadas (MARANHO et al., 2006). É sabido, entretanto, que os efeitos do óleo derramado variam de acordo com o tipo radicular da comunidade vegetal e depende do tipo de óleo, sendo o produto refinado potencialmente mais tóxico do que o petróleo, como observado nos estudos de Walker et al. (1978) e Holt (1987).

Em nível microscópico, o óleo, quando em contato com a planta, pode penetrar e circular pelos espaços intracelulares e sistema vascular, danificando membranas celulares, ocasionando a redução na taxa de transpiração e fotossíntese, devido ao bloqueio de estômatos e espaços intracelulares, o aumento da respiração, causado pelo dano mitocondrial, o rompimento das membranas de cloroplastos, dentre outros (BAKER, 2003).

Em comunidades florestais e arbustivas, a penetração do óleo no solo pode causar a morte de árvores a partir do sistema de raiz das plantas. O efeito registrado mais comum é o stress temporário, evidenciado pela perda das folhas (BTC, 2011).

Nas vegetações herbáceas o óleo possui um efeito devastador. Kinako (1981) registrou a morte de, pelo menos, 50% das espécies no habitat afetado. De acordo com esse autor, a produtividade foi reduzida em 1/3 em comparação ao sitio não afetado.

Em musgos e líquens, como os que formam as tundras, o óleo, em geral, têm efeito de herbicida, resultando em um dano rápido, e subsequente morte, a todas as folhas que entrem em contato com o óleo (FREEDMAN; HUTCHINSON, 1976).

A umidade do solo é um fator que altera o efeito do óleo nas vegetações. Em habitats secos há maior vulnerabilidade das plantas, enquanto que em habitats úmidos a resiliência é

maior (BAY, 1997). Nos solos muito úmidos, ou mesmo inundados, o efeito pode ser atenuado, devido à proteção das raízes (BTC, 2011).

Nas plantas essencialmente pantanosas, porém, há outro processo. Para se adaptarem à natural pobreza de oxigênio dos solos pantanosos, estas plantas desenvolveram raízes aéreas, as quais, caso o óleo atinja suas raízes, alteram a taxa de difusão do oxigênio, resultando na elevação do stress (BTC, 2011).

Os mesmos problemas que incidem às comunidades de plantas naturais em eventos de derramamento de óleo nos ambientes terrestres também ocorrem às espécies cultivadas. Os danos mais comuns incluem a redução de germinação das sementes e maior mortalidade relativa das espécies (BTC, 2011).

A partir de experimento com combustível comercial e seu efeito em espécies cultivadas – tomate (*Lycopersicon esculentum*), pêssigo (*Prunus persica*), maçã (*Pyrus malus*) e agerato (*Ageratum houstonianum*), Fuller e Leadbeater (1935), sugerem que o dano a essas plantas se torna fatal quando a quantidade do combustível é elevada acima do ponto crítico para a espécie, sendo o contato com a raiz através do solo o principal vetor nocivo. Esses autores indicam que o contato direto parece não ser a principal causa das mortes.

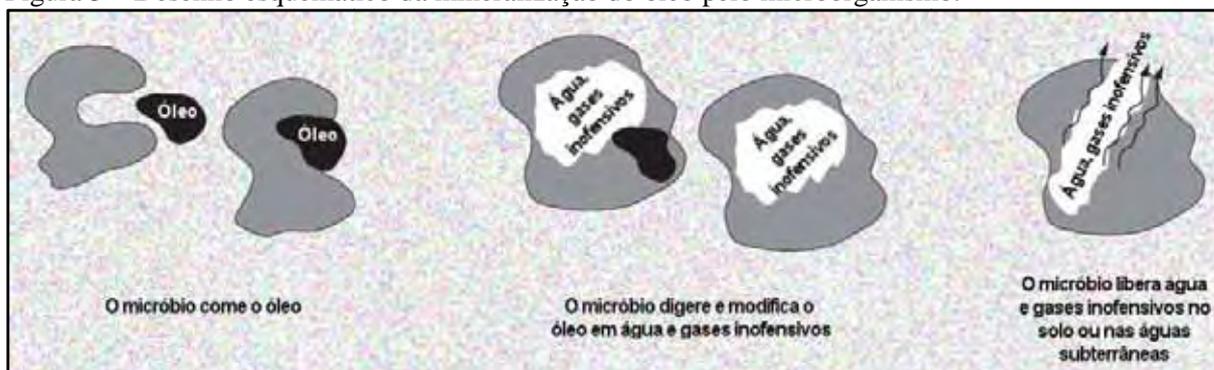
Mazzeo et al. (2011), entretanto, observaram que o contato do óleo nas espécies vegetais pode ocasionar dano celular irreversível. Os autores, baseados em um organismo teste vegetal, a cebola (*Allium cepa*), provaram a potencialidade genotóxica e mutagênica provocada às células meristemáticas (tecido encontrado em todas as plantas) pelo BTEX.

As informações dos efeitos do impacto do óleo na fauna terrestre são ainda mais rarefeitas que as comunidades vegetais. Há, entretanto, um número considerável de publicações a respeito da toxicidade do óleo sobre a fauna marinha.

A partir dessa constatação, guardadas as especificidades inerentes ao meio, de acordo com a USEPA (1999), os efeitos primários do óleo à fauna associada aos ambientes atingidos incluem irritação da pele e olhos; pneumonia resultante da inalação do vapor de óleo; perda da capacidade isolante das penas e pelos, podendo levar à hipotermia; desordem estomacal e intestinal e destruição dos glóbulos vermelhos resultante da ingestão do óleo; e comprometimento da reprodução.

Um dos poucos impactos que pode ser considerado positivo sobre organismos biológicos terrestres é o que ocorre sobre algumas populações microbiais, como bactérias e fungos. Nestes casos, os microorganismos funcionam como agentes biológicos que modificam ou decompõem o óleo, transformando o poluente em gás carbônico, água e biomassa (MARIANO; ANGELIS; BONOTTO, 2007), conforme observado na Figura 5.

Figura 5 – Desenho esquemático da mineralização do óleo pelo microorganismo.



Fonte: USEPA (2001).

2.1.3 Migração no subsolo

A dinâmica do óleo derramado no meio terrestre envolve mecanismos, processos e variáveis diversos, tais como a textura do solo, a presença e densidade de fratura do sistema rochoso e a profundidade do lençol freático. Cada um dos componentes determinantes pode ser observado sob as mais diferentes óticas, desde fenômenos físicos em nível de poros dos sedimentos que compõe o solo, a modelos genéricos que desconsideram o tipo de rocha percolada.

O comportamento do óleo derramado é afetado, ainda, pelas propriedades inerentes a cada tipo de produto. O Quadro 1 apresenta algumas propriedades de óleos e derivados, correlacionando-os com o espalhamento.

Devido à essa diversidade, a revisão abordada nessa seção procurou enfatizar a dinâmica do óleo no meio terrestre de forma genérica. Esta condição, porém, não afeta o entendimento e a discussão tratadas na tese.

De modo geral, quando ocorre um derramamento de óleo em meio terrestre, há a possibilidade desse contaminante atingir diferentes tipos de substratos. Estes podem ser constituídos por materiais inconsolidados (saprólitos, aluviões, solos, etc.), rochosos ou artificiais.

Para o entendimento da dinâmica do óleo em um meio formado por materiais inconsolidados, será adotado como referência o solo. Ao incidir sobre estes, o óleo pode ser adsorvido, transportado pelo vento ou pelas águas de escoamento superficiais, lixiviado pelas águas de infiltração, passando a camadas inferiores e atingindo as águas subterrâneas. Alcançando as águas subterrâneas, o óleo poderá ser carregado a outras regiões, por meio do fluxo das águas (VIANA, 2009).

Quadro 1 – Algumas propriedades que afetam o comportamento de óleos e derivados.

Propriedade	Descrição	Óleo cru (média)	Gasolina	Produtos		Óleo combustível		Óleo lubrificante	Óleo isolante	Relação com o derramamento
				Diesel	#2	#5	#6			
Viscosidade	Resistência ao fluxo.	B-A	B	B (1,4-3)	B (2)	A (75)	A (75)	M	M (60)	Baixa viscosidade facilita a percolação.
Tensão superficial	Resistência ao espalhamento sobre outro líquido.	A	B	A	A	A	A	M	M (46)	Baixa tensão superficial acelera a percolação.
Volatilidade	Tendência à evaporação.	B*	A	B	B	Mb	Mb	B	B	Alta volatilidade favorece a evaporação.
Solubilidade relativa	Tendência a dissolução em água.	Mb	Mb	Mb	Mb	Mb	Mb	B	B	Podem ter componentes tóxicos.
Densidade (gravidade específica)	Tendência à afundar na água.	M-A (0,85-0,95)	B (0,73)	B (0,85)	B (0,82)	M (0,86)	A (0,96)	M (0,85)	M (0,89)	Se mais pesados que a água (1), geralmente afundam, com densidade entre 0,9 e 1, flutuam.
Emulsificação	Tendência a formar suspensão estável com água.	B-A	Mb	B	B	A	A	B	B	Alta emulsificação espalha o óleo em toda coluna d'água.
Ponto de fluidez	Temperatura mais baixa na qual o óleo flui.	B	B	B (20°F)	B (20°F)	B	B (60°F)	A (10°F)	A (67°F)	A taxa de espalhamento diminui com a proximidade da temperatura.
Ponto de inflamação	Temperatura na qual ocorre ignição.	M	Mb (-40°F)	M	M (100)	A (130)	A (150)	Ma (350)	Ma (300)	Se alto, combinado com alta volatilidade, pode gerar perigo de explosão

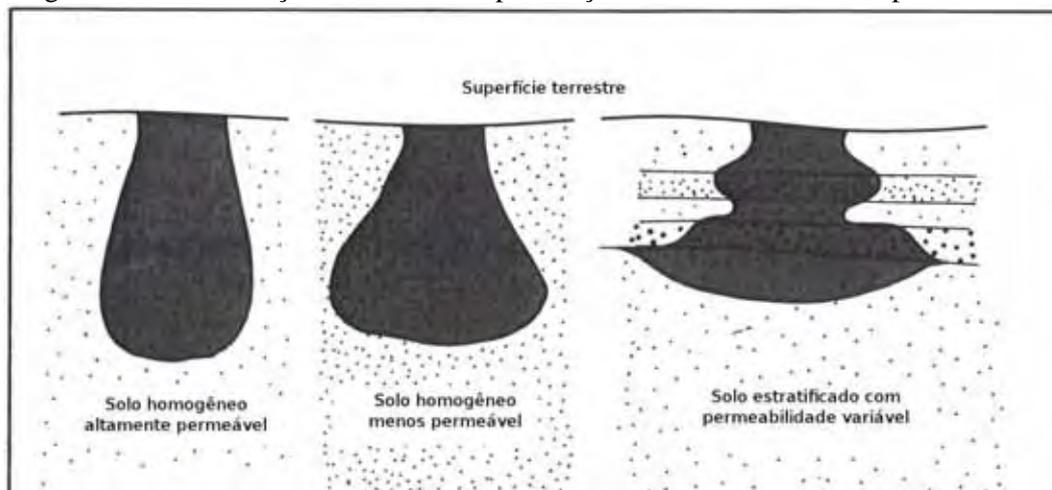
A = Alta, B = Baixa, M = Média/Moderada, Ma = Muito alta, Mb = Muito baixa, MA = Média a Alta, BA = Baixa a Alta * = alguns componentes.

Fonte: USDA (1993a)

O grau de penetração é função do tipo e natureza do solo, a profundidade relativa do nível d'água (N.A.) volume e tipo do óleo. Um óleo de baixa viscosidade em uma superfície seca de areia grossa, por exemplo, irá penetrar rapidamente nos poros do solo, reduzindo a propagação na superfície. De outro modo, uma superfície argilosa, resistente à infiltração, com um óleo de alta viscosidade, irá cobrir uma área extensa ainda na superfície (FUSSELL et al., 1981).

O óleo que penetra no solo irá mover-se descentemente sob influência da gravidade e da capilaridade. Em um solo homogêneo, não estratificado ou sem variações na distribuição do tamanho dos poros, a infiltração é em forma de “pêra” (Figura 6).

Figura 6 – Generalização das formas de percolação do óleo, conforme o tipo do solo.



Fonte: Fussel et al. (1981).

O espalhamento vertical é resultado da gravidade, enquanto o componente horizontal é orientado pela capilaridade (FUSSELL et al., 1981; GUIGUER, 1996). Em um solo heterogêneo, a migração se dá principalmente no sentido vertical em estratos permeáveis, aumentando o espalhamento horizontal em estratos menos permeáveis (FUSSELL et al., 1981).

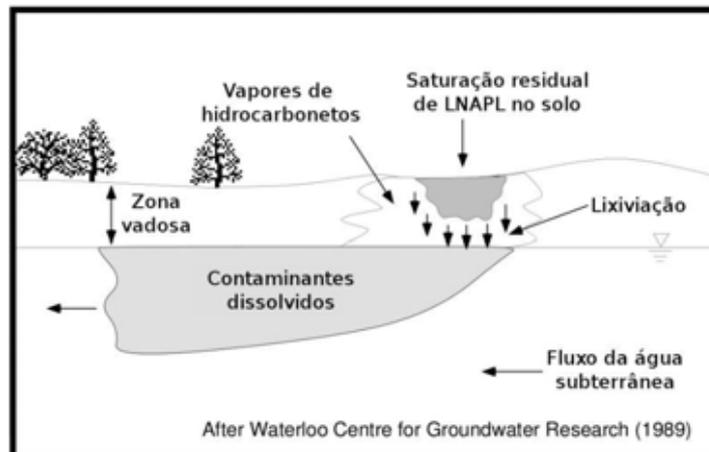
O NAPL, de acordo com Moreira e Dourado (2005), pode ser dividido como “fase líquida não aquosa leve” (LNAPL - *light non-aqueous phase liquid*), quando menos denso que a água, ou como “fase líquida não aquosa densa” (DNAPL - *dense non-aqueous phase liquid*), quando mais densos que a água.

Enquanto que os LNAPL são relacionados à produção, refino e distribuição do petróleo, tendo como exemplos o querosene e a gasolina, os DNAPL são associados às atividades industriais, tais como o antraceno, pireno e fenol (GUIGUER, 2000).

No contexto do transporte do óleo no substrato com enfoque na densidade, tanto o LNAPL quanto o DNAPL irão depender da quantidade liberada (e infiltrada) no meio. No caso de um pequeno volume de LNAPL derramado, este ficará retido à zona não saturada, ou seja, aquela que se estende desde a superfície do chão até o topo da franja capilar e contém vapor do solo e uma quantidade menor de água do solo (GUIGUER, 1996), até que o volume do hidrocarboneto armazenado nos poros do solo seja menor do que o volume total de poros, isto é, até que o grau de saturação residual seja atingido (FERREIRA; ZUQUETTE, 1998).

No estado de saturação residual, as águas de infiltração dissolvem os componentes solúveis do LNAPL e os lixiviam à zona saturada, formando uma pluma que se distribui por difusão e advecção (Figura 7). Os componentes voláteis do LNAPL tendem a se particionar, ficando uma parte no solo e outra no ar, e podem ser transportados, por difusão molecular, a outras partes do aquífero, onde entram num ciclo de volatilização, transporte e liquefação que pode atingir áreas muito extensas (FERREIRA; ZUQUETTE, 1998).

Figura 7 – Dinâmica para derrame de pequeno volume de LNAPL.



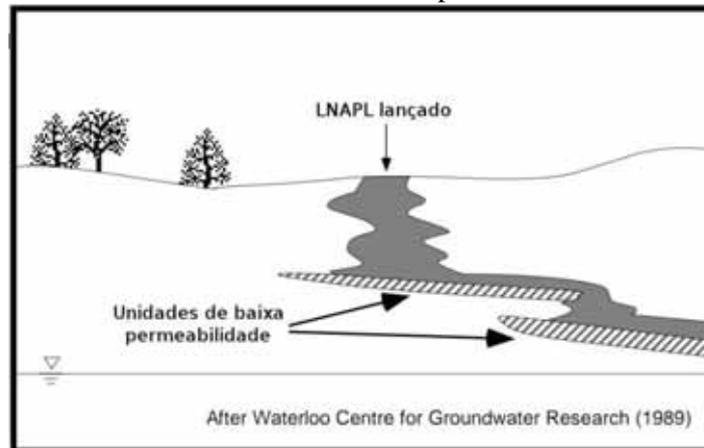
Fonte: NEWELL et al. (1995).

Quando um grande volume de LNAPL infiltra, o óleo migra até encontrar uma barreira física, como um estrato com baixa permeabilidade, ou é afetada pelas forças de empuxo (*buoyancy forces*) próximo ao lençol freático. O transporte por solos heterogêneos pode ser complexo, podendo migrar lateralmente a partir de vias mais permeáveis ou acumular e migrar ao longo de camadas de baixa permeabilidade acima do lençol freático (Figura 8) (NEWELL et al., 1995).

Chegando ao topo da franja capilar, onde a água satura um grande volume de poros, os componentes de LNAPL perdem a permeabilidade relativa, impedindo seu movimento descendente, e, após acúmulo, fluem na mesma direção da água subterrânea. Devido à sua

baixa densidade, os LNAPLs flutuam próximo ao nível d'água subsuperficial, na zona de capilaridade, conforme (Figura 9A) (FERREIRA; ZUQUETTE, 1998).

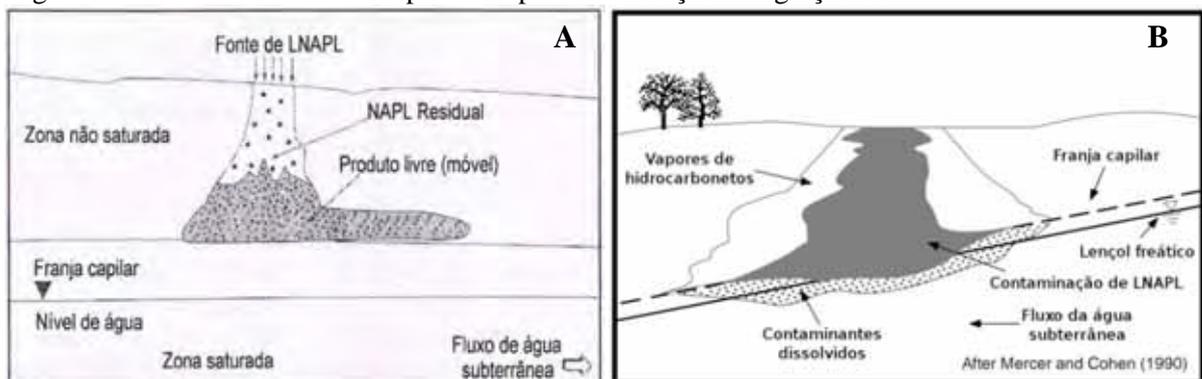
Figura 8 – Modificações na dinâmica de infiltração do LNAPL devido a camadas de baixa permeabilidade.



Fonte: NEWELL et al. (1995).

Todavia, de acordo com Newell et al. (1995), mesmo com a tendência de movimento do óleo no mesmo sentido do fluxo da água subterrânea, pode ocorrer inicialmente do óleo se deslocar em outras direções, em resposta ao gradiente hidráulico induzida por um montículo de LNAPL (Figura 9B), o qual pode resultar em compressão ou colapso da franja capilar e, potencialmente, depressão do lençol freático.

Figura 9 – Modelo conceitual simplificado para distribuição e migração de NAPL.

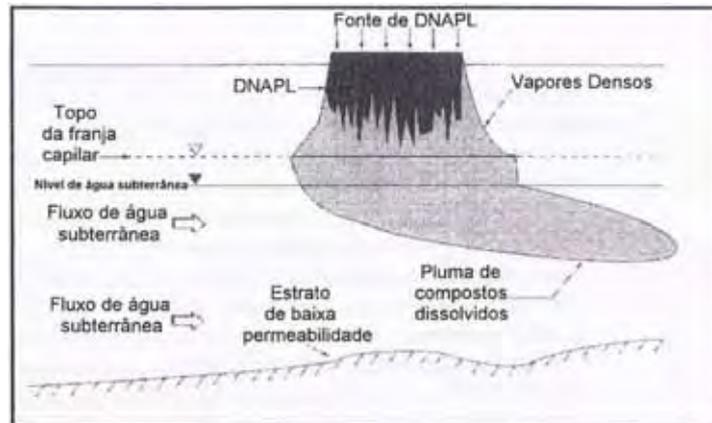


Fonte: A = USEPA (1991, apud Ferreira e Zuquette, 1998); B = Newell et al. (1995).

No caso do DNAPL, há uma dinâmica semelhante ao da LNAPL na zona não saturada (ver Figura 7), impedindo que o óleo chegue ao lençol freático, caso a saturação residual do solo não seja atingida. Esta situação se altera com a lixiviação dos componentes solúveis do óleo pela água de percolação ou mesmo pela flutuação do lençol freático (HULING; WEAVER, 1991).

Outro cenário possível (Figura 10) ocorre devido à alta densidade, baixa viscosidade e solubilidade baixa inerente aos DNAPLs. Nesse caso, há uma grande mobilidade, fazendo com que haja infiltração até a zona saturada. O DNAPL pode sofrer partição para a fase de vapor denso, o qual infiltrará até o topo da zona saturada (zona de capilaridade) e pode migrar dissolvido em água por uma grande extensão (FERREIRA; ZUQUETTE, 1998).

Figura 10 – Dinâmica para derrame de pequeno volume de DNAPL.



Fonte: Ferreira e Zuquette (1998).

Volumes elevados de DNAPL, muito superiores ao nível de saturação residual, infiltram, atravessando a franja capilar e atingem a zona saturada, mantendo o fluxo até atingir a condição de saturação residual, constituindo um sistema trifásico composto por DNAPL, água e sólidos. Os componentes solúveis em água migram junto com a água, podendo atingir grandes extensões, enquanto que as partes relativas à saturação residual e aos componentes do DNAPL adsorvidos nos sólidos representam as fases sorvidas e sem movimento (FERREIRA; ZUQUETTE, 1998).

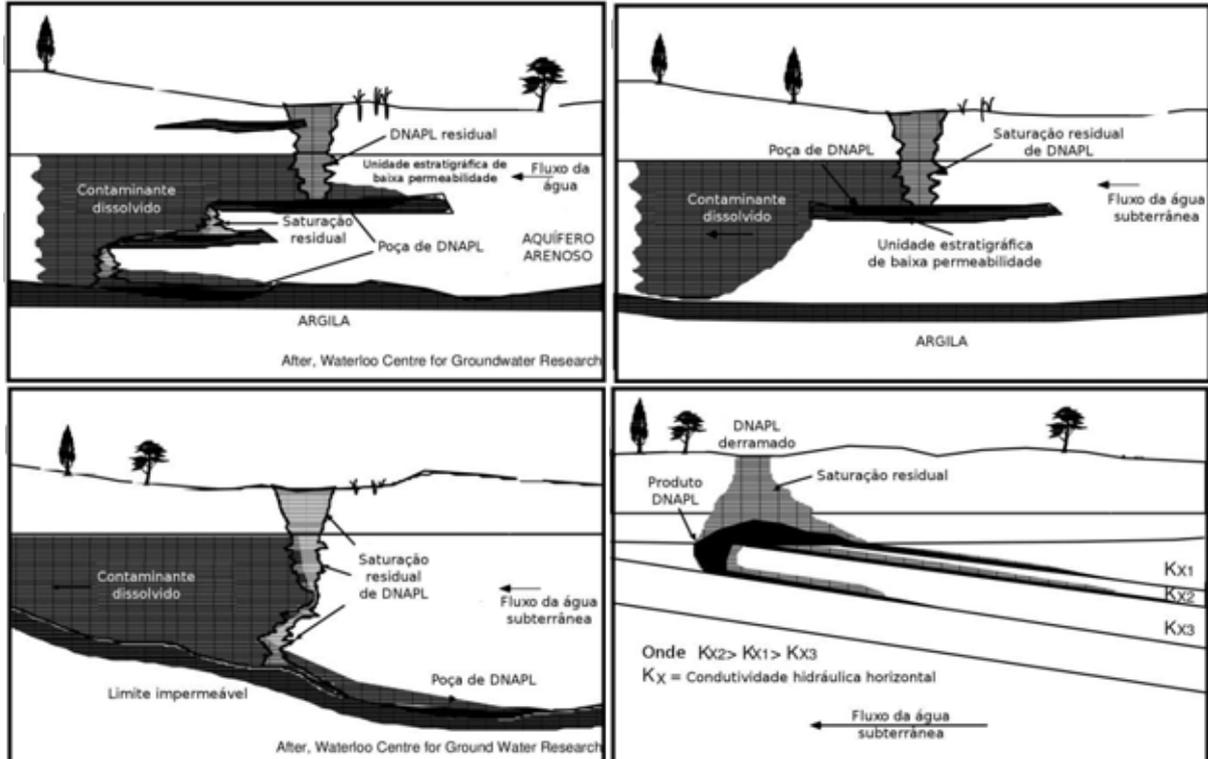
Assumindo que a saturação residual na zona saturada não esgota todo o volume de DNAPL, este continuará migrando verticalmente até encontrar uma zona ou unidade estratigráfica de baixa permeabilidade. Ao chegar nessa zona o DNAPL migrará lateralmente, sendo a condutividade hidráulica na direção vertical menor do que na direção horizontal (HULING; WEAVER, 1991).

Nesse trajeto, diferentes cenários são possíveis, ocasionando migrações complexas devido, principalmente, à existência de zonas ou unidades estratigráficas de diferentes permeabilidades, como pode ser visualizado na Figura 11.

No processo de migração, uma das zonas que o óleo pode atingir é a de rocha, a qual pode estar fraturada ou não. O deslocamento do óleo nesse tipo de camada pode ser utilizado

para entender como se dá o transporte do poluente caso este seja derramado diretamente sobre o substrato rochoso.

Figura 11 – Diferentes cenários de migração do óleo no solo.



Fonte: Huling e Weaver (1991).

Tanto o LNAPL quanto o DNAPL tendem a seguir um caminho complexo que irá depender das características da rocha, tais como densidade de fraturas, orientação e distribuição das aberturas (NEWELL et al., 1995; HULING; WEAVER, 1991).

Desta forma, independente do volume, o óleo pode alcançar regiões profundas de forma muito rápida, pois a capacidade de retenção da rocha tende a ser muito baixa (MACKAY; CHERRY, 1989). A Figura 12 demonstra um modelo possível ao deslocamento do óleo em meio fraturado.

Para a situação de o substrato rochoso ser impermeável, sem fraturas, o óleo migrará por gravidade para áreas mais baixas e acumulará formando poças, semelhante às que podem ser visualizadas nas Figuras 11 e 12

Figura 12 – Modelo de migração do óleo em sistema rochoso fraturado.



Fonte: Adaptado de Huling; Weaver (1991).

2.2 CARTA DE SENSIBILIDADE AMBIENTAL AO ÓLEO

2.2.1 Origem e pressupostos

As cartas SAO atualmente preponderantes têm sua gênese ligada a estudos na zona marinha e costeira. Deste modo, a maioria dos trabalhos de mapeamento da sensibilidade ambiental ao óleo é voltada aos ambientes desses sistemas.

A base conceitual e histórica de mapeamento no meio marinho e costeiro é fundamental à proposição desse tipo de mapeamento a outros ambientes que não aqueles para os quais foram inicialmente criados, uma vez que fornece importantes subsídios à adaptação do método.

O mapeamento da sensibilidade ambiental vem sendo utilizado desde a década de 1970 e representa uma importante ferramenta técnico-gerencial à priorização dos ambientes a serem protegidos e a serem aplicados ou concentrados esforços em episódios de acidentes e/ou emergências, no intuito de reduzir as consequências ambientais, tanto do derrame quanto dos esforços de limpeza (ARAÚJO et al., 2002).

O método de classificação e mapeamento da sensibilidade ambiental, especificamente voltado a derramamentos de óleo, foi desenvolvido por um grupo de pesquisadores da Divisão de Pesquisas Costeiras da Universidade da Carolina do Sul (USC, *University of South Carolina*), Estados Unidos (MICHEL et al., 1978).

O grupo se baseou no estudo de três grandes derramamentos ocorridos nos navios petroleiros “Metula”, no Chile em 9 de agosto de 1974, “Urquiola”, em 12 de maio de 1976 na Espanha, e “Jakob Maersk”, em Portugal em 29 de janeiro de 1975 (MICHEL et al., 1978). Duas publicações, complementares, procedentes desse grupo, lançaram as bases aos estudos

de sensibilidade ambiental ao óleo como é realizada hoje, que são Gundlach e Hayes (1978) e Michel et al. (1978).

Gundlach e Hayes (1978) apresentam e aplicam o “Índice de Vulnerabilidade ao Derrame de Óleo” a partir da classificação dos ambientes costeiros em uma escala de 1 a 10, em termos de vulnerabilidade potencial ao dano por derramamento de óleo. Esta classificação foi baseada na interação da linha de costa com os processos físicos que controlam a deposição do óleo, persistência ou longevidade do óleo no ambiente e extensão do dano biológico.

De maneira similar, o esquema de classificação de Michel et al. (1978) é atrelado principalmente ao modo de ocorrência e da longevidade do óleo em diferentes ambientes costeiros, embora seja considerado também a suscetibilidade biológica e facilidade de limpeza manual.

O que chama atenção em ambos os estudos pioneiros é o uso do termo vulnerabilidade (*vulnerability*), em detrimento da palavra sensibilidade (*sensitivity*), tratadas como sinônimo nessas publicações.

Por serem conceitos-chave e não possuírem definições explícitas, torna-se fundamental a distinção destes. No presente estudo serão adotadas as definições de Zacharias e Gregr (2005), os quais entendem a sensibilidade como o grau no qual o ambiente responde ao stress que, neste caso, é o óleo. A vulnerabilidade, por sua vez, é a probabilidade que um ambiente seja exposto ao estressor ao qual é sensível.

Outro aspecto que deve ser ressaltado é o fato de que as Cartas SAO inicialmente se resumiam ao mapeamento dos índices de sensibilidade/vulnerabilidade ao óleo, sem a associação com elementos socioeconômicos ou faunísticos, por exemplo.

Quase que concomitante à proposta de Carta SAO do grupo da USC, uma derivação de mapa de sensibilidade ao óleo foi sugerida por Walker et al. (1978). Esta proposta, entretanto, é aplicada a ambiente terrestre e se baseia em experimento com óleo cru e óleo diesel, realizado em comunidades de plantas da Baía de Prudhoe, Alaska, Estados Unidos.

O índice de sensibilidade, calculado para cada tipo de comunidade representada, é obtido a partir da proporção de cobertura vegetal viva um ano após o derrame, em relação à cobertura vegetal original viva antes do derrame (WALKER et al., 1978). A aplicação desta metodologia, em Franklin Bluffs, também no Estado do Alaska, resultou em dois níveis de sensibilidade (baixa e moderada).

Nas três décadas que se transcorreram desde os primeiros estudos publicados de mapeamento da sensibilidade ambiental ao óleo até o presente, muitos métodos foram propostos, visando tanto a classificação dos ambientes/índices quanto o ferramental a sua

implementação. Nesses, há uns que incorporam dados socioeconômicos, outros dão destaque a aspectos biológicos, enquanto alguns dão maior liberdade à interpretação do mapa, apresentando um inventário de recursos, sem referenciar áreas prioritárias à proteção e/ou limpeza (ARAUJO et al., 2002).

Os anos de 1990 podem ser considerados como a década a partir da qual todo o mundo concentrou esforços e difundiu o uso das Cartas SAO como ferramenta técnico-gerencial em caso de derramamento de óleo, tendo como marco o emblemático acidente do Exxon Valdez ocorrido em 1989 (LEACOCK, 2005).

O Exxon Valdez (atualmente chamado de Dong Fang Ocean) é um petroleiro que, em março de 1989, na rota de Valdez (Alasca, EUA) para Los Angeles (Califórnia, EUA), tornou-se mundialmente conhecido por protagonizar um dos maiores desastres ambiental da história. O petroleiro derramou cerca de 53 milhões de galões de óleo, quando oito dos onze compartimentos foram danificados durante um encalhe, impactando mais de 1770 km (1100 milhas) de linha de costa não contínua do Alasca (NOAA, 1992).

O acidente é considerado um desastre devido às mortes e lesões de centenas de aves, lontras, veados e peixes, dentre outros animais. Muitos alasquenses que tiravam seu sustento da pesca foram prejudicados não só pela mortandade dos peixes, mas também pela poluição do local de desova destes (LEACOCK, 2005).

Há, entre os métodos de elaboração e mapeamento de Cartas SAO, os que requerem mais tempo e um grande número de informações se comparados aos convencionais. Embora esses métodos “sofisticados” forneçam mapas com informações valiosas, é quase impossível a sua reprodução, devido à dificuldade de levantamento das informações, além de ser ineficiente quando se deseja comparar áreas diferentes com sistemas de mapeamento distintos (ARAUJO et al., 2002).

O Guia da ARPEL, Associação Regional das Companhias de Petróleo e Gás Natural na América Latina e no Caribe (WOTHERSPOON, 1997), exemplifica a diversidade de métodos em Cartas SAO citando estudos que utilizam cálculo matricial com base em sensibilidade ambiental, impactos culturais, impactos econômicos, impactos arqueológicos, tipos de costa, aplicabilidade de contramedidas de resposta segundo as correntes marítimas, dentre outras.

A diversidade de métodos e classificações particulares a diferentes áreas de estudos ou de cunho técnico-científico específico, mesmo contribuindo à discussão e resultando no avanço metodológico, acabava por restringir a comparação entre áreas distintas, tornando difícil a sua utilização (PINCINATO, 2007).

São exemplos de países onde a Carta SAO tem sido aplicada: Austrália (THOMPSON; Mc ENALLY, 1984), Egito (HANNA, 1995; LOTFY, 2004; WENNINK; NELSON-SMITH, 1979), Emirados Árabes (JENSEN et al., 1993), Espanha (CASTANEDO et al., 2009), Estados Unidos (GUNDLACH; HAYES, 1978; MICHEL et al., 1978), Índia (KANKARA; SUBRANIAN, 2007), Israel (ADLER; INBAR, 2007), Noruega (MOE et al., 2000; WESLAWSKI et al., 1997), Reino Unido (KRISHNAN, 1995), Trinidad e Tobago (NANSINGH; JURAWAN, 1999), Venezuela (GARCIA, 1986), dentre outros.

Vale destacar que a maioria dos métodos existentes é voltada aos ambientes costeiros e/ou marinhos, portanto as variáveis analisadas nesses métodos são frequentemente relacionadas a aqueles ambientes, alguns dos quais de aplicação imprópria a outros ambientes, tais como o grau de exposição à energia de ondas e marés e aspectos biológicos agregados às características geomorfológicas do ambiente. Outro aspecto é que os termos vulnerabilidade e sensibilidade permanecem sendo utilizados como sinônimos, sobretudo em estudos publicados no idioma inglês.

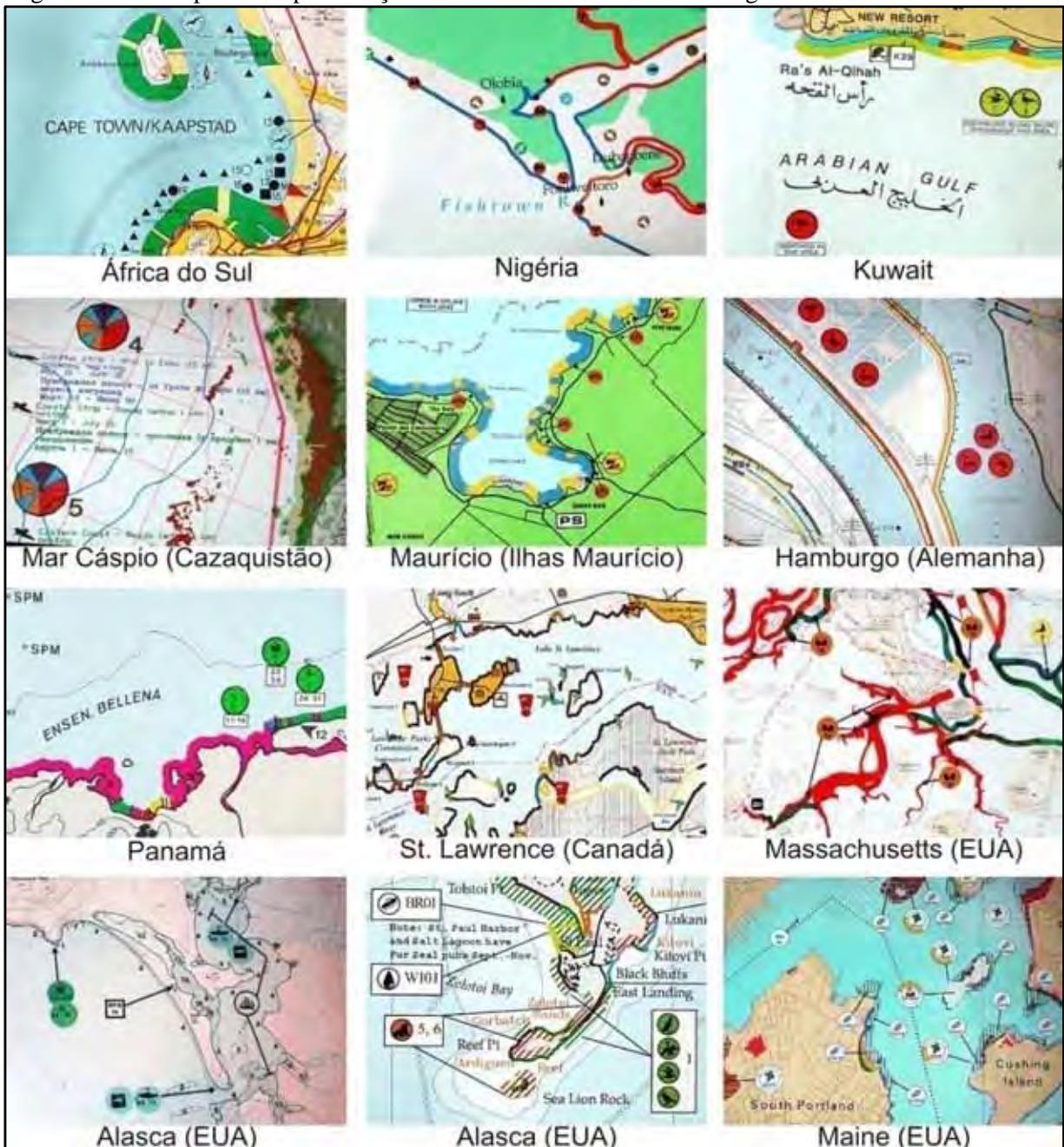
Visando instituir um sistema padronizado de Carta SAO para aplicar nos Estados Unidos, em 1993 a NOAA estabeleceu um guia para a produção destas Cartas (MICHEL; DAHLIN, 1993). Este guia vem sendo constantemente atualizado (HALLS et al., 1997, PETERSEN et al., 2002), sendo amplamente utilizado em diversas partes do mundo e utiliza como base a proposta dos pesquisadores da Carolina do Sul.

A Carta SAO mais utilizada atualmente é composta por três principais componentes: (1) um sistema de ranqueamento de linha de costa (ISA) em escala de 1 a 10, quanto maior o índice, maior a sensibilidade; (2) recursos biologicamente sensíveis ao óleo; (3) e o uso humano dos recursos de valor comercial, recreacional ou de subsistência (JENSEN et al., 1998). Essas variáveis podem prontamente ser aplicadas na composição de índices rodoviários, se enquadrando automaticamente ao padrão internacional, podendo ser naturalmente reconhecido pelos leitores de Cartas SAO.

As Cartas SAO têm seu emprego adaptado à realidade dos ambientes locais, agregando pequenas variações de método e representação simbólica em relação ao do NOAA (Figura 13). Apesar dessas nuances, o básico do mapeamento tem permanecido constate na maioria dos projetos, suportando o desenho conceitual original (GUNDLACH et al., 2001).

No Brasil, as Cartas SAO também têm sido empregadas. Devido à heterogeneidade ambiental presente no território nacional, estas passaram por um processo de padronização à realidade local, o qual terá características adotadas, em parte, no presente estudo.

Figura 13 – Exemplos de representação de Cartas SAO em diferentes lugares do mundo.



Fonte: E-Tech International Inc (2009).

2.2.2 A Carta SAO Brasileira

Seguindo a tendência internacional, no Brasil os trabalhos de mapeamento da sensibilidade ambiental ao óleo se iniciaram, evoluíram e possuem maior discussão e estudos no entorno dos ambientes costeiros e marinhos.

As Cartas SAO nacionais também ganharam notoriedade após o acidente envolvendo o Exxon Valdez, nos EUA. Um pouco antes, porém, Awazu e Poffo (1986) propuseram áreas a serem protegidas quando da ocorrência de derrames de petróleo e derivados no Litoral Norte

de São Paulo. Apesar de ser um levantamento preliminar, o pioneirismo já demonstra a preocupação na proteção dos ambientes costeiros e a efetividade do mapeamento como ferramenta nesse tipo de ocorrência.

Um ano depois do projeto de Awazu e Poffo (1986), ainda no Litoral Norte, Maldonado et al. (1987) realizaram o mapeamento da “vulnerabilidade dos ambientes costeiros do município de Ubatuba ao impacto de derramamentos de óleo”. Nesse caso, o índice foi dividido por praias e não segmento como é feito nas cartas nacionais contemporâneas, além de utilizar apenas três níveis de sensibilidade (alta, média e baixa). Essas sensibilidades foram definidas a partir da atribuição de pesos a fatores como configuração da costa (mar aberto, enseada ou baía), granulometria do sedimento (fina, média ou grossa), manguezal (presença ou ausência), dentre outros.

Ainda que em 1993 a Petrobras já divulgasse o primeiro mapa de sensibilidade ao óleo produzido pela instituição, apenas a partir de 1996 as cartas SAO produzidas pela empresa foram padronizadas nos moldes da metodologia NOAA (ARAUJO et al., 2006). O “Manual básico para elaboração de mapas de sensibilidade ambiental a derrames de óleo no sistema Petrobras: ambientes costeiros e estuarinos” (ARAUJO et al., 2002), foi o primeiro guia produzido no Brasil.

O Manual da Petrobras foi utilizado como subsídio à elaboração das “Especificações e normas técnicas para a elaboração de cartas de sensibilidade ambiental para derramamentos de óleo” (ARAUJO et al., 2006; MMA, 2002, 2004), documento referência ao mapeamento de Carta SAO no país.

Apesar da substancial contribuição deste Manual da Petrobras para a composição das Especificações do MMA, este se baseou amplamente no mesmo documento que serviu à concepção do Manual, o guia do NOAA.

De um modo geral, o cenário de estudos compreendendo as Cartas SAO no Brasil, apesar de recente e concentrado na zona marítima e costeira, pode ser considerado em expansão, abarcando a maioria das bacias marítimas onde há extração de petróleo.

Apenas para mencionar, uma vez que esses, em sua maioria, são de cunho aplicado, utilizando as Especificações do MMA ou o Guia do NOAA, não havendo contribuição conceitual ou metodológica significativa, podem ser citados trabalhos de conclusão de cursos acadêmicos, como Monografias (ARAUJO, 2005; LACERDA, 2006; MONTANARI, 2006; MULER, 2008; NASCIMENTO, 2008; SILVA, 2006; TINÓS, 2007), Dissertações (CUNHA, 2009; LIMA, 2007; LOTFY, 2004; PERINOTTO, 2010; PINCINATO, 2007; ROCHA, 2009; WIECZOREK, 2006) e Teses (ALMEIDA, 2008; ROMERO, 2009);

trabalhos em anais (ALCÂNTARA; SANTOS, 2005; ALMEIDA, 2009; BOULHOSA; MENDES, 2009; CABRAL et al., 2007; CASTRO et al., 2003, 2005; CARVALHO; GHERARDI, 2003, 2005; GHERARDI et al., 2001; GONÇALVES; SOUZA FILHO, 2005; NOVAES, 2007); artigos (ARAUJO et al., 2007; BELLOTTO; SAROLLI, 2008; CANTAGALLO et al., 2008; GHERARDI et al., 2008; LIMA et al., 2008; NOERNBERG et al., 2008; ROCHA-OLIVEIRA et al., 2008; SILVA et al., 2008); e livros/atlas (ARAUJO et al., 2006; FREIRE, 2004; GHERARDI; CABRAL, 2007).

Segundo as Especificações do MMA (2004), as cartas SAO incluem três tipos de informações principais: (1) sensibilidade dos ecossistemas (costeiros e marinhos), de acordo com as características geomorfológicas dos habitats e persistência natural do óleo e sua limpeza, classificando os ambientes em um ranking que vai de 1 a 10, quanto maior a sensibilidade, maior o índice; (2) recursos biológicos, com informações em nível de espécie das plantas e animais sensíveis ao óleo; e (3) recursos/atividades socioeconômicas, as quais possam ser prejudicadas por derramamentos de óleo ou pela ação de resposta para a remediação do mesmo.

Três também são os níveis de elaboração das Cartas SAO: (1) estratégica; (2) tática; e (3) operacional/de detalhe. Estes níveis são baseados no Plano Cartográfico para o Mapeamento de Sensibilidade Ambiental ao Óleo, o qual adotou as Bacias Marítimas como unidade cartográfica (MMA, 2004).

De acordo com esse Plano, o nível estratégico, de abrangência regional/marítima, deve abarcar toda a área de uma determinada bacia, ou de bacias contíguas, em caso de bacias menores. A escala cartográfica sugerida ao mapeamento no nível estratégico é da ordem de 1:500.000. Ao nível tático é recomendada uma escala intermediária (1:150.000), por ter como foco o mapeamento para todo o litoral da bacia mapeada. Já a escala de mapeamento do nível operacional deve ser entre 1:10.000 a 1:50.000. Este nível deve ser adotado quando se trata de locais de alto risco/sensibilidade.

Os níveis de elaboração supracitados estão diretamente correlacionados com a tipologia do volume derramado (Quadro 2), sendo que, no caso de grandes descargas, pode haver a necessidade de mapeamento em diversas escalas/níveis.

Quadro 2 – Tipologia de ordem de grandeza, em função do volume de óleo derramado.

Tipo	Volume derramado (m³)
Descargas pequenas	Até 8m ³
Descargas médias	De 8m ³ a 200m ³
Grandes descargas	Acima de 200m ³

Fonte: MMA (2004).

O adensamento de trabalhos de Cartas SAO no litoral e no mar, concomitante à flagrante e emergente necessidade da existência dessa ferramenta em outros ambientes, faz surgir, não apenas no Brasil, propostas à adaptação do mapeamento da sensibilidade ambiental ao óleo para ambientes continentais.

2.2.3 Outros mapas de sensibilidade ambiental

Assim como aconteceu aos ambientes costeiros e marinhos, o mapeamento da sensibilidade ambiental ao óleo em outros ambientes também resultou na diversidade metodológica. Nesse caso, há alguns mapas que buscam se alinhar com a proposta NOAA, utilizando o seu sistema de ranqueamento e simbologia, outros, porém, se contrapõem a tal proposta utilizando métodos mais ou menos conhecidos.

Deste modo, não serão todas as variações metodológicas que serão discutidas ou apresentadas nessa seção, uma vez que se correria o risco de focar erroneamente um método que não irá contribuir à realização do estudo em detrimento a outro.

O favorecimento aos ambientes marinhos e costeiros nos primeiros trabalhos de sensibilidade ambiental a derrames de óleo é notado atualmente com a consolidação e variedade de metodologias voltadas a esses ambientes.

Há, entretanto, um volume crescente de estudos que propõem utilizar a sensibilidade ambiental ao óleo para outros ambientes diferentes das do costeiro. Naturalmente, o meio que talvez receba mais tentativas nesse sentido sejam os dulciaquícolas, com destaque aos fluviais.

A NOAA, em atenção a esse fato, incluiu na atualização dos índices do seu guia a sensibilidade de ambientes lacustres, fluviais e palustres³ (NOAA, 1995; PETERSEN et al., 2002).

Com a inclusão de ambientes aquáticos interiores pela NOAA, outros estudos passaram a aplicar ou propor métodos semelhantes. Estes ambientes já contam com uma gama de estudos teórico e/ou aplicado, e.g. Hayes et al. (1995), para os Grandes Lagos canadenses; Hayes et al. (1997), para o sudeste dos EUA; Zengel et al. (2001a), para o Caribe; Zengel et al. (2001b), para o sul do Estado da Flórida (EUA); Araujo et al. (2006), para a Região Amazônica; Ferreira e Beaumord (2008), para Itajaí, Estado de Santa Catarina; dentre outros.

Dois casos que podem exemplificar a diversidade e desafios inerentes a esse tipo de estudo, o Índice de Sensibilidade ao Alcance (HAYES et al., 1997) e o Índice de

³ Relativo a lagos, rios e pântanos, respectivamente.

Sensibilidade Ambiental Fluvial da Região Amazônica a Derrames de Óleo (ARAUJO et al., 2006).

O Índice de Sensibilidade ao Alcance, do inglês *the Reach Sensitivity Index (RSI) for mapping rivers and streams*, proposto por Hayes et al. (1997) aplicou a pequenos rios e córregos do sudeste dos Estados Unidos um índice baseado na navegabilidade do rio, no padrão de corrente d'água, no tamanho do rio, na ocorrência de pontos de acúmulo próprio ao tipo do rio e na presença de escoamento e bifurcações nos canais.

A proposta de Araujo et al. (2006), diferente da proposta anterior, se além aos tipos de feições encontradas no canal (margem de rio, praias, cachoeiras, barras/bancos), em planícies fluviais (lago/planície exposta, floresta alagável, chavascal e banco vegetado) e de transição entre ambas (furos e bocas de lagos). A conformidade entre ambos é o emprego do ranking de 1 a 10, similar ao consagrado pela NOAA.

Ainda no meio dulciaquícolas há o Índice de Sensibilidade de Bacias Hidrográficas (WVI, do inglês, *Watershed Vulnerability Index*) (JENSEN et al., 1998; WEATHERS et al., 2009). Esse índice é uma extensão do RSI em uma unidade de gestão baseado no meio físico continental e em escala regional. A proposta do WVI, apesar de não possuir uma linha metodológica homogênea, é identificar em qual setor da bacia há rios e córregos ambientalmente mais sensíveis (WEATHERS et al., 2009) ou mesmo aquelas bacias de alta prioridade ao mapeamento e planejamento de áreas sensíveis (JENSEN, et al., 1998).

Nos ambientes terrestres, as áreas adjacentes aos modais de transporte e às bases de refino ou armazenamento são as que permitem a aplicação das Cartas de Sensibilidade Ambiental para Derramamentos de Óleo.

Nesse contexto, os dutos já possuem algumas tentativas metodológicas, sendo um dos primeiros a possuir um mapa de sensibilidade ao óleo, com o trabalho de Walker et al., em 1978.

Contemporaneamente, os trabalhos de Mendes et al. (2005) e Gundlach et al. (2005) se destacam por resgatar a sensibilidade para áreas de dutos. Em ambos os casos há a tentativa de alinhamento ao método NOAA, sendo utilizada a classificação 1-10 para os índices e os símbolos padronizados daquele órgão. No caso brasileiro, onde é proposto o Mapeamento do Risco Ambiental (MARA) (MENDES et al., 2005), há, inclusive, uma proposta de como se aferir os índices a partir da atribuição de pesos aos diferentes parâmetros ambientais baseados na biodiversidade, recuperação ambiental e sensibilidade dos habitats (Tabela 1).

Essa abordagem é conveniente ao estudo que aqui se propõe, pois avaliam ambientes interiores/continentais tropicais, os quais são semelhantes ao que são encontrados em

rodovias, além de constituírem um modal linear, semelhante ao rodoviário. Os dutos, entretanto, possuem maior potencial poluidor em se tratando de volume.

Tabela 1 – Classificação da Sensibilidade Ambiental para dutos.

AMBIENTES / HABITATS	Biodiversidade		Recuperação ambiental			Sensibilidade	
	RARIDADE ESPÉCIES RARAS	GRAU DE COMPLEXIDADE DA COMUNIDADE BIOLÓGICA	PERSISTÊNCIA DO ÓLEO NO AMBIENTE	GRAU DE COMPLEXIDADE DAS OPERAÇÕES DE LIMPEZA	RESTRICÇÕES À REGENERAÇÃO NATURAL	NÍVEL DE SENSIBILIDADE	CLASSIFICAÇÃO FINAL
Campo / Campo de altitude	1	1	1	1	1	5	1a
Vegetação de dunas	1	1	1	1	1	5	1b
Campo de restinga	2	1	2	1	2	8	2
Cerrado / Campo cerrado	2	2	2	1	2	9	3
Mata ciliar (rio encaixado)	2	2	2	2	2	10	4
Comunidades rupestres (litorâneas)	3	3	1	1	3	11	5a
Campo rupestre	3	3	1	1	3	11	5b
Floresta Estacional Semidecidual	3	2	2	2	2	11	5c
Jundu (escrube)	2	2	2	3	3	12	6a
Mata de restinga sobre/entre cordões arenosos	3	3	2	2	2	12	6b
Matas de transição restinga / encosta	2	3	1	3	3	12	6c
Floresta Ombrófila Densa Atlântica	2	3	1	3	3	12	6d
Cerradão	3	2	3	2	2	12	6e
Matas de restinga paludosa	3	3	3	3	2	14	7
Mata ciliar (várzea/alagado)	3	3	3	3	3	15	8

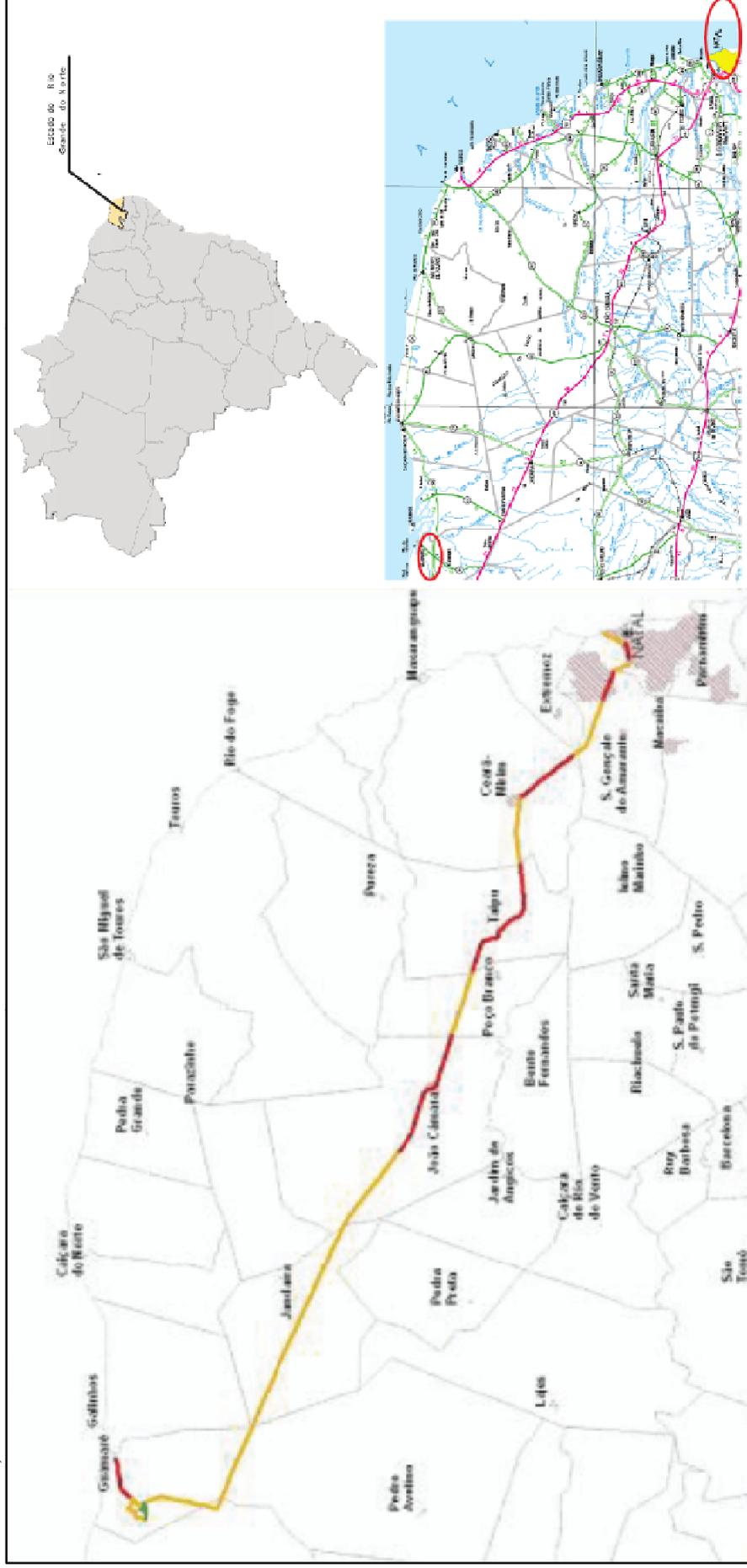
Fonte: Mendes et al., 2005

A composição de Carta SAO para rodovias e ferrovias ainda está em estágio embrionário, não havendo publicações representativas para o segundo caso. A sensibilidade ambiental em áreas rodoviárias tem no trabalho de Mattos (2008) um dos poucos estudos pioneiros nesse tipo de modal.

O estudo de Mattos (2008) propõe o “Índice de Sensibilidade Rodoviário” (RoSI⁴, *Road Sensitivity Index*) e sugere três classes: sensibilidade ambiental baixa, média e alta. Estas classes são estimadas a partir da segmentação da rodovia em extensões de 3 km, para rodovias dentro do perímetro urbano, ou 10 km, para rodovias fora do perímetro urbano (Figura 14).

⁴ A sigla para o *Road Sensitivity Index* é RSI. Esta, porém, é a mesma utilizada para o *Reach Sensitivity Index*. Deste modo, adotou-se, neste estudo, a sigla RoSI.

Figura 14 – Representação cartográfica do RoSI aplicado à BR 406 (RN). Vermelho = Alta Sensibilidade Ambiental; Amarelo = Sensibilidade Ambiental Moderada; Verde = Baixa Sensibilidade Ambiental.⁵



Fonte: Mattos (2008).

⁵ A qualidade da imagem corresponde a mesma apresentada na fonte.

Figura 15 – Tabela demonstrativa da definição do RoSI parcial. Vermelho = alto; Amarelo = moderado; Verde = baixo.

Stretchet	Table 1 - Road Vulnerability Index (RDI)																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Class 1: Social Economic Environment (Weigth = 1.5)																							
1.1 Urban residential area	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
1.2 Country residential area	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
1.3 Commercial / Industrial area	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
1.4 Conservation Unit	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
Class 2: Physical Biological Environment (Weigth = 1.5)																							
2.1 Hydrographic perennial research	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
2.2 Hydrographic non-perennial research	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
2.3 Fluvionaty	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
2.4 Geomorphology sensibility	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
2.5 Large scale vegetation occurrence	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
Class 3: Road structure (Weigth = 2.0)																							
3.1 Road vtrages	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
3.2 Downlopes and uplopes	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
3.3 Hazardous curves	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
3.4 Hazardous inter-actioms	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
Class 4: Road operation (Weigth = 3.0)																							
4.1 Protections on bridges / Differences in level	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
4.2 Road faults	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
4.3 Intensity of traffic	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
4.4 Road/ highway inspections/monitoring	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
4.5 Traffic signals and signs	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
4.6 Soft slopes	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
4.7 Incidence of animals on the road	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
Class 5: Emergency support (Weigth = 1.0)																							
5.1 Road services	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
5.2 Health care units	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
5.3 Firefighting units	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
5.4 Rescue units	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
5.5 Means of communication	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
RAR	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
TOTAL (Weigth = 10)	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
Legend:	AVERAGE LOW																						

Fonte: Mattos (2008).

Cada trecho é classificado de acordo com as condições ambientais e estruturais da rodovia (Figura 15), a partir da soma de um índice de sensibilidade ambiental parcial com o índice de acidentes registrados, respectivamente. Nesse processo são atribuídos pesos e cores representativas a diferentes parâmetros utilizados (Figura 15).

Se comparado com a Carta SAO difundida pela NOAA, nota-se que os elementos faunístico e socioeconômico não são apresentados como camada (*layer*) na representação cartográfica, conforme pode ser observado na Figura 14. Estes, entretanto, são utilizados como parâmetros de análise à composição das classes do índice (Figura 15).

Saindo dos sistemas dinâmicos e naturais e partindo para sistemas estáticos e antrópicos, Santos (2008) inova ao elaborar uma carta de sensibilidade ambiental aplicada a postos de combustíveis da cidade de Rio Claro (SP). Semelhante à proposta de Mattos (2008), Santos (2008) acolhe apenas um índice de ranking de três classes de sensibilidade ambiental (baixa, média e alta).

2.2.4 As Geotecnologias e as Cartas SAO

Os principais problemas com as Cartas SAO no início de sua concepção e aplicação eram a dificuldade e custo de sua atualização. De acordo com Sorensen (1995), na produção de um atlas típico composto por Cartas SAO, por exemplo, uma equipe obtinha a informação de várias bases de dados, sintetizava o material e transcrevia diretamente no mapa base. Quando era necessária uma atualização, o que ocorria em um curto espaço de tempo, todo esse procedimento deveria ser refeito.

Até 1989, os mapas de sensibilidade ambiental eram produzidos em papel, com distribuição limitada, justamente devido aos custos de produção e sem meios para uma rápida atualização (PETERSEN et al. 2002). A partir desse ano, o uso das geotecnologias passou a modernizar o sistema de produção desses mapas, tornando-os mais dinâmicos e acessíveis.

As geotecnologias “são o conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e oferta de informações com referência geográfica” (ROSA, 2005, p.1). São geotecnologias, dentre outros, o Sistema de Posicionamento Global (GPS – *Global Positioning System*), o Desenho Auxiliado por Computador (CAD – *Computer Aided Design*), o Sistema de Informações Geográficas (SIG) e o Sensoriamento Remoto.

As principais vantagens do uso das geotecnologias na produção das Cartas SAO são: a identificação e extração de informações dos ecossistemas a partir da análise visual e/ou digital de imagens de sensoriamento remoto; o armazenamento e organização dos dados em um Banco de Dados Geográficos (BDG), permitindo a rápida identificação, recuperação e

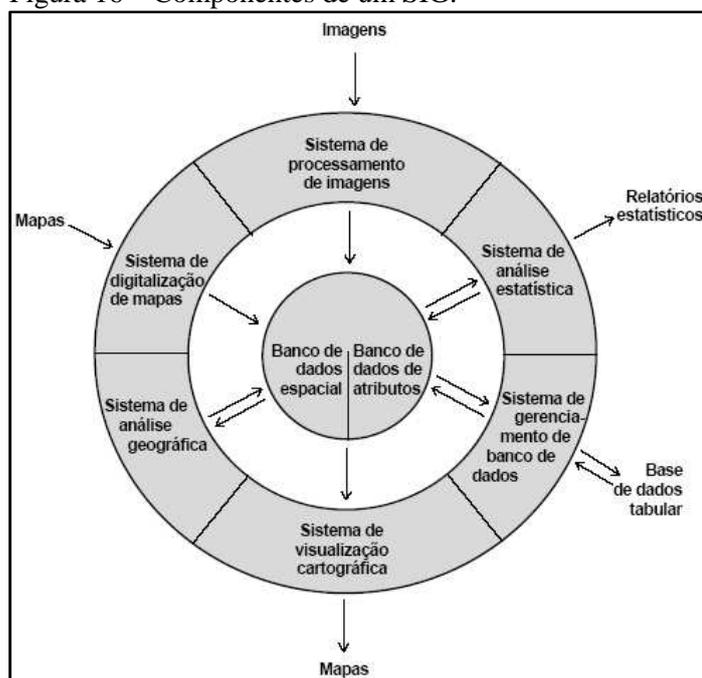
atualização dos dados; e a integração das imagens com dados coletados *in situ* para a geração de mapas e simulações de cenários através de análise espacial (GHERARDI; CABRAL, 2007).

Mesmo com o evidente uso das geotecnologias na produção de Cartas SAO, é necessário salientar que este deve ser realizado em conjunção com levantamentos de campo, sinergia com eficácia já comprovada em diversos estudos desse gênero.

Os dispositivos utilizados na aquisição, gerenciamento, análise e apresentação dos dados georreferenciados que interessam ao espaço objeto de estudo, passíveis de serem monitorados no tempo, além de propiciar simulações de eventos e situações complexas da realidade são os SIGs (MARTINELLI, 2006, p. 28).

A tecnologia SIG integra operações convencionais de bases de dados com possibilidades de seleção e busca de informações e análise estatística em conjunto com a alternativa à visualização e análise geográfica oferecida pelo mapa (SANTOS et al., 2000). A Figura 16 demonstra os componentes encontrados em um SIG.

Figura 16 – Componentes de um SIG.



Fonte: Eastman (1998).

A metodologia para a criação de Cartas SAO utilizando a tecnologia SIG, de acordo com Jensen et al. (1998), envolve: reunião com especialistas em recursos locais e regionais; documentação da localização de recursos biológicos, de uso antrópico e ambiental; compilação de informação em mapas e tabelas; digitalização de dados espaciais e informação de atributo em formato digital específico; desempenho da classificação da sensibilidade

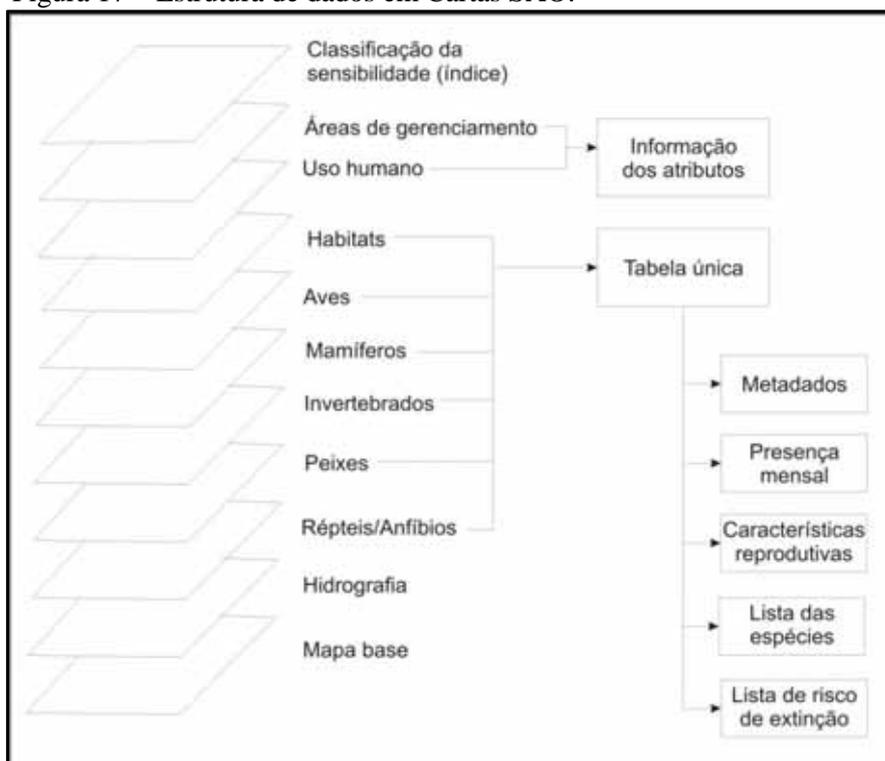
ambiental; produção inicial de mapas de ISA e tabelas de atributos à revisão; incorporação/edição de especialistas em recursos locais; produção final das Cartas SAO e tabulação dos produtos; e liberação dos produtos digitais (inclusive os metadados) para disseminação.

Essa metodologia é estruturada em camadas e alguns de seus componentes têm seus dados ligados a partir do sistema de gerenciamento de banco de dados. A Figura 17 demonstra a estrutura de dados comumente utilizada em Cartas SAO.

Nessa estrutura é possível notar a presença de algumas camadas as quais podem ser obtidas com o uso de outras geotecnologias, tais como o GPS e o sensoriamento remoto.

O GPS, sistema de posicionamento via satélite no qual é possível aferir a localização precisa de um determinado objeto-alvo sobre a superfície da Terra, é utilizado não só na obtenção da posição geográfica dos recursos biológicos e de uso humano, mas também no auxílio de procedimentos no uso do sensoriamento remoto.

Figura 17 – Estrutura de dados em Cartas SAO.



Fonte: Adaptado de Jensen et al. (1998).

O sensoriamento remoto é a tecnologia por meio da qual se adquire informações sobre objetos ou fenômenos sem contato físico com os mesmos por meio de equipamentos (sensores) capazes de converter a energia procedente do objeto em sinal passível à extração de informações (NOVO, 1992). Essas informações podem ser a disposição hidrográfica, o uso do

solo e/ou a tipologia vegetacional de uma dada região, por exemplo, todas essenciais à produção de Cartas SAO.

Existem atualmente dezenas de sistemas sensores e programas institucionais voltados ao sensoriamento remoto com as características mais variáveis (resolução – espectral, temporal, espacial e radiométrico; plataforma – aéreo, sub-orbital e orbital; fonte de energia – ativo ou passivo; região do espectro atuante – óptica (termais e de energia solar refletida) ou de microondas; forma de captação – imageadores e não-imageadores; polarização – horizontal e vertical; ângulo de inclinação; etc.

Há ainda variadas técnicas utilizadas na análise de produtos de sensoriamento remoto, por meio de processamento digital de imagens, divididas em fases como o pré-processamento de imagens (correções radiométricas e geométricas), o realce das imagens, a classificação. Existem ainda o reconhecimento de padrões a partir de estatísticas inferenciais, o processamento fotogramétrico em imagens estereoscópicas, os sistemas especialistas (árvore de decisão) e análise de imagens usando redes neurais, análises de dados hiperespectrais, e detecção de mudanças (JENSEN, 2009).

A variedade de possibilidades de instrumentos sensores, processamento das imagens e até mesmo dos métodos e aplicativos utilizados ao processamento é refletida de diversas formas na produção das Cartas SAO. Deste modo, as propostas, estudos e aplicações de Cartas SAO dificilmente utilizam um método rígido, não só no que se refere ao uso do sensoriamento remoto, mas em todas as geotecnologias.

3. ÁREA DE ESTUDO

3.1 LOCALIZAÇÃO E CONTEXTO

A metodologia proposta nesta tese está baseada em procedimentos de natureza aplicada. Deste modo, foi necessária a adoção de um sítio, no caso, a rodovia, à aplicação e, em alguns casos, adequação/reestruturação conceitual.

A rodovia selecionada para esta tarefa foi a Estrada dos Tamoios, a qual possui heterogeneidade ambiental representativa, não faz parte de consórcio de concessão e detém tráfego ativo de óleo e derivados.

A Estrada dos Tamoios (SP-099) é uma rodovia estadual localizada no leste do estado de São Paulo, na mesorregião denominada Vale do Paraíba Paulista. Com 82 km de extensão, liga o município de São José dos Campos a Caraguatatuba, perpassando pelos municípios de Jambeiro e Paraibuna, este último com maior parte da rodovia sobre seu território (Figura 18).

Apesar de ser uma rodovia, a SP-099 é oficialmente denominada Estrada dos Tamoios, sob efeito da lei 1.796 de 18 de outubro de 1978 (SÃO PAULO, 1978). A denominação “Tamoios” é uma alusão histórica ao nome de uma tribo indígena que habitava o litoral norte paulista e litoral fluminense (DER, 2009).

Sua construção foi realizada na década de 1950 pelo Departamento de Estradas e Rodagens de São Paulo (DER), passando por várias reformas de melhoria e reconstruções ao longo das décadas, tendo, inclusive, a Companhia Energética de São Paulo (CESP) como uma de suas coordenadas em uma reconstrução devido ao enchimento das barragens localizadas no entorno da rodovia (DER, 2009).

Atualmente, é administrada por dois diferentes órgãos, o Desenvolvimento Rodoviário S.A. (DERSA), responsável pelo trecho de perímetro urbano de São José dos Campos, cerca de 7km, e o DER, nos quilômetros restantes.

Possui intersecções com a BR-116 (Via Dutra), SP-070 (Rodovia Governador Carvalho Pinto), SP-103 (Rodovia João do Amaral Gurgel), SP-088 (Professor Alfredo Rolim de Moura) e BR-101/SP-055 (Rodovia Rio Santos / Doutor Manoel Hyppolito Rego) (DER, 2007), as quais contribuem para compor o tráfego estimado de 81.242, volume médio diário de veículos (automóvel, caminhão, ciclomotor, trator, etc.) (DER, 2009).

A Estrada dos Tamoios é peça fundamental nas atividades de ampliação e modernização da infra-estrutura em curso na região leste paulista, motivadas e estimuladas pelos processos de dinamização econômica relacionados com a exploração de petróleo e gás, com destaque

aos provenientes do Pré-Sal, e a reestruturação do Porto de São Sebastião (BREUNIG; MELLO, 2010).

Figura 18 – Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: Adaptado de Oliveira et al. (1999).

Essa modernização exige da SP-099 similar atualização. Todavia, sua duplicação, uma alternativa evolutiva natural, apresenta, de acordo com SEADE (2011a), problemas técnicos e ambientais.

3.2 COMPOSIÇÃO SOCIOECONÔMICA DOS MUNICÍPIOS

Os municípios que serão levados em consideração na análise da composição socioeconômica fazem ligação direta com a Estrada dos Tamoios (São José dos Campos, Jambuí, Paraibuna e Caraguatatuba) mais Santa Branca, que, embora não abarque a rodovia, possui proximidade espacial, podendo receber impactos advindos desta.

Os municípios somam juntos aproximadamente 652.245 habitantes, sendo São José dos Campos o mais populoso, com mais de 80% desse total, ao passo que, dos demais, apenas Caraguatatuba ultrapassa 100.000hab.. A população desses municípios é eminentemente urbana, exceção feita a Paraibuna e Jambuí, de maioria rural (Tabela 2)

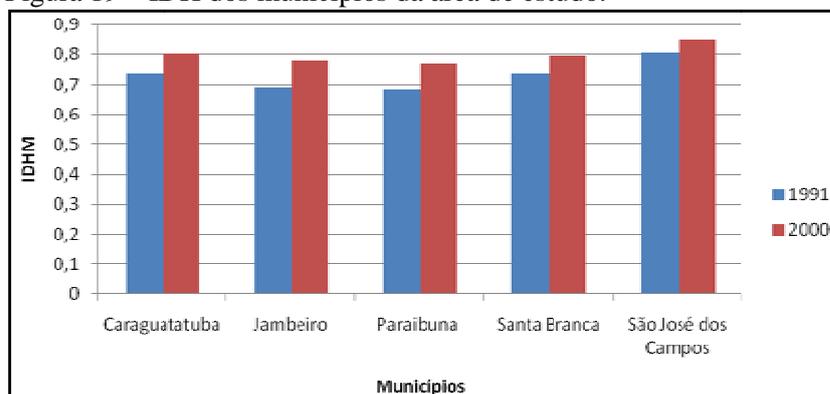
Tabela 2 – População nos municípios da área de influência direta da Estrada dos Tamoios.

Municípios	População (habitantes)	
	Total (2011)	% Urbana (2010)
Caraguatatuba	103.148	95,87
Jambuí	5.494	47,88
Paraibuna	17.425	30,15
Santa Branca	13.837	88,21
São José dos Campos	638.990	97,97
Total	778.894	-

Fonte: SEADE (2011b).

A média do Índice de Desenvolvimento Humano dos Municípios (IDHM), medida que leva em consideração a riqueza/renda, educação e expectativa média de vida da população, é considerada média (abaixo dos 0,8), embora tenha ocorrido um notável aumento nesse índice nos últimos 9 anos, com dois municípios com IDHM considerado alto (acima dos 0,8) (Figura 19).

Figura 19 – IDH dos municípios da área de estudo.



Fonte: PNUD (2010).

Na análise do PIB, o cenário apresentado pelos municípios denota que a economia destes está baseada principalmente nos setores de serviços e industrial, sendo o agropecuário pouco representativo. Os impostos sobre produtos líquidos de subsídios representam 10% do total do PIB, em média. Em valores totais, o destaque, novamente, é o município de São José dos Campos, o qual possui o PIB dez vezes maior que a soma de todos os demais municípios em questão (Tabela).

Tabela 3 – Participação dos setores econômicos no PIB dos municípios da área de influência direta da Estrada dos Tamoios. Ano base: 2008. Valores em R\$ 1.000,00.

Municípios	Setores econômicos						Impostos		Total
	Agropecuária		Indústria		Serviços		R\$	%	R\$
	R\$	%	R\$	%	R\$	%			
Caraguatatuba	5.224	0,57	127.292	13,85	696.840	75,82	89.730	9,76	919.086
Jambeiro	7.035	1,13	422.018	67,76	124.932	20,06	68.865	11,06	622.850
Paraibuna	11.110	8,38	30.690	23,14	82.429	62,14	8.417	6,35	132.646
Santa Branca	3.530	2,17	59.915	36,89	84.341	51,93	14.632	9,01	162.418
São José dos Campos	23.164	0,11	9.208.463	44,45	8.497.572	41,01	2.989.396	14,43	20.718.595

Fonte: IBGE (2009).

Com histórico de desenvolvimento vinculado à agropecuária, como Santa Branca na produção de café e Jambeiro com café e pecuária, ou mesmo Caraguatatuba na exportação de frutas (SEADE, 2011b), o PIB dos municípios refletem perfis variados de desenvolvimento recente (após a década de 1950).

São José dos Campos tem o seu desenvolvimento apoiado na grande indústria, principalmente de capital e de consumo durável, além de grande diversificação econômica também no setor terciário, influenciando nessa esfera os municípios de Jambeiro e Santa Branca (FESPSP, 2007).

Os destaques industriais da região estão ligados, dentre outros, aos setores petroquímicos, automobilístico, químico, bélico, farmacêutico, veterinário, de telecomunicações e, principalmente, aeronáutico, com destaque à presença do Instituto Técnico de Aeronáutica (ITA), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e da Embraer, todas localizadas no município de São José dos Campos (ARAÚJO et al., 2011).

A predominância rural e a representatividade do quadro característico da decadência econômica da região dão a Paraibuna um perfil diferente, tendo como perspectiva de desenvolvimento o turismo rural, histórico e ecológico (ecoturismo), bem como a implantação de condomínios de segunda residência (FESPSP, 2007).

Às margens da rodovia estes perfis são evidentes. Saindo do aglomerado urbano de São José dos Campos sentido litoral, o contraste paisagístico urbano-rural-litoral é notório, sendo

possível observar manchas de silvicultura, indústrias ligadas à pecuária leiteira, loteamentos de condomínios, comércios diversos, até as características turísticas de Caraguatatuba.

Apresentando o mesmo perfil das cidades-balneário de toda a costa paulista, o desenvolvimento no qual Caraguatatuba está baseada (atividades de comércio e serviço) é relacionado principalmente à recreação e lazer à beira-mar, além das casas de veraneio (FESPSP, 2007).

3.3 CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL

3.3.1 Geologia

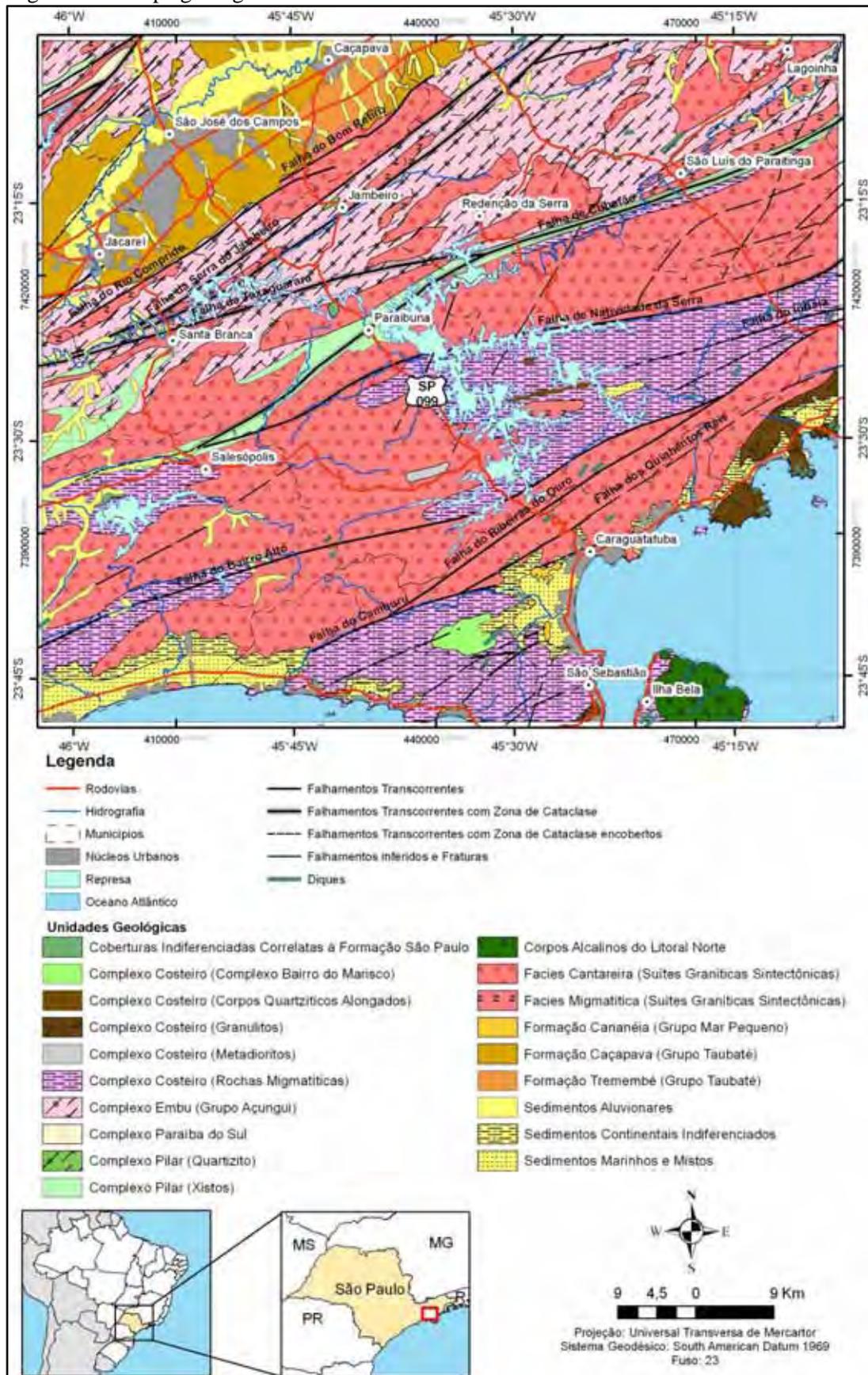
A geologia da região de estudo aqui apresentada, é baseada no trabalho de Bistrichi et al. (1981) que sintetizam a geologia do Estado de São Paulo sob forma de mapa e anexo explicativo. Uma compilação desse mapa focando a área de estudo pode ser observada na Figura 20.

A geologia sob a Estrada dos Tamoios e imediações é caracterizada pela ocorrência de rochas pertencentes ao Escudo Atlântico e por coberturas sedimentares recentes e localizadas. As rochas do Escudo Atlântico cobrem do Arqueano ao Proterozóico superior, enquanto os sedimentos são restritos ao Cenozóico.

As coberturas sedimentares do Cenozóico são constituídas por sedimentos do Quaternário e Formações do Terciário/Quaternário. Os sedimentos quaternários são compostos pelos sedimentos marinhos e mistos (Qm), pelos sedimentos continentais indiferenciados (Qi) e pelos sedimentos aluvionares (Qa), todos do Holoceno. As duas primeiras unidades, Qm e Qi, estão distribuídas apenas na zona costeira, enquanto a terceira é encontrada nos vales fluviais no entorno da sede administrativa de São José dos Campos (Figura 20).

No caso do Qm, os sedimentos são atuais e subatuais, incluindo termos arenosos praias, depósitos marinhos localmente retrabalhados por ação fluvial e/ou eólica, termos arenoso-siltico-argilosos de deposição flúvio-marinho-lacustre e depósitos de mangue; na unidade Qi são encontrados depósitos continentais, incluindo sedimentos elúvio-coluvionares de natureza areno-argilosa e depósitos de caráter variado associados a encostas; enquanto que na Qa, são, no geral, aluviões, incluindo areias inconsolidadas de granulometria variável, argilas e cascalheiras fluviais subordinadamente, em depósitos de calha e/ou terraços.

Figura 20 – Mapa geológico da área de estudo.



Fonte: Extraído de Bistrichi et al. (1981).

Os depósitos pertencentes ao Terciário/Quaternário são formados pelas coberturas indiferenciadas correlatas à Formação São Paulo (TQis) e pela Formação Caçapava (TQc) do Grupo Taubaté. Nos dois casos, dizem respeito ao Neogeno/Pleistoceno e ocorrem numa pequena área conseguinte à intersecção da Tamoios com a represa de Santa Branca e na região da cidade de São José dos Campos (Figura 20), respectivamente.

A unidade TQis é constituída por arenitos conglomeráticos e a TQc por depósitos fluviais, incluindo arenito com lentes subordinadas de folhelhos e termos arcóseos e conglomeráticos restritos.

O restante da área compreende as unidades litológicas do embasamento cristalino, pertencentes ao Arqueano e ao Proterozóico superior. São elas: as Facies Cantareira (PSyc) e Migmatítica (PSym), pertencentes às Suítes Graníticas Sintectônicas, e os Complexos Pilar (PspX) (Grupo Açungui), Embu (PSeM) (Grupo Açungui) e Costeiro (AcM) (Figura 20). Nessas litologias ocorrem falhas transcorrentes com zona de cataclase espessa, falhas de gravidade e fraturas associadas a diques diabásicos do mesosóico.

A unidade Proterozóica Facies Cantareira é a unidade mais representativa da área estudada. Esta aflora desde os sedimentos continentais indiferenciados do quaternário, a sudeste da área de estudo, e é limitada pelo Complexo Embu a noroeste (Figura 20).

Nessa unidade são encontrados corpos para-autóctones e alóctones, foliados, granulação fina e média, textura porfirítica freqüente, contatos parcialmente concordantes e composição granodiorítica a granítica. Estão presentes nessa unidade as Falhas de Caraguatatuba, dos Quinhentos Réis, do Ribeirão do Ouro, do Bairro Alto e de Natividade da Serra.

Na região central da área de estudo, sob a cidade de Paraibuna, pode ser encontrado o Complexo Pilar (PspX). Também sob a cidade de Paraibuna, orientação NO-SE, está localizada a Falha de Cubatão (Figura 20).

O Complexo Pilar é caracterizado por xistos (quarto-mica xistos, biotita-quartzo xistos, muscovita-quartzo xistos, granada-biotita xistos, xistos grafitosos, clorita xistos sericita-biotita xistos, talco xistos, magnetita xistos e calcoxistos), com intercalações subordinadas de filitos, quartzitos, mármores, calcossilíáticas e metassilitos.

O Complexo Costeiro, única unidade pertencente ao Arqueano, é encontrado no entorno dos reservatórios de Paraibuna e Paraitinga, ao norte da Falha do Bairro Alto (Figura 20). São encontrados migmatitos predominantemente estromatíticos e oftálmicos, além de migmatitos policíclicos complexos de paleossoma xistoso e/ou gnáissico.

O Complexo Embu está localizado a noroeste da área de estudo, entre as cidades de Paraibuna e São José dos Campos. É entrecruzado pelas Falhas de Taxaquara, do Alto da Fartura, da Serra do Jambreiro e do Rio Comprido (Figura 20). As litologias são os migmatitos heterogêneos de estruturas variadas, predominando estomatitos de paleossoma xistoso, gnáissico ou anfibiólítico; os migmatitos heterogêneos variados predominando os de natureza homofânica, oftalmítica e facoidal, com ocorrência subordinada de corpos metabásicos.

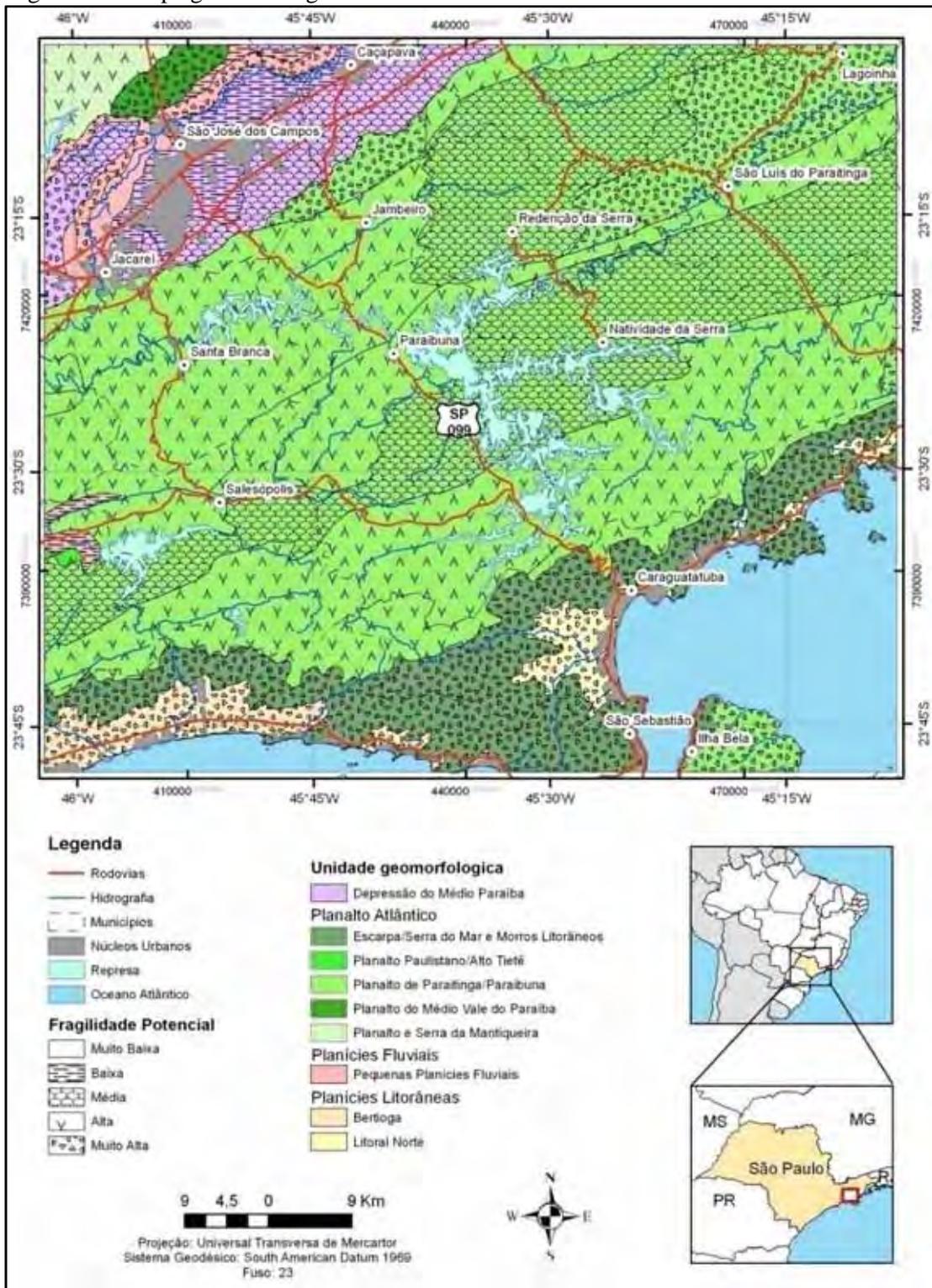
Pertencente às Suítes Graníticas Sintectônicas, a última unidade com ocorrência na área de influência direta da Estrada dos Tamoios é a $PS\gamma m$ (Facies Migmatítica). Esta é encontrada em uma estreita faixa entremeada ao Complexo Embu ($PSeM$) e num vale fluvial entre unidades terciárias/quadernárias, próxima à cidade de São José dos Campos. A $PS\gamma m$ é composta por corpos autóctones orientados, de contatos concordantes a transicionais, incluindo anatexitos, nebulitos e oftalmitos, predominantemente de composição tonalítica a granítica (Figura 20).

3.3.2 Geomorfologia

Considerando a diversidade geológica, a Estrada dos Tamoios atravessa modelados de diferentes características, apresentando variações morfoestruturais, morfoesculturais, de relevo e de fragilidade potencial. Segundo Ross e Moroz (1997) a heterogeneidade geomorfológica encontrada na área de estudo pode ser reconhecida da seguinte forma: a morfoescultura Planície Litorânea (tomando como referência a cidade de Caraguatatuba), cuja unidade morfológica predominante, Litoral Norte, é diferenciada por ser a única planície marinha/fluvial/intertidal percorrida pela Tamoios (Figura 21). A altitude desse modelado varia de 0 a 20m, com declividades predominantes menores que 2%. Nessa unidade o nível de fragilidade potencial é muito alto, com áreas sujeitas a inundações periódicas devido a pouca profundidade do lençol freático e à presença de sedimentos inconsolidados sujeitos a acomodações.

Saindo da Planície Litorânea/Caraguatatuba, sentido São José dos Campos, a Estrada passa pelo macrocompartimento estrutural Planalto Atlântico. O Planalto Atlântico está situado no cinturão orogênico do Atlântico (unidade morfoestrutural) e compreende a maior parte da área de estudo, cerca de 85%, onde são encontradas duas unidades morfológicas, a Escarpa/Serra do Mar e os Morros Litorâneos, localizada imediatamente após a Planície Litorânea do Litoral Norte, e o Planalto de Paraitinga/Paraibuna (Figura 21 e Figura 22A e B).

Figura 21 – Mapa geomorfológico da área de estudo.



Fonte: Extraído de Ross e Moroz (1997).

Na Escarpa/Serra do Mar e nos Morros Litorâneos, a altitude varia de 10 a 1000m e as declividades predominantes de 20 a 30%, sendo que alguns pontos restritos das vertentes ultrapassam esse percentual, podendo chegar a 60%. Assim como na unidade anterior, esta se caracteriza pelo elevado nível de fragilidade potencial (muito alto), no entanto, é diferenciada

pelas formas de dissecação muito intensa, sujeitas a processos erosivos pluvio-fluviais agressivos. O modelado dominante nesta unidade são formas denudacionais, sendo constituída basicamente por escarpas e cristas (Figura 22A).

Figura 22 – Modelados característicos nas diferentes unidades geomorfológicas presentes na área de estudos.



A = Escarpa/Serra do Mar/Morros Litorâneos (Planalto Atlântico) e Litoral Norte (Planície Litorânea); B = Planalto de Paraitinga/Paraibuna (Planalto Atlântico); C = Depressão do Médio Paraíba.

No Planalto de Paraitinga/Paraibuna, unidade que toma mais de 50% da área de estudo (Figura 21), são predominantes os morros altos e alongados. A altimetria varia de 900 a 1200m, maior altitude da área de estudo, com declividade indo de 20 a 30%, alcançando 40% com freqüência. Dois são os níveis de fragilidade potencial identificados nessa unidade (Figura 21): uma alta, onde são encontradas formas muito dissecadas, com vales entalhados associados a vales pouco entalhados, propícias a erosões agressivas, e setores com

probabilidade de ocorrência de movimentos de massa e erosão linear com voçorocas; e uma média, a qual apresenta formas de dissecação de média a alta, com vales entalhados e áreas sujeitas a forte atividade erosiva.

A última unidade morfoestrutural encontrada na área de estudo, próximo à malha urbana de São José dos Campos, é a Depressão do Médio Paraíba (Figuras 21 e 22C). Formada morfologicamente por colinas de topos convexos, essa unidade possui variação altimétrica que vai de 600 a 700m e baixa declividade, de 10 a 20%. A Depressão do Médio Paraíba possui ainda dois diferentes níveis de fragilidade potencial, sendo uma média, com dissecação média a alta, vales entalhados sujeitos a forte atividade erosiva; e uma baixa, com baixa dissecação, vales pouco entalhados e baixa densidade de drenagem, além de potencial erosivo baixo.

3.3.3 Pedologia

Os solos encontrados na área de estudo, levando em consideração o primeiro e o segundo níveis categóricos (EMBRAPA, 1999), são o Cambissolo Háplico, o Espodossolo Ferrocárbicos (antigos Podzóis), variedades de Latossolos Vermelho-amarelos e Argissolos Vermelho-amarelos (antigos Podzólicos Vermelho-Amarelos) (Figura 23). As descrições destes são baseadas em Oliveira et al. (1999), a saber:

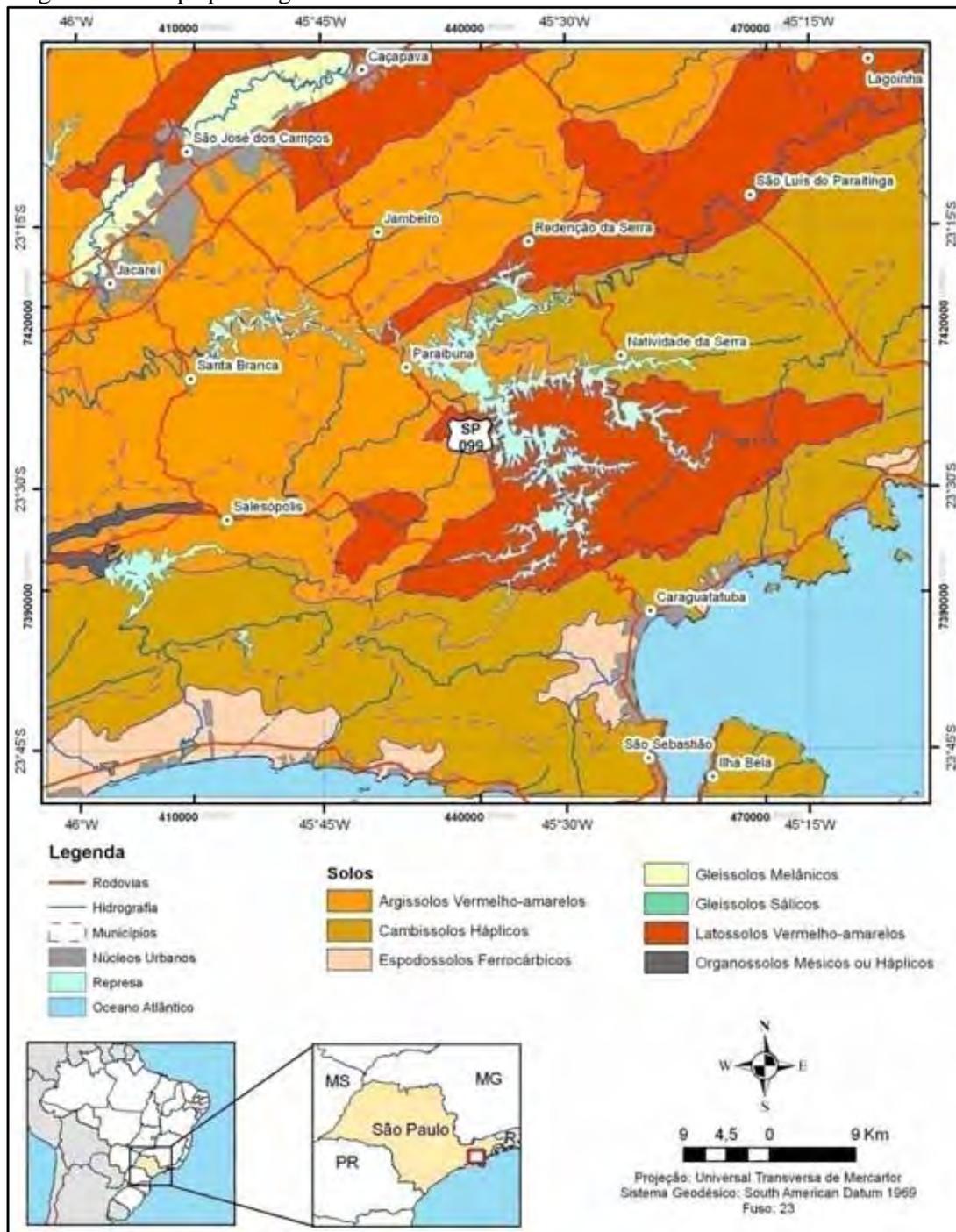
Os Espodossolos estão distribuídos geomorfologicamente na Planície Costeira. Possuem textura arenosa, são predominantemente órticos com horizonte A proeminente e moderado. Podem ocorrer em associação a Neossolos Quartizarênicos, sendo estes órticos, distróficos com horizonte A moderado.

O Cambissolo Háplico possui característica distrófica, textura argilosa e média fase não rochosa e rochosa. Ocorrem nas áreas das Escarpas/Serra do Mar e Morros Litorâneos. Há, em alguns casos, a presença de Latossolos Vermelho-amarelos em associação. Estes são predominantemente distróficos com textura argilosa e A moderado e proeminente.

No planalto, os Latossolos Vermelho-amarelos estão localizados nas cotas de maiores altitudes. Possuem como propriedade serem distróficos com textura argilosa. Há a ocorrência associada de Cambissolos Háplicos distróficos, textura argilosa e média com A moderado.

Ocupando a porção Norte e Oeste da área de estudos, cerca de 50% do total, os Argissolos Vermelho-amarelos são os que possuem maior variação de suas propriedades pedológicas, tomando como referência a área contígua à rodovia. De uma forma geral, esses solos são distróficos com diversidade textural que varia de média/argilosa a argilosa e ocorrência associada a outros Argissolos Vermelho-amarelos com características distintas.

Figura 23 – Mapa pedológico da área de estudo.



Fonte: Extraído de Oliveira et al. (1999).

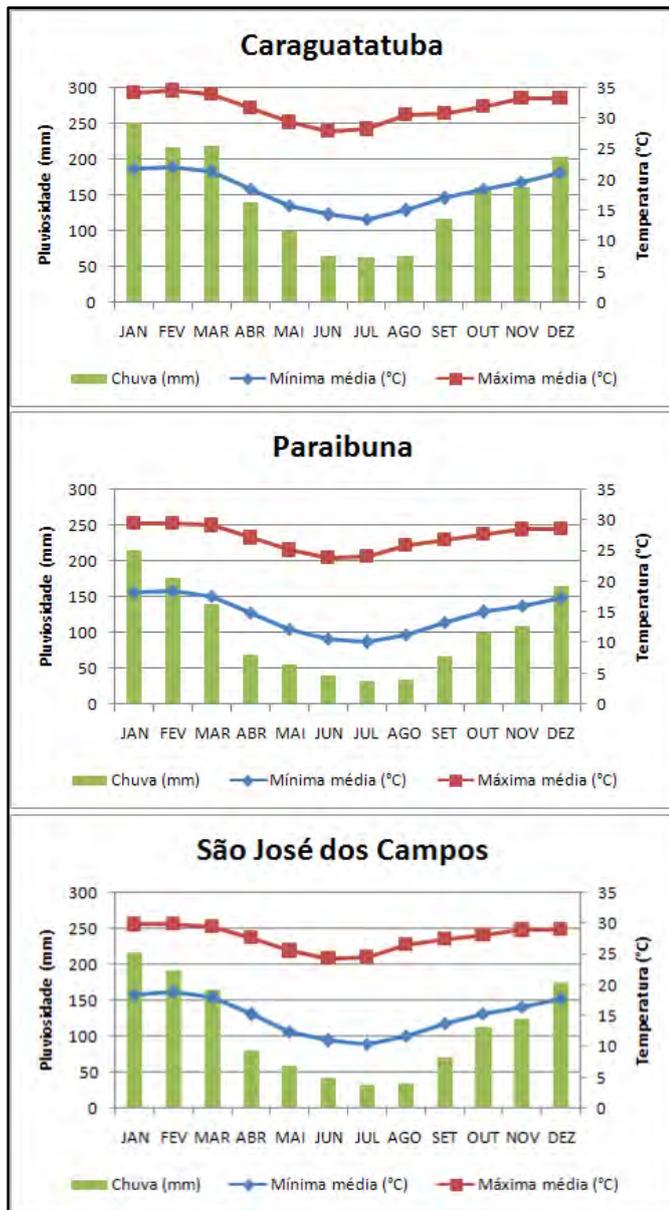
3.3.4 Clima

O clima do Vale do Paraíba é fortemente influenciado pela sua geomorfologia. No litoral norte, a alta pluviosidade está relacionada com a presença da Serra do Mar próxima à costa, uma vez que esta área está menos sujeita à participação das massas polares (30 a 40%

ao ano). Nesse caso, a influência orográfica está relacionada com a massa Tropical Atlântica (MONTEIRO, 1973).

Na Figura 24 **Figura 24** pode ser observada a diferença pluviométrica entre alguns municípios da área de estudo. Caraguatatuba, situada no litoral, apresenta a maior pluviosidade média dentre os três municípios.

Figura 24 – Valores pluviiais e termométricos médios referentes aos municípios mais representativos da área de estudo.



Fonte: CEPAGRI 2009.

Segundo a classificação de Köppen, a faixa climática que cobre a planície costeira pode ser classificada como Af, ou seja, clima tropical sem estação seca, com mais de 60mm

de chuva no mês mais seco, temperatura média do mês mais quente maior que 22°C e temperatura média do mês mais frio maior que 18°C (SETZER, 1966).

Outra faixa climática que pode ser diferenciada na Escarpa da Serra do Mar, entre a Planície Litorânea e o Planalto Atlântico de Paraibuna/Paraitinga (Figura 21), é o clima Cfb, o qual é caracterizado por ser um clima do tipo “temperado sem estação seca”, com total de chuva do mês mais seco maior que 30mm e temperatura média do mês mais quente e mais frio menores que 22°C e 18°C, respectivamente (SETZER, 1966).

No Planalto de Paraibuna/Paraitinga há uma faixa que está ligada genericamente ao litoral norte, com diferença na distribuição das chuvas, sendo possível a distinção de um período seco, ainda influenciada pelo relevo, aliadas a menores temperaturas à medida que se aumenta a altitude (MONTEIRO, 1973).

O clima no Planalto de Paraibuna/Paraitinga é classificado como Cwb. Essa classificação denota clima temperado com inverno seco. Nesse tipo climático, as chuvas do mês mais seco não ultrapassam os 30mm. A média do mês mais quente não supera os 22°C, ao passo que a do mês mais frio é inferior aos 19°C (SETZER, 1966). A distribuição das variáveis utilizadas para a classificação de Köppen para o município de Paraibuna, geograficamente central na área de estudo e no Planalto de Paraibuna/Paraitinga, pode ser observado na Figura 24.

A última tipologia climática encontrada na área de estudo está localizada na Depressão do Médio Paraíba (Figura 21). A individualização geomorfológica dessa unidade é acompanhada de uma feição climática diferenciada. Nessa área há a predominância de atuação do ar vindo do oceano, com menor umidade, deixada na região das Escarpas da Serra do Mar (MONTEIRO, 1973). O tipo climático é o Cwa, quente com inverno seco. Este clima se diferencia do Cwb apenas pela temperatura média do mês mais quente, o qual é maior que 2°C.

3.3.5 Hidrografia

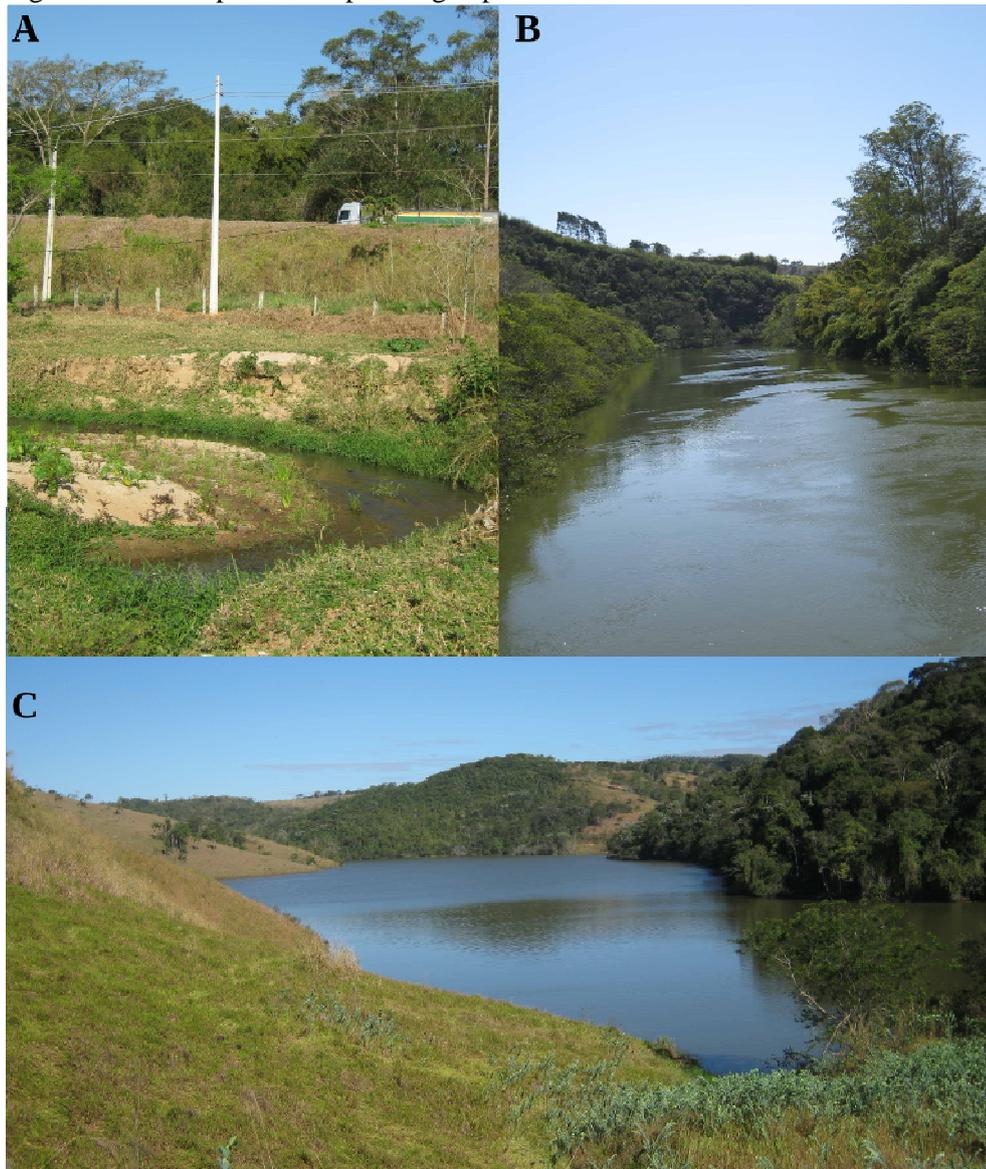
A Estrada dos Tamoios está inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, porção planáltica, limitada pelas escarpas da Serra do Mar, e nas Bacias Hidrográficas Litorâneas de São Paulo, situadas na planície costeira, ambas pertencentes à Região Hidrográfica Atlântico Sudeste (CUNHA, 1998).

Tomando como referência as Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (UGRHIs), nomenclatura utilizada pela gestão estadual como sinônimo de bacia hidrográfica, a Tamoios está situada na UGRHI Paraíba do Sul e na UGRHI Litoral

Norte (SÃO PAULO, 2008), ambas ocupam disposição geográfica similares às das Bacias Hidrográficas do Rio Paraíba do Sul e Litorâneas de São Paulo, respectivamente.

Na Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul, a rodovia cruza três reservatórios, Paraibuna, Paraitinga e Santa Branca, e alguns córregos e rios que alimentam esses reservatórios (Figura 25). Na Bacia Hidrográfica Litorânea há a interceptação da Tamoios apenas com pequenos córregos.

Figura 25 – Exemplos de corpos d'água presentes na área de estudo.



A = córrego em primeiro plano com a estrada dos Tamoios ao fundo; B = Rio Paraíba; C = Represa Paraibuna-Paraitinga.

Os reservatórios de Paraibuna e Paraitinga são conectados geograficamente ao ponto de terem suas águas confundidas (ver Figura 18), formando um único espelho d'água. Para que isso fosse possível foi construído um paredão de 104 m, resultando na maior represa de

terra do Brasil (GUIA NASCENTES DO PARAÍBA, 2010), e uma porção do relevo que dividia as duas barragens foi dinamitada, formando um canal que os interliga (DIAS et al., 2007). Deste modo, ambas as represas são habitualmente tratadas como uma só, Paraibuna-Paraitinga, distinção também adotada no presente estudo.

Os reservatórios de Paraibuna-Paraitinga e Santa Branca foram implantados para o controle das cheias do rio, reduzindo drasticamente as enchentes em sua calha principal, sendo utilizadas apenas secundariamente para aproveitamentos hidroelétricos (COPPETEC, 2007).

Apesar de não compor um único corpo d'água, como nas represas Paraibuna e Paraitinga, o reservatório Santa Branca também possui uma conectividade com o reservatório Paraibuna-Paraitinga. Essa ligação é realizada pelo Rio Paraíba do Sul, o qual é transposto algumas vezes pela rodovia. Alguns afluentes do Paraíba, como o Ribeirão Fartura e o Ribeirão Lageado, também são atravessados por esta rodovia. Outro rio que cruza a Estrada dos Tamoios é o Capivari (ver Figura 18), importante corpo fluvial afluente alimentador da represa Santa Branca.

De um modo geral, os usos da água na bacia do Rio Paraíba do Sul abarcam as atividades humanas em seu conjunto, sendo os principais usos o abastecimento, a diluição de efluentes, a irrigação e geração de energia hidroelétrica e, em menor escala, a aquicultura, a recreação e a navegação (AGEVAP, 2010).

A maior importância estratégica do Rio Paraíba do Sul, entretanto, se deve ao fato de ser a única fonte de abastecimento para mais de 12 milhões de pessoas do Estado do Rio de Janeiro, incluindo cerca de 85% da Região Metropolitana (INEA, 2011). Na área de estudo as águas são enquadradas como de ótima qualidade durante todo o ano CETESB (2010), situação que não se mantém a jusante, devido às diferentes formas de degradação existentes na Bacia, tais como a disposição de resíduos sólidos, expansão urbana, assoreamento e instabilidade, mineração, dentre outros (DE SOUZA JÚNIOR, 2004).

No aspecto dos recursos hídricos subterrâneos a área pode ser dividida em dois grupos, um correspondente ao aquífero sedimentar e outro ao aquífero fissurado. O aquífero sedimentar compreende os sedimentos da formação Caçapava (Grupo Taubaté), restrito ao município de São José dos Campos (ver Figura 20), e constitui as melhores condições hidrogeológicas para fins de captação (FESPSP, 2007).

O aquífero fissurado, o qual abrange integralmente os municípios de Santa Branca, Jambuí e Paraibuna, além de boa parte do município de Caraguatatuba, é composto pelo sistema cristalino, caracterizado por sua abrangência regional e caráter fissurado, descontínuo,

heterogêneo e anisotrópico, com comportamento eventualmente como aquífero livre a semi-confinado (FESPSP, 2007).

3.3.6 Cobertura vegetal, unidades de conservação e uso da terra

O Estado de São Paulo perdeu em pouco mais de um século perto de 89% (15.776.848 ha) das formações vegetais originais (SMA, 2002). Esse cenário de desmatamento é refletido na cobertura vegetal atual da área de estudo.

Dos remanescentes vegetais do Estado, seis tipos são encontrados nas adjacências da Tamoios (KRONKA, 2005): Floresta Ombrófila Densa Montana, Secundária de Floresta Ombrófila Densa Montana, Floresta Ombrófila Densa Submontana, Secundária de Floresta Ombrófila Densa Submontana e Secundária da Floresta Ombrófila Mista Montana e Savana (Figura 26).

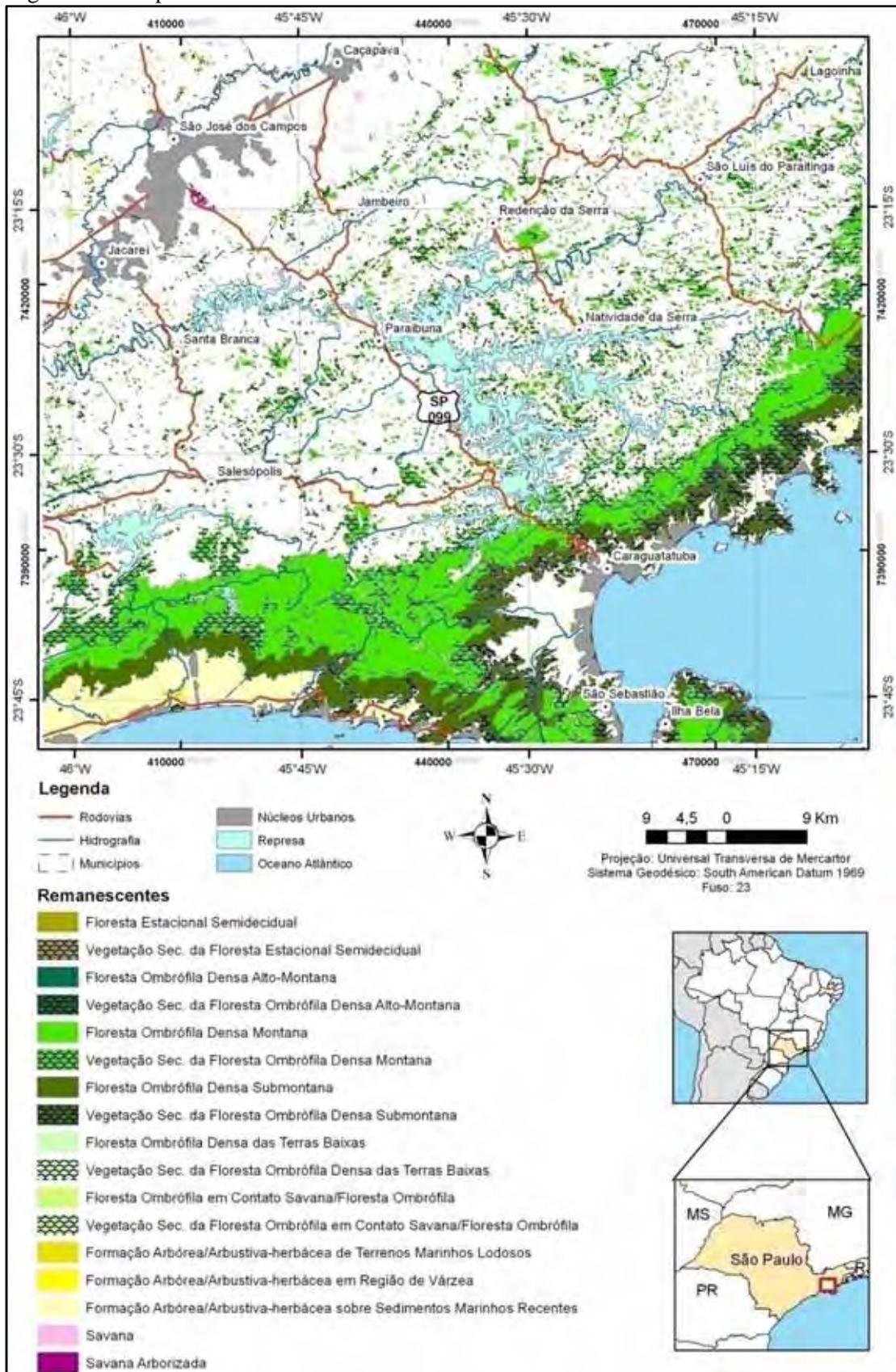
A Floresta Ombrófila Densa Submontana e a Vegetação Secundária de Floresta Ombrófila Densa Submontana estão restritas às escarpas da Serra do Mar (Figuras 26 e 27). Estes tipos fitofisionômicos estão incluídos em duas das três Unidades de Conservação (UC) presentes ao longo da rodovia (SMA, 2000), o Parque Estadual da Serra do Mar, núcleo Caraguatatuba (SÃO PAULO, 1977), e a Área de Proteção Ambiental da Serra do Mar (SÃO PAULO, 1984, 1998).

Dentro do P.E. e da APA da Serra do Mar estão localizadas as maiores e mais extensas áreas de vegetação remanescente ao longo da Tamoios. Nessas UCs são encontradas ainda áreas significativas de Floresta Ombrófila Densa Montana e vegetação Secundária de Floresta Ombrófila Densa Montana (Figuras 26 e 27).

Mesmo estando dentro de outra UC, a da APA da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (BRASIL, 1982), o restante da área de estudo possui apenas pequenos fragmentos de Floresta Ombrófila Densa Montana, Vegetação Secundária de Floresta Ombrófila Densa Montana, Vegetação Secundária da Floresta Ombrófila Mista Montada e de Savana, sendo as duas últimas fitofisionomias encontradas apenas sobre o território do município de São José dos Campos.

Fora os remanescentes das formações vegetais originais, a cobertura vegetal da área de estudo é formada pelo uso do setor agropecuário. As pastagens e/ou campos antrópicos são o tipo de cobertura mais representativa na área de estudo, mais do que todas as formações remanescentes (IGC, 1980).

Figura 26 – Mapa de remanescentes florestais da área de estudo.



Fonte: Extraído de Kronka et al. (2005).

Além das pastagens e/ou campos antrópicos, a silvicultura possui áreas representativas próximo a Tamoios (Figura 28). Pequenas culturas anuais, perenes e o cultivo da cana-de-açúcar completam o panorama acerca da cobertura vegetal nas imediações da rodovia (IGC, 1980).

Figura 27 – Exemplo de remanescentes de Floresta Ombrófila (diferentes subgrupos) presentes na UC do Parque Estadual da Serra do Mar.



Ao longo da rodovia há poucas áreas urbanas (ver Figura 18). Como apenas a cidade de Paraibuna está à margem da Tamoios e uma pequena parte das cidades de São José dos Campos e Caraguatatuba estão dentro do espaço de influência direta da rodovia, o uso do solo por uso urbano é inexpressivo dentro do perímetro estudado.

Figura 28 – Cenário representativo de cobertura vegetal e uso da terra na área de estudo.



Apesar de três décadas de diferença desde a publicação dos dados acima referenciados, outros trabalhos mais recentes correlatos (LABHID, 2002; MARTINS, 2010) confirmam esse padrão de cobertura vegetal dentro da área observada.

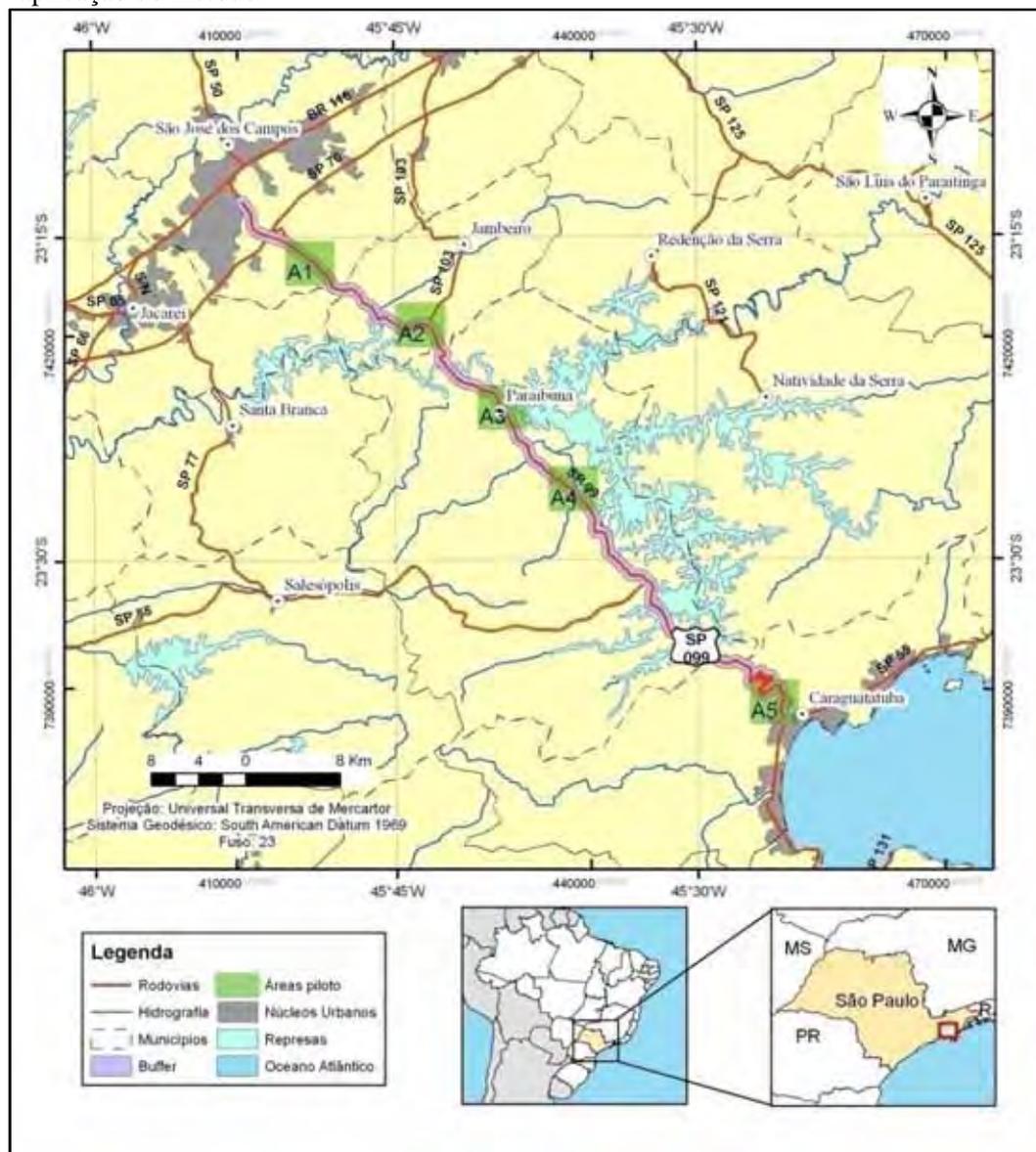
4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 RECORTE ESPACIAL

4.1.1 Área piloto

Devido à extensão da rodovia adotada à concepção e aplicação da metodologia e aos empecilhos intrínsecos a mesma, tal como segurança, heterogeneidade ambiental, disponibilidade de dados secundários, etc., foram definidas cinco áreas piloto, denominadas A1, A2, A3, A4 e A5, possuindo, cada uma, aproximadamente 5 km de extensão (Figura 29 e Tabela 4).

Figura 29 – Áreas piloto e área de influência (*buffer*) utilizadas na concepção e aplicação do método.



Estas áreas foram escolhidas de acordo com a representatividade dos elementos que margeiam a rodovia, i.e., cidades, diversidade de cobertura vegetal, corpos d'água, unidades de gestão ambiental (Área de Proteção Permanente, Unidade de Conservação, etc.), unidades geológicas (sedimentar e cristalina), além da escala cartográfica e diagramação adotadas.

Tabela 4 – Coordenadas e quilometragem de abrangência de cada área piloto.

Área piloto	X1 _ Y1*	X2 _ Y2**	Km inicial	Km final
A1	414275,69815 7424542,72176	418023,19253 7427945,74368	8,015	13,330
A2	423653,11058 7419294,65465	427400,60496 7422697,67657	20,655	25,310
A3	430560,10852 7412241,22738	434307,6029 7415644,24929	31,570	36,185
A4	436584,41397 7405297,26066	440331,90835 7408700,28257	41,520	46,090
A5	453576,29938 7387175,43868	457323,79376 7390578,46059	75,300	81,300

Coordenadas planas: * inferior esquerdo; ** superior direito.

Por estarem inseridas no contexto dos Planos de Emergência Individuais, i.e., fazem parte de um documento ou conjunto de documentos os quais contem informações e procedimentos de resposta a um episódio de poluição por óleo, as Cartas SAO têm como foco o combate ao agente poluidor no menor espaço de tempo possível.

Uma vez que não foi encontrado na literatura o alcance horizontal do óleo em ocorrências de derramamentos, foi delimitada uma área de influência direta (*buffer*) de 500m para cada lado da margem da rodovia (Figura 29). Este limite foi estabelecido a partir das experiências práticas da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) em eventos de derrame de óleo em rodovias.

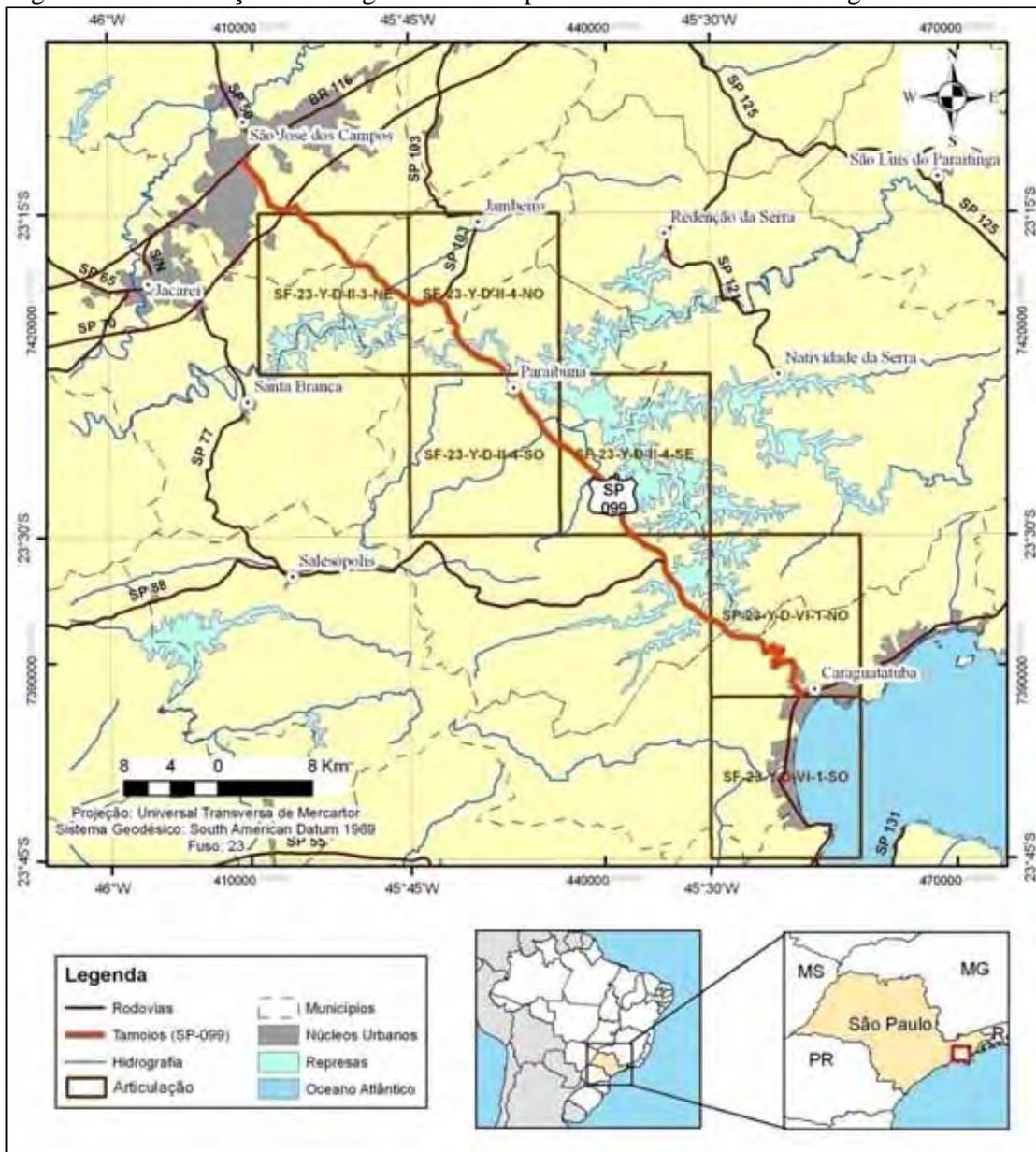
4.1.2 Base cartográfica

Por se tratar de um mapa temático, ou seja, um mapa onde são representados determinados aspectos ou temas sobre outros mapas já existentes, denominados mapa-base (FITZ, 2008), faz-se necessária a utilização de uma base cartográfica para a produção da Carta SAO.

A base cartográfica utilizada no presente estudo foi composta por recortes do mosaico de imagens ortorretificadas SPOT, denominada SPOTMaps. Este mosaico é produzido a partir de imagens do satélite SPOT 5, coloridas, com 2,5m de resolução espacial, não possui cobertura de nuvens na área de estudo e são compatíveis com a escala 1:10.000.

Essas imagens foram cedidas pela Coordenadoria de Planejamento Ambiental (CPLA) da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, Governo de São Paulo, em cor “real” (composição colorida RGB), formato GeoTiff⁶, datadas dentro do intervalo de anos entre 2007 e 2009, recortadas de acordo com a articulação 1:25.000 do IBGE (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) (Figura 30), com o Sistema de Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), Datum SIRGAS (Sistema de Referência Geocêntrico Para As Américas).

Figura 30 – Articulação das imagens SPOTMaps utilizadas como base cartográfica.



⁶ Formato TIFF (*Tagged Image File Format*) com sistema de referência geográfica.

Como suporte, foram utilizadas cartas topográficas do Plano Cartográfico do Estado de São Paulo (Quadro 3), em escala 1:10.000 e equidistância de curvas de nível de 5 metros. As folhas, ano 1977, possuem sistema de projeção UTM e Datum de Córrego Alegre.

As folhas foram rasterizadas na multifuncional Océ TDS400, georreferenciadas e vetorizadas no aplicativo ArcGIS, onde também foi realizada a mudança no Datum, de Córrego Alegre para SIRGAS.

Quadro 3 – Folhas utilizadas como suporte à base cartográfica.

Código “XY”	Nome da folha	Código da folha
85/118	Granja Itambi	SF-23-Y-D-II-3-NE-A
85/119	Fazenda Lampião	SF-23-Y-D-II-3-NE-B
86/120	Bairro Pedreira	SF-23-Y-D-II-4-NO-C
87/120	Fazenda São Vicente	SF-23-Y-D-II-4-NO-E
87/121	Bairro Itapeva	SF-23-Y-D-II-4-NO-F
88/121	Paraibuna	SF-23-Y-D-II-4-SO-B
89/122	Fazenda Vale do Paraguai	SF-23-Y-D-II-4-SE-C
90/122	Fazenda Lageadinho	SF-23-Y-D-II-4-SE-E
93/124	Pico do Tinga	SF-23-Y-D-VI-1-NO-E
93/125	Caraguatatuba I	SF-23-Y-D-VI-1-NO-F

A partir das cartas topográficas vetorizadas, foi gerado um Modelo Numérico de Terreno (MNT), do tipo Rede Triangular Irregular (TIN, *Triangulated Irregular Network*). O TIN foi então transformado em imagem raster originando uma grade regular/retangular, a partir da qual foi gerada uma imagem de relevo sombreado (Figura 31), com as seguintes características: azimute = 315, altitude = 45, fator z = 1, e tamanho do pixel = 1. Essa rotina foi realizada no ArcGIS, com o uso da extensão 3D Analyst.

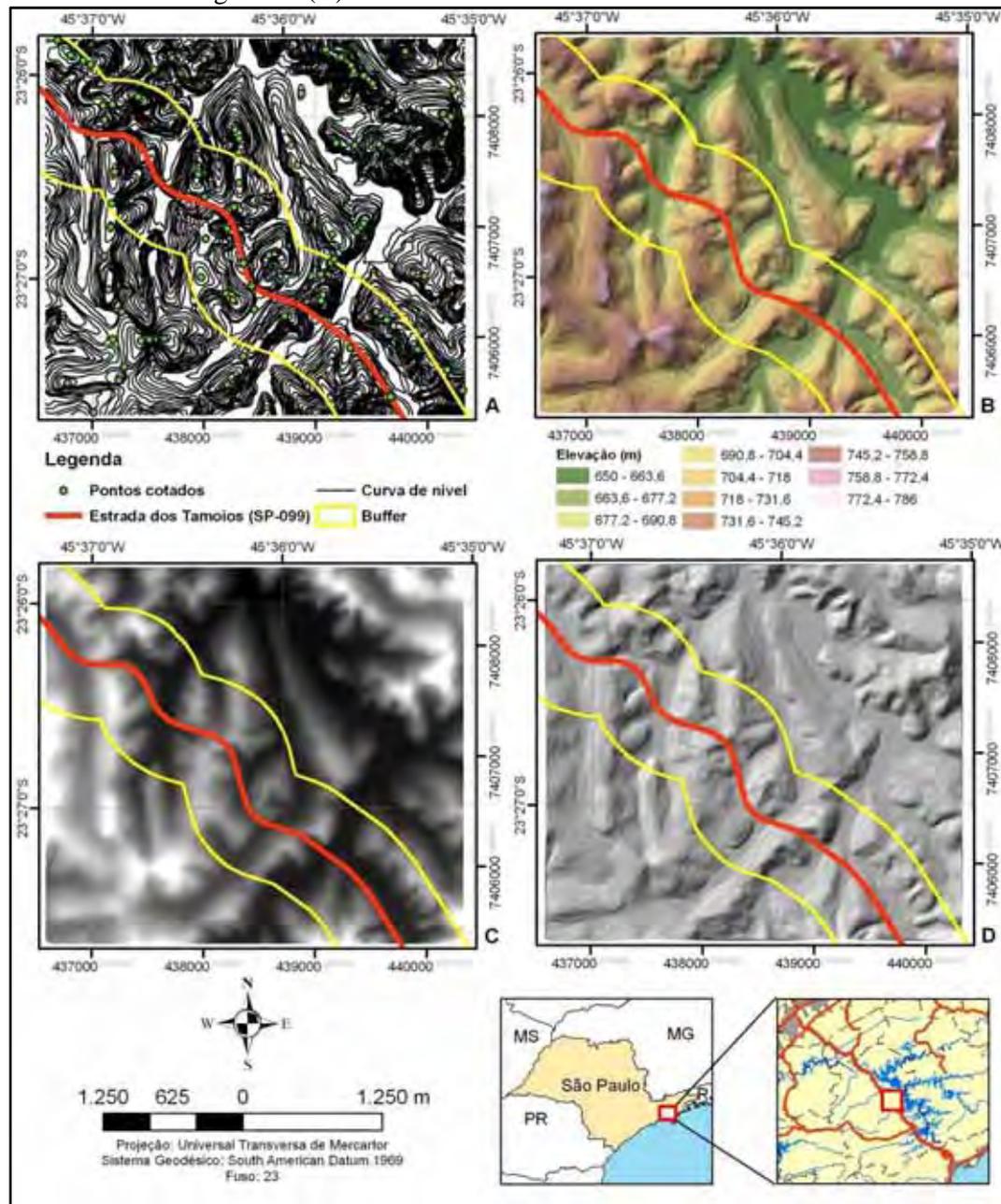
4.1.3 Elementos cartográficos

4.1.3.1 Escala

Dentre os níveis de elaboração ao mapeamento da sensibilidade ambiental ao óleo, o que melhor se enquadra à proposta aqui sugerida é o operacional, por se tratar de uma tipologia de descargas de pequeno e médio volume com dispersão horizontal relativamente restrita. Neste caso, a escala cartográfica exigida é a de detalhe, a qual pode variar de 1:10.000 a 1:50.000, segundo MMA (2004).

A escala utilizada no presente estudo foi a de 1:15.000. A opção por esta escala se deu devido à dependência e disponibilidade de dados secundários, como a imagem SPOTMaps e as cartas topográficas.

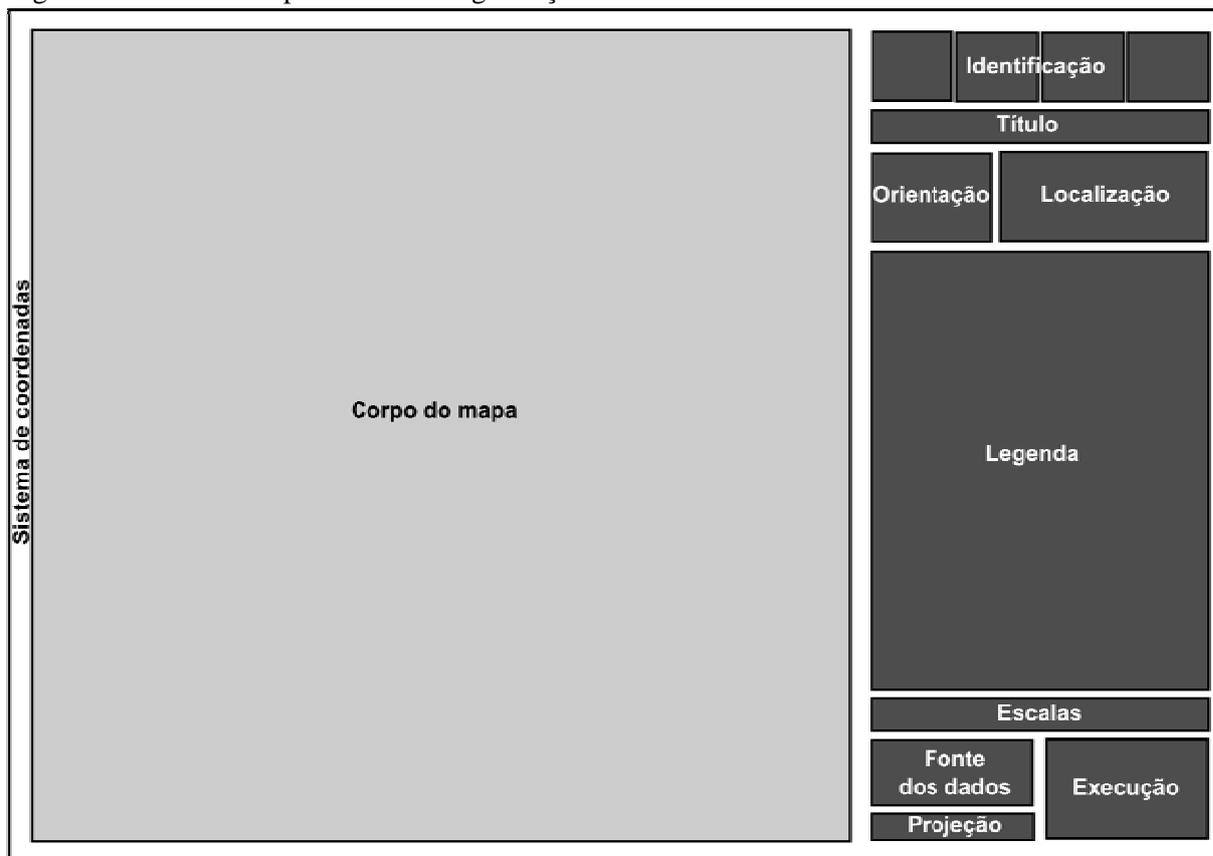
Figura 31 – Exemplo da carta topográfica vetorizada (A), do TIN (B), grade regular (C) e relevo sombreado gerados (D).



4.1.3.2 Diagramação

As cartas foram elaboradas em folha de tamanho A3 (29,7 cm x 42 cm), orientação paisagem, com margens superior e esquerda de 3 cm e inferior e direita de 2 cm. Os elementos presentes na diagramação das cartas, além do corpo do mapa, são os seguintes: identificação, título, localização, orientação, legenda, escalas (numérica e gráfica), sistema de projeção e geodésico, fonte dos dados, execução e reticulado/*grid* (sistema de coordenadas), como apresentado na Figura 32.

Figura 32 – Elementos presentes na diagramação da carta.



Esta diagramação segue o modelo adotado nos mapas produzidos no âmbito do Grupo de Trabalho (GT) de sensibilidade ambiental ao óleo da UNESP e tem sido amplamente aceito nas publicações especializadas.

4.2 COMPONENTES DA CARTA SAO

Como exposto no Capítulo 2, três são os principais elementos da Carta SAO: um sistema de índice de sensibilidade, recursos biologicamente sensíveis ao óleo e uso humano dos recursos de valor comercial, recreacional ou de subsistência.

Devido à peculiaridade de ter sido concebido, evoluído e ter a maior gama de aplicação em ambientes marinhos e costeiros, o que implica em algumas variáveis ambientais particulares, tal como a exposição às ondas, o sistema de índices é o único dos componentes que não é passível de ser aplicado diretamente a áreas rodoviárias.

Deste modo, foi necessária a adaptação do sistema de índices, a partir de parâmetros condizentes com a constituição ambiental terrestre e respectiva dinâmica do óleo nesse meio.

Esta adequação foi estruturada de modo quase que concomitante em sua esfera conceitual e aplicada e, por si só, já é uma contribuição metodológica.

Os demais componentes constituintes da Carta SAO foram adaptados em sua totalidade, seguindo as especificações e normas técnicas do MMA.

4.2.1 Índice de Sensibilidade Ambiental Terrestre - IST

Observando os primeiros ISAs aos derrames de óleo, criados pelos pesquisadores da USC (Universidade da Carolina do Sul, EUA), e os atualmente preponderantes, da NOAA (globalmente) e MMA (nacionalmente), verifica-se que a solução encontrada foi definir os índices baseado nos processos físicos que controlam a deposição do óleo, persistência ou longevidade do óleo no ambiente e extensão do dano biológico (GUNDLACH & HAYES, 1978).

De forma mais simplificada, o ISA é definido de acordo com as características geomorfológicas dos habitats, levando em consideração a persistência natural do óleo e sua limpeza (MMA, 2004).

A caracterização geomorfológica do litoral para fins de classificação, em termos de sensibilidade ambiental ao óleo, é realizada a partir da identificação de segmentos de interesse, ou seja, de trechos da área de estudo com características homogêneas (MMA, 2004), representadas linearmente.

A composição de um Índice de Sensibilidade Ambiental para o modal Rodoviário, aqui denominado como IST (Índice de Sensibilidade Terrestre), buscou seguir a mesma lógica.

A identificação dos segmentos foi realizada a partir da delimitação de zonas homólogas do terreno, uma vez que esta parte do princípio de que, no interior de uma zona, as propriedades dos elementos do meio físico são similares. As zonas homogêneas estabelecidas são representadas como polígonos, correspondentes a áreas do terreno, o que é condizente com os ambientes terrestres, que não são lineares, como ocorre na análise da sensibilidade costeira.

Para a delimitação destas zonas, empregou-se a técnica de compartimentação fisiográfica (VEDOVELLO, 1993), utilizando a lógica e sistemática de interpretação de imagens de fotografia aéreas proposta por Soares e Fiori (1976) e sua adaptação para imagens orbitais realizada por Veneziani e Anjos (1982).

A compartimentação fisiográfica pode ser entendida como a identificação na imagem de sensoriamento remoto de divisões fisiográficas, em diferentes níveis hierárquicos de

classificação, relacionadas às condições morfoambientais e genéticas de uma dada região. (VEDOVELLO, 1993).

O princípio utilizado na compartimentação é que os elementos fisiográficos são resultantes da interação de fatores litológicos, tectônicos, climáticos e morfogenéticos. Esta interação é apresentada sob formas particulares em cada região, determinando, desta forma, diferentes paisagens (VEDOVELLO; MATTOS, 1998).

A identificação das zonas homólogas foi realizada manualmente com base nos elementos texturais e estruturais da drenagem e do relevo, a partir das imagens SPOTMaps, do relevo sombreado e da declividade, esta última gerada de forma automática, no aplicativo ArcGIS, a partir do processamento do MDT.

Com relação à drenagem, levou-se em consideração sua densidade, a partir da digitalização, no ArcGIS, da rede de drenagem identificada nas imagens SPOTMaps, auxiliada pelo relevo sombreado.

As propriedades do relevo analisadas e utilizadas para subsidiar a delimitação das zonas homólogas foram baseadas em Ponçano et al. (1981) e estão dispostas no Quadro 4. As áreas que não apresentavam todas estas propriedades foram identificadas como depósitos fluviais ou marinhos.

A identificação das zonas homólogas a partir da compartimentação (Figura 33) resultou em um banco de dados espacial, onde os polígonos, correspondentes aos vários compartimentos, receberam atributos referentes às diferentes variáveis-chave, consideradas relevantes com relação ao comportamento do óleo no meio terrestre, de forma a definir sua sensibilidade.

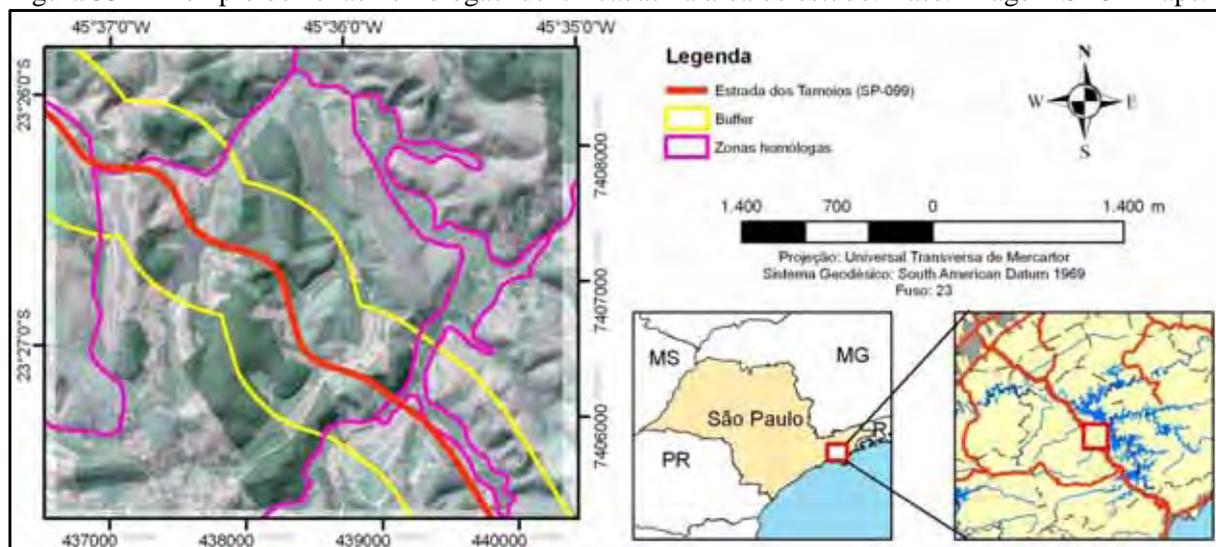
As variáveis-chave elencadas para a composição do IST são: (1) **declividade** (2) **textura do material do perfil de alteração**, (3) **profundidade do perfil de alteração**, (4) **profundidade do nível d'água (lençol freático)**, e (5) **densidade de drenagem**.

A **declividade**, por já ter sido gerada e classificada como propriedade do relevo para fins de compartimentação fisiográfica, foi reempregada como variável (Figura 34), considerando os mesmos intervalos de classe: alta (>30%), intermediária (15-30%) e baixa (<15%).

Após a classificação, foi realizada uma operação zonal. Este tipo de operação utiliza cálculos estatísticos em uma imagem raster no interior de uma zona, cujos limites se localizam em outro conjunto de dados. No caso da declividade, foi calculado automaticamente, com o uso do ArcGIS, o valor que ocorre com maior frequência dentro de

cada zona homóloga, procedimento denominado maioria (*majority*). Os valores obtidos foram agregados ao banco de dados, como sendo o valor de declividade do compartimento.

Figura 33 – Exemplo de zonas homólogas identificadas na área de estudo. Base: imagem SPOTMaps.



A segunda variável, **textura do material do perfil de alteração**, foi aferida a partir da realização de ensaio granulométrico de amostras obtidas em expedições de campo. Em cada compartimento foi recolhida uma amostra de aproximadamente 800 gramas, referente ao horizonte B ou C, dependendo do horizonte exposto em corte no afloramento.

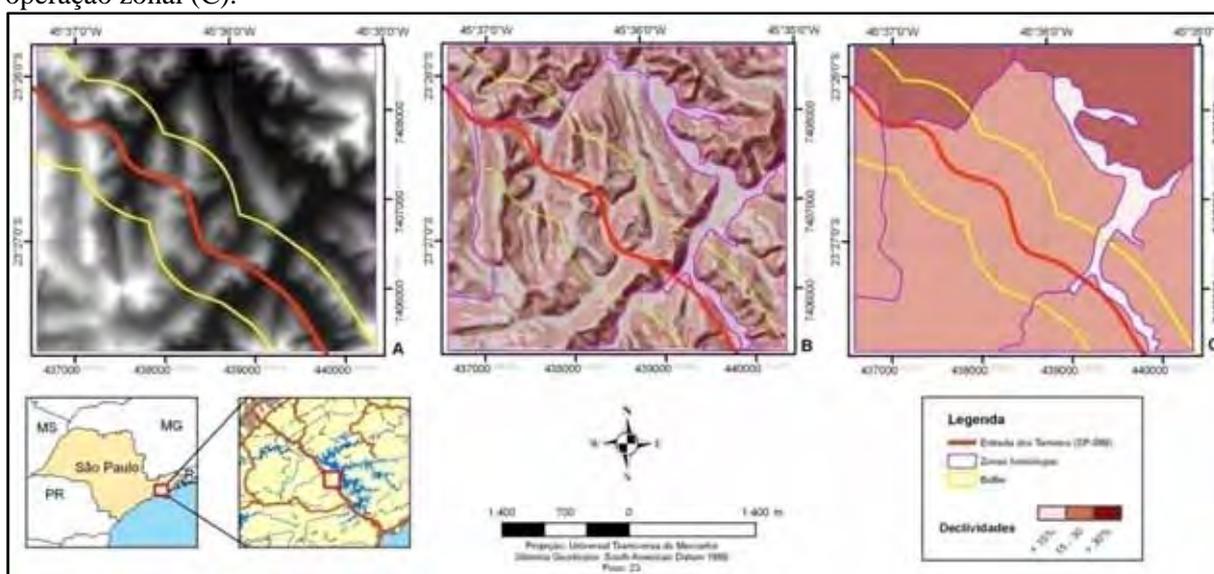
Quadro 4 – Propriedades do relevo utilizadas para a compartimentação fisiográfica.

Propriedades	Categorias	Intervalos	Conceito
Forma dos topos	Aplainado Arredondado Anguloso	-	Convencional
Extensão dos topos	Extenso Restrito	-	Convencional
Perfil das vertentes	Côncava Retilínea Convexa	-	Convencional
Declividade	Baixa Média Alta	< 15% 15-30% > 30%	Inclinação média do perfil da encosta, expressa em porcentagem
Amplitude local	Pequena Média Grande	0-100m 101-300m > 301m	Altura máxima da unidade em metros, acima do assoalho dos grandes vales adjacentes.
Tropia	Muito orientada Orientada Pouco orientada Não orientada	-	Convencional

Fonte: Ponçano (1981)

Cada amostra foi seca por 24h em estufa a 100°C. Já seca, as amostras foram destorroadas, com uso de almofariz e pistilo, e reservadas 100g. Ao material reservado foi aplicado 50ml de defloculante, reagente composto de 45,7g de hexametáfosfato de sódio (Na) para cada litro de água destilada, o qual ficou reagindo por 12h.

Figura 34 – Exemplo do mapa de declividade (B) gerado a partir do MDT (A) e produto resultante da operação zonal (C).



Após este período, o material foi lavado em uma peneira granulométrica de abertura 0,062mm (ABNT 230, Tyler 250). O material retido na peneira foi seco em estufa por 24h a 100°C e peneirado por 10min em agitador mecânico com a seguinte sequência de peneiras: 30, 70, 230 (ABNT).

O material retido em cada peneira foi pesado e os valores foram tabulados e agrupados em três classes: fina para perfis predominadas por argila e site (<0,06mm); média para materiais de granulometria caracterizados por areia fina e média (0,6<0,06mm); e grossa, para materiais com textura maiores que areia grossa (>0,6mm). No SIG, as classes foram adicionadas como atributo no banco de dados das zonas homólogas.

A **espessura do perfil de alteração** é o valor médio do “volume” do material inconsolidado (Vedovello, 1993). As classes desta variável foram estabelecidas de acordo com as técnicas de combate e dinâmica de percolação do óleo no substrato, sendo organizados nos seguintes intervalos: pouco espesso (<1m), espessura intermediária (1m-2m) e muito espesso (>2m).

Para a aquisição destas classes, sua correspondência ao compartimento e, conseqüentemente, inserção no banco de dados, foram realizadas expedições de campo e realizadas medições da espessura do perfil de alteração dentro dos compartimentos. Foram

aproveitados perfis expostos em cortes de estradas e taludes fluviais. A todos os perfis examinados foi obtido o registro fotográfico.

A variável seguinte, **profundidade do nível d'água (lençol freático)**, foi obtida estimando a espessura da zona insaturada, de acordo com Sturaro (2011).

Os procedimentos de Sturaro (2011) consistem em uma aproximação baseada em conceitos de hidrologia e hidrogeologia, conforme segue.

A partir da utilização das cartas topográficas e da imagem SPOTMaps, foram identificados, de modo pontual, cursos d'água, sendo registrados a longitude, latitude e cota altimétrica. Inicialmente, são identificadas as drenagens de maior ordem da área de estudo, que são consideradas com afloramentos do lençol freático. Avalia-se a maior e a menor cota do nível d'água, baseado na análise do percurso do rio no mapa topográfico. Na sequência, são identificados os pontos de intersecção de drenagens de ordens inferiores, que possam representar afloramentos do lençol freático, registrando-se sua coordenada geográfica e cota topográfica. Estes pontos foram tabulados e complementados com informações obtidas em expedições de campo, dados de profundidade do NA disponíveis no Relatório de outorgas do Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE, 2011) e no Estudo de Impacto Ambiental (EIA) da Rodovia dos Tamoios (FESPSP, 2007).

Com o uso do aplicativo Surfer 8, os registros tabulados foram transformados em uma malha regular. Esta malha foi subtraída da malha topográfica (MDT). A diferença entre as duas malhas resultou em uma malha que representa a profundidade do NA.

As classes para esta variável foram definidas de acordo com o quantil do número de classes dos dados aferidos. Foram atribuídas as seguintes terminologias: raso para profundidade até 15m; intermediário para NA entre 15 e 45m de profundidade; e profundo quando o NA tiver mais de que 45m de profundidade.

Após a divisão em classes, esta variável foi acrescentada ao banco de dados da mesma forma que as duas anteriores, a partir da operação zonal presente no aplicativo ArcGIS.

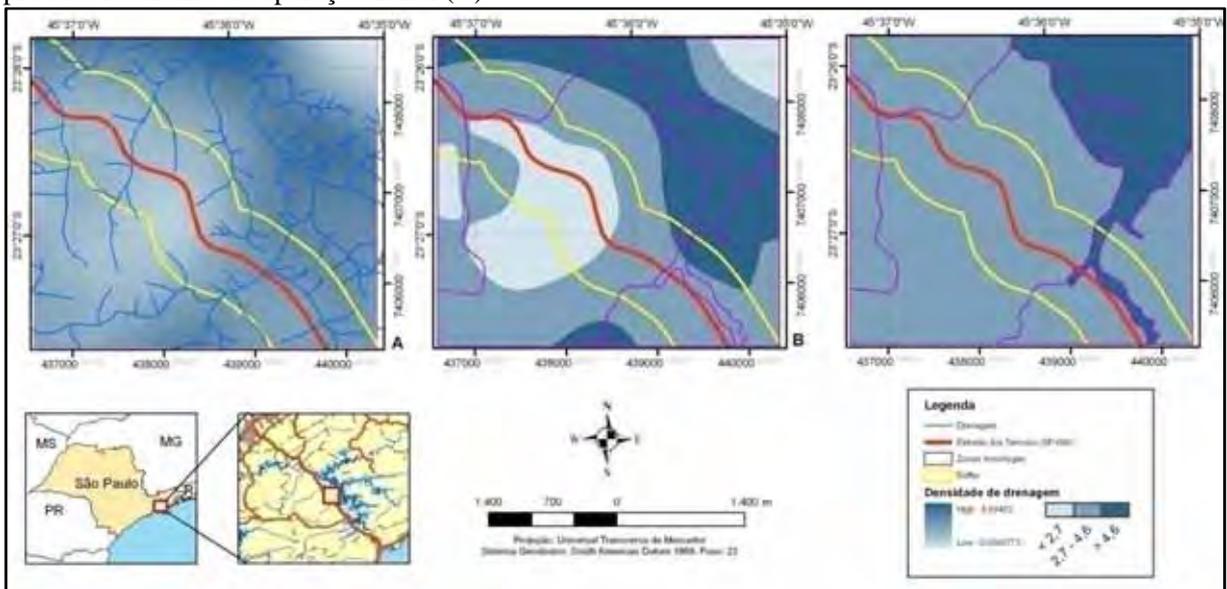
A **densidade de drenagem** é uma variável que possui estreita correlação com a permeabilidade. A permeabilidade é uma propriedade dos materiais que é caracterizada pela maior ou menor facilidade de percolação de um fluido em um meio poroso e é resultado da comunicação entre os espaços intergranulares das rochas ou materiais inconsolidados ou, ainda, entre os espaços produzidos por fraturamento (SOARES; FIORI, 1976).

Para áreas sedimentares, a permeabilidade é aferida como sendo inversamente proporcional à densidade de drenagem, ou seja, quanto maior a densidade de drenagem, menor a permeabilidade, uma vez que a permeabilidade é função da capacidade de infiltração.

Nas áreas cristalinas a correlação entre a densidade de drenagem e a permeabilidade é direta. Quanto maior a densidade de drenagem, maior a permeabilidade. Esta correlação é aceita, pois a drenagem nos meios cristalinos é bastante condicionada por fraturamentos e o óleo tende a migrar entre as fraturas (ver Figura 12). Desta forma, quanto maior o número de fraturas, que condicionam a drenagem, maior a permeabilidade do meio.

A rede de drenagem digitalizada e utilizada para subsidiar a compartimentação fisiografica foi utilizada também para definir as classes de permeabilidade. No aplicativo ArcGIS foi obtida, de forma automática, a densidade de drenagem (Figura 35), a partir do algoritmo *kernel density*. O *kernel density* calcula a magnitude por unidade de área de um ponto ou linha utilizando uma função kernel. Nesse procedimento, foram utilizados os seguintes valores: 5 para o tamanho do pixel, 1000 para o raio e km² como unidade de área.

Figura 35 – Exemplo de drenagem identificada, kernel (A), classes geradas na área de estudo (B) e produto resultante da operação zonal (C).



Por ser um parâmetro relativo, ou seja, não há valor padrão que o correlacione diretamente com a permeabilidade, as densidades de drenagem e de fratura foram classificadas automaticamente, conforme o método de otimização de Jenks (JENKS, 1967).

As classes de densidades de drenagem foram divididas de acordo com os seguintes intervalos: < 2,7 permeabilidade baixa para áreas cristalinas e alta para áreas sedimentares; 2,7-4,6 permeabilidade intermediária para ambos os tipos de área; e > 4,6 permeabilidade alta para áreas cristalinas e baixa para as sedimentares.

Assim como ocorrido com a declividade, foi realizado no ArcGIS, com o emprego do operador zonal, o cálculo dos valores de classe de densidade de maior ocorrência dentro de cada zona homóloga, adicionando o resultado ao banco de dados.

Após o estabelecimento de classes para todas as variáveis ao banco de dados, foi atribuída uma sensibilidade ambiental parcial (baixa, intermediária, alta) para cada classe, de acordo com a interação do óleo com as variáveis, conferindo uma cor característica a cada sensibilidade relativa. As cores utilizadas foram as seguintes: vermelha, para classe com sensibilidade ambiental parcial alta; amarela, para sensibilidade intermediária; e verde para a classe cuja a sensibilidade for baixa.

O Índice de Sensibilidade Ambiental Terrestre (IST) de cada segmento foi definido utilizando cinco diferentes classes (uma classe de cada variável), e definido a partir da combinação das cores representativas de cada classe.

4.2.2 Recusos Biológicos

4.2.2.1 Fauna

O levantamento faunístico foi realizado predominantemente por meio de pesquisa bibliográfica. Eventualmente, durante as etapas de campo, foram registradas a localização geográfica, a fitofisionomia e fotografias das espécies, bem como locais de nidificação ou alimentação encontradas na área de estudo.

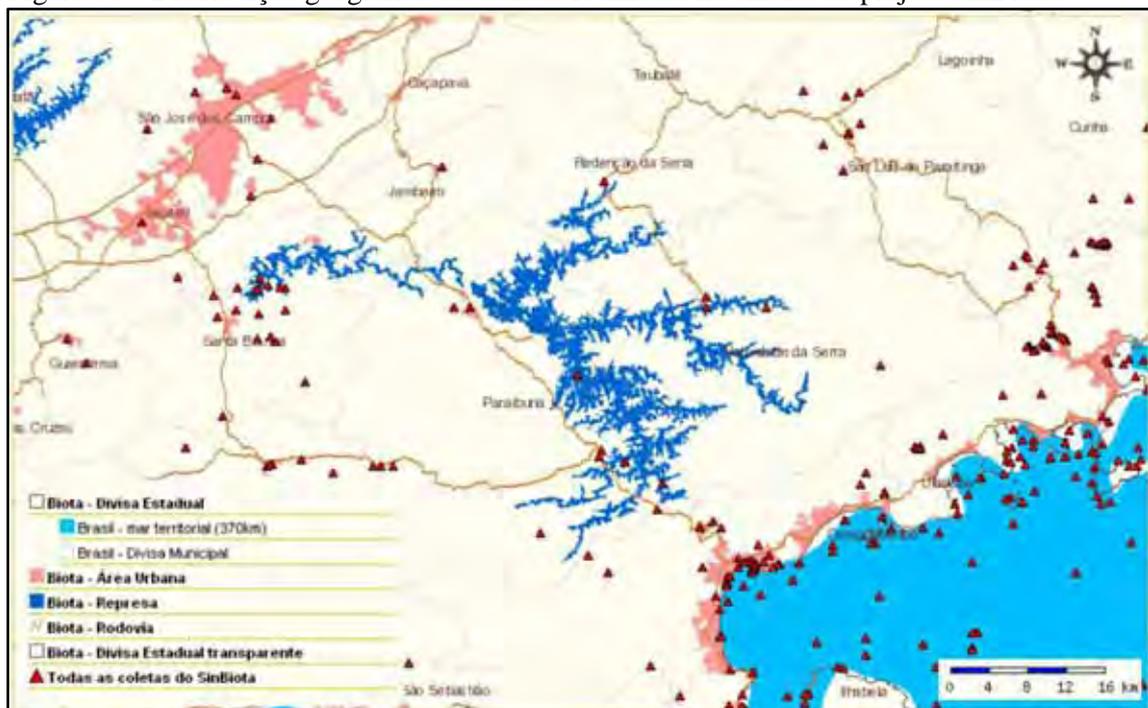
A pesquisa bibliográfica consistiu na busca de informações faunísticas em três diferentes documentos, todos em meio digital. Os documentos analisados foram: o Sistema de Informação Ambiental do Biota (SinBiota) (BIOTA-FAPESP, 2004), o Plano de Manejo do Parque Estadual da Serra do Mar (IF, 2008), o EIA da Estrada (FESPSP, 2007) e o Portal de periódico da CAPES (CAPES, 2009), cada qual com um método de busca específico, sendo que, em todos os casos, foi realizado um inventário geral seguido de triagem para as áreas piloto. As espécies identificadas foram reunidas em grupos, sendo estes implementados como banco de dados, adicionados às cartas e relacionadas no Apêndice C.

O SinBiota, primeiro documento consultado, é um sistema que foi desenvolvido com o intuito de integrar informações geradas pelos pesquisadores vinculados ao Programa de Pesquisas em Conservação e Uso Sustentável da Biodiversidade do Estado de São Paulo (Biota/Fapesp), relacionando essas informações a uma base cartográfica digital, e teve como parceiros no seu desenvolvimento o Instituto Florestal, a Universidade Estadual de Campinas e o Centro de Referência em Informação Ambiental (CRIA).

Foram realizadas, em dezembro de 2009 e 2011, buscas utilizando como critério todas as coletas realizadas pelo SinBiota na área de estudo (Figura 36). Além das coletas localizadas ao longo da Tamoios, foram aceitas as coletas realizadas nas represas de Paraibuna-Paraitinga e na de Santa Branca, independente da distância destas em relação à rodovia. As camadas utilizadas como referência geográfica foram: a das represas, a malha rodoviária, os limites municipais e as áreas urbanas.

O Plano de Manejo do Parque Estadual da Serra do Mar é um documento elaborado pelo Instituto Florestal do Estado de São Paulo cuja função é servir como ferramenta à plena implantação das unidades de conservação (IF, 2008). Para a realização do Plano de Manejo foi realizado, dentre outros, o registro de todas as espécies de fauna, seu estado de conservação e a fitofisionomia que o mesmo foi encontrado.

Figura 36 – Distribuição geográfica das coletas realizadas no âmbito do projeto SinBiota.



Fonte: BIOTA-FAPESB (2004).

As espécies faunísticas encontradas no Parque Estadual da Serra do Mar estão listadas em anexo e é organizada hierarquicamente conforme a espécie, família, ordem, grupo e táxons. Foram selecionadas todas as espécies presentes nas fitofisionomias encontradas no trecho da UC da área de estudo. Essa generalização, embora não comprometa a veracidade das informações, graças à mobilidade animal e à similaridade fitofisionômica, foi necessária devido à baixa quantidade de inventário faunístico na área de estudo.

O EIA da Estrada dos Tamoios foi elaborado para fins de duplicação do Sub-trecho Planalto da Tamoios. Embora não esteja mais vigente, o estudo traz importantes informações sobre a presença da avifauna e mastofauna amostradas na área de influência direta da rodovia.

Enquanto que a avifauna foi amostrada em áreas pré-estabelecidas, à mastofauna foram realizadas inspeções extensivas, por métodos indiretos, ao longo de todo o Sub-trecho Planalto, com ênfase a locais associados a travessias de corpos d'água.

Neste documento, as espécies de aves são tabuladas conforme família/espécie, nome popular, habitat, sensibilidade, endemismo e status de conservação, sendo descritos detalhes auxiliares, tais como quilômetro da rodovia, ambiente, nº. de indivíduos, dia, dentre outros, das espécies ameaçadas de extinção.

A apresentação dos resultados das espécies de mamíferos é composta pela família/espécie, nome popular, evidência e categoria, além da descrição sucinta de características dos animais bem como caracterização detalhada de cada local onde as espécies foram detectadas.

A pesquisa realizada no Portal de Periódico da CAPES envolveu buscas simultâneas em diversas bases, como por exemplo, SCOPUS, Scielo, CrossRef Search, Journal Citation Reports (JCR), ScienceDirect, Web of Science, Google Acadêmico, Cross Search (ISI WOK), Banco de Teses da CAPES, Biblioteca Digital de Teses e Dissertações: BDTD. A pesquisa foi realizada durante o mês de novembro de 2010.

Os tipos de materiais pesquisados nas bases de buscas são formados por artigos, Teses, Dissertações, textos completos, livros, resumos, referenciais com resumo, estatística, Arquivos Abertos e Redes de e-prints, referência, patentes dentre outras fontes.

Foram realizadas metabuscas no acervo utilizando os seguintes critérios: busca integrada, avançada, por área e sub-área do conhecimento. Na busca integrada foram selecionados todos os periódicos apresentados, sendo realizada uma busca concomitante nas publicações. O modo avançado permite a busca booleana, associando operações de soma, produto ou complemento a dois descritores em todos os campos disponíveis (assunto, título, issn, isbn, ano). Foram utilizados os seguintes descritores: fauna, inventário (*inventory*) e Estado de São Paulo.

As áreas do conhecimento nas quais foram realizadas buscas dos descritores foram a multidisciplinar, as ciências ambientais, as ciências biológicas e as ciências agrárias. Nos trabalhos listados era observado o título e, caso este correspondesse ao objetivo da busca, realizada a leitura do resumo. De acordo com as informações disponíveis em ambos os

tópicos, foi realizada a leitura completa da publicação e retiradas as informações de distribuição de fauna disponíveis e agregadas ao banco de dados.

A representação cartográfica do levantamento faunístico foi feita utilizando ícones pontuais específicos (Figura 37), de acordo com os principais grupos, conforme MMA (2004).

Figura 37 – Ícones utilizados na representação das espécies faunísticas.

Grupos	Simbologia		
Mamíferos			
	Mamíferos terrestres (roedores)	Mamíferos terrestres (mustelídeos)	Mamíferos terrestres (felinos)*
			
	Mamíferos terrestres (primatas)**	Mamíferos terrestres (outros) **	Mamífero voador*
Répteis / Anfíbios			
	Anfíbios Anuros (sapos, rãs, pererecas)	Repteis Ofídios (serpentes e outros répteis) e Iguanídeos (iguanas)	Quelônios (tartarugas)
Aves			
	Aves de rapina	Aves terrestres (passeriformes)	Aves terrestres (não passeriformes)
Peixes			
	Peixes		
Invertebrados			
	Invertebrados terrestres**		

* Elaborado pelo GT de Sensibilidade Ambiental ao Óleo da UNESP.

** Elaborado para a tese.

Aos grupos não simbolizados no MMA (2004) e presentes na área de estudo, como, por exemplo, mamíferos voadores, foram utilizados ícones elaborados no âmbito do GT de sensibilidade ambiental ao óleo da UNESP. Outros, como os invertebrados terrestres, foram adaptados do Guia NOAA (PETERSEN et al., 2002). Já os grupos de primatas e outros

(mamíferos terrestres) foram criados para a tese e serão utilizados pela primeira vez em uma Carta SAO. Os grupos e simbologia utilizados são apresentados na Figura 37.

4.2.2.2. Cobertura vegetal

Apesar dos recursos biologicamente sensíveis serem considerados no mapeamento da sensibilidade ambiental para derramamentos de óleo, é necessário frisar que apenas a fauna é registrada e representada de forma independente.

Esta supressão só é possível devido ao fato de, nos ambientes costeiros e marinhos, haver uma estreita correlação entre a geomorfologia e a vegetação (MMA, 2004), fato que não ocorre com os ambientes continentais terrestres, sobretudo em áreas com intervenções antrópicas intensas.

Assim, houve a necessidade não apenas de mapear a cobertura vegetal, como também adequá-la à Carta SAO. O mapeamento foi realizado a partir da identificação de elementos de interpretação visual presentes nas imagens SPOTMaps (Figura 38).

Os elementos utilizados na fotointerpretação foram: a localização, o tom, a cor, o tamanho, a forma, a textura, o padrão e a sombra. Os adjetivos comuns estão apresentados no Quadro 5.

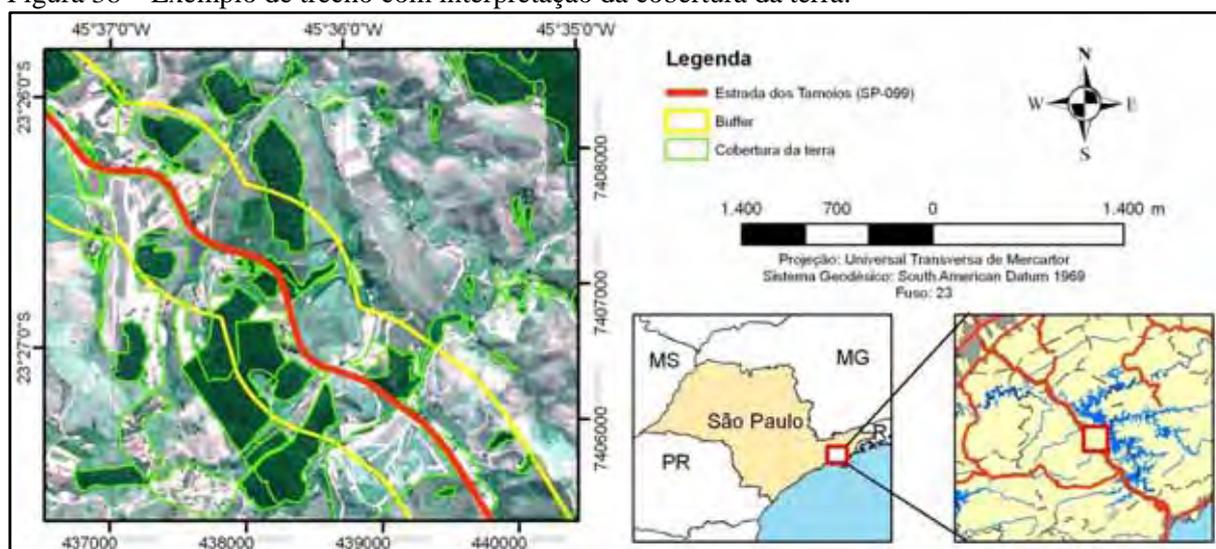
Quadro 5 – Elementos de interpretação visual de imagem e respectivos adjetivos comuns.

Elemento	Adjetivos comuns (quantitativos e qualitativos)
Localização x,y	Pixels são retificados para projeção de mapas.
Tom	Tom de cinza: claro (brilhante), intermediário (cinza), escuro (negro).
Cor	Intensidade, matiz, saturação (IHS); vermelho, verde, azul (RGB); Munsell.
Tamanho	Comprimento, largura, perímetro, área; pequeno, médio (intermediário), grande.
Forma	Características geométricas de um objeto: linear, curvilíneo, circular, elíptico, radial, quadrado, pentagonal, etc.
Textura	Arranjo e disposição característicos de repetições de cor; Liso, intermediário (médio), rugoso (grosseiro), mosqueado, salpicado.
Padrão	Arranjo espacial de objetos no terreno: sistemático, randômico, centrípeto, serrilhado, estriado, trançado, etc.
Sombra	Uma silhueta causada por iluminação solar lateral.

Fonte: Jensen (2009).

Após o mapeamento, foi realizado trabalho de campo, uma vez que, de acordo com Florenzano (2002), esta atividade faz parte do processo de interpretação de imagem, tornando a interpretação mais confiável, e é indispensável ao mapeamento do meio ambiente por meio de imagens de sensoriamento remoto.

Figura 38 – Exemplo de trecho com interpretação da cobertura da terra.



No campo foi possível identificar algumas incoerências interpretativas e alterações realizadas no intervalo de tempo entre o imageamento e cobertura atual, sendo estas ajustadas, quando possível.

4.2.3 Atividades Socioeconômicas

As atividades socioeconômicas presentes na área de estudos foram identificadas a partir de expedições de campo. Ainda na etapa de mapeamento da cobertura vegetal foi possível identificar algumas áreas que poderiam estar incluídas nessa categoria, a partir de alguma atividade ou uso, como, por exemplo, pecuária e pesca, as quais foram confirmadas em campo.

O campo consistiu em identificar e registrar a localização geográfica (coordenadas), fotografia e descrição de todas as atividades socioeconômicas presentes nas áreas contíguas à rodovia (*buffer*). As saídas foram realizadas nos dias 09, 10 e 11 de março de 2010 e 27, 28 e 29 de agosto de 2011. Foram utilizados um GPS marca Garmin eTrex, uma câmera fotográfica FujiFilm FinePix S5100, fotocartas produzidas na etapa de levantamento das fitofisionomias e uma planilha de pontos e fotos.

As atividades identificadas foram adicionadas a um banco de dados no ArcGIS e representadas cartograficamente junto à base de Unidades de Conservação presentes na área, segundo São Paulo (1979).

As atividades e usos foram representadas cartograficamente com ícones específicos de acordo com MMA (2004). Assim como ocorreu com o levantamento faunístico, as atividades e usos ausentes no MMA (2004) que necessitavam de ícones representativos foram criados no

GT de Sensibilidade Ambiental ao Óleo da UNESP ou elaborados exclusivamente para o presente estudo (Figura 39).

Figura 39 – Ícones utilizados na representação de atividades econômicas.

Grupos	Simbologia		
Recreação	 Área de banho*		
Área sob gestão especial	 Unidade de conservação terrestre		
Uso / Extração de recursos naturais	 Indústria	 Corpo d'água	 Tomada d'água
	 Exploração madeireira	 Plantação	 Criação de gado
	 Criação de Aves	 Pesca recreativa	
Transporte	 Embarcações de pequeno porte*	 Posto de gasolina*	 Administração rodoviária**
Tipos de ocupação	 Casas residenciais / veraneio bairro / cidade	 Comércio*	 Igreja*
	 Outro**		

* Elaborado pelo GT de Sensibilidade Ambiental ao Óleo da UNESP.

** Elaborado para a tese.

4.2.4 A sensibilidade fluvial

A presença de corpos d'água na área de estudo, os quais são cruzados diversas vezes pela Rodovia dos Tamoios (ver Figura 18) e podem ser atingidos em episódio de derrames de óleo procedentes da rodovia, exigiu a aplicação de um índice de sensibilidade específico a este meio. O índice adotado aos ambientes dulciaquícolas foi o do NOAA (PETERSEN et al. 2002).

Este índice foi admitido em detrimento aos demais existentes por ser amplamente aplicado aos ambientes fluviais pelo órgão promotor do mesmo e por amparar as feições ambientais presentes na área. Foram classificados apenas os ambientes dentro do *buffer*, uma vez que os corpos fora do *buffer* não eram passíveis de ser atingidos devido à localização topográfica, pois estão à montante.

Devido a peculiaridades inerentes a esse índice, foi necessário realizar adaptações, como pode ser observado no Quadro 6. O mesmo apresenta também a simbologia utilizada no presente estudo

Quadro 6 – Índice de sensibilidade fluvial utilizado para mapeamento dos corpos d'água da área de estudo.

Ambientes	Índice NOAA	Índice utilizado	Simbologia utilizada
Margens rochosas expostas	1A	1	
Estruturas artificiais expostas	1B		
Escarpa exposta rochosa com base do talude de seixo	1C		
Banco rochoso, borda de leito rochoso	2A	2	
Margens expostas e erodidas em sedimentos inconsolidados	3	3	
Barras arenosas e margens levemente inclinadas	4	4	
Areia mista e banco de cascalho e margens levemente inclinadas	5	5	
Barras de cascalho e margens levemente inclinadas	6A	6	
Enrocamento	6B		
Estruturas artificiais protegidas	8B	8	
Enrocamento protegido	8C		
Ribanceiras vegetadas acentuadamente inclinada	8F		
Margem baixa vegetada	9B	9	
Brejo de água doce	10B	10	
Pântano	10C		
Áreas alagadas arbustivas	10D		

Fonte: Adaptado de Petersen et al. (2002).

Como pode ser observado no Quadro 6, o índice NOAA para ambientes fluviais utiliza, além dos números para determinar os diferentes níveis de sensibilidade, subdivisões para diferenciar sensibilidades dentro dos níveis, utilizando letras para tal.

Esta configuração resulta em 16 estratos. Buscando homogeneizar esta variação, foi utilizado apenas o nível correspondente a indicação numérica, desconsiderando variações referentes às subdivisões (Quadro 6).

A identificação das feições ambientais, visando à sensibilidade ambiental dos corpos d'água, foi realizada de 28 de agosto a 3 de setembro de 2011. Foi utilizado um GPS marca Garmin eTrex, uma câmera fotográfica FujiFilm FinePix S5100, fotocartas produzidas na etapa de levantamento das fitofisionomias e uma planilha de pontos e fotos.

As margens do rio foram percorridas e registradas as feições ambientais. Os trechos delimitados seguiram o critério de homogeneidade das características geomorfológicas (inclinação da margem, substrato, altura/amplitude, tipo do ambiente) e fitofisionômica.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 SENSIBILIDADES RELATIVAS

5.1.1 Segmentos ambientais

Definido como um trecho da área de estudo com características ambientais homogêneas (MMA, 2004), os segmentos ambientais aqui propostos para a elaboração de um índice de sensibilidade ambiental terrestre constituem recortes das zonas homólogas do terreno, resultantes da sua intersecção com a área de buffer estabelecida ao redor da rodovia.

Os segmentos ambientais, à semelhança dos segmentos utilizados para a análise da sensibilidade das áreas costeiras, constituem uma forma sintética de representação espacial do Índice de Sensibilidade Terrestre (IST) nas Cartas SAO.

A aplicação destas zonas à Estrada dos Tamoios resultou em 23 segmentos ambientais divididos nas cinco áreas piloto (Figura 40).

A área piloto A5 é a que possui maior extensão de área, com cerca de 634 ha. Com maior número de segmentos, seis, a A3 é, também, a que possui o segmento com menor área, com pouco menos de 1,8 ha. Em contraste, a A1 é a piloto com o menor número de segmentos, três, e o segmento A4-04 o que possui maior área, com aproximadamente 254 ha ((Figura 41).

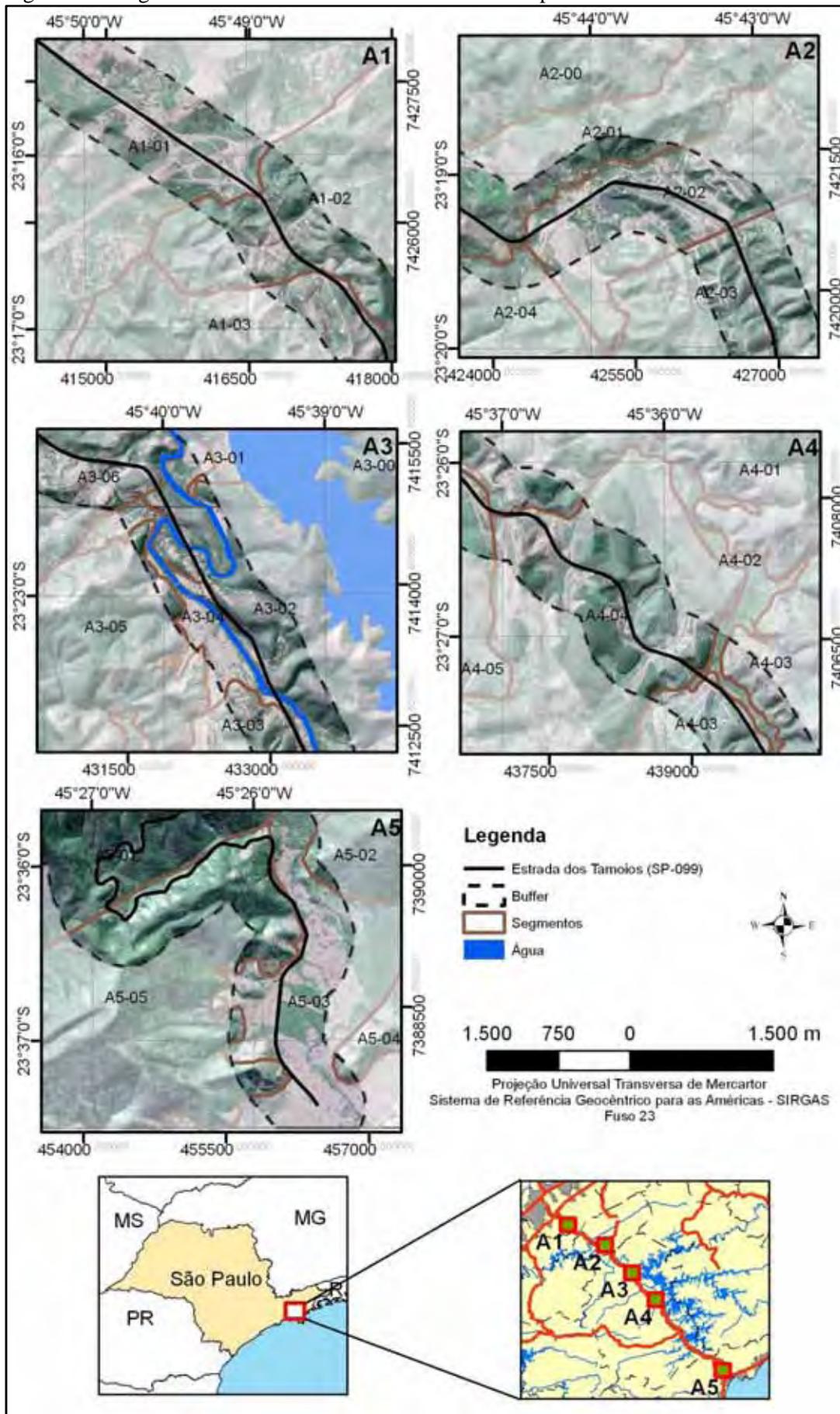
A caracterização fisiográfica que individualizou cada segmento pode ser observada no Quadro 7. Esta diversidade se reflete nos elementos que compõe o ambiente e, portanto, dita a dinâmica do óleo no meio.

5.1.2 Declividade

A opção por três classes de cada variável escolhida para a composição do IST se deu com o intuito de reduzir as possibilidades de combinações entre variáveis, além de representar um espectro em que estivessem presentes os extremos máximos, mínimos e intermediários.

A dinâmica do óleo no meio ambiente é governada, em primeiro momento, pela declividade. Dependendo do ângulo de declive, o deslocamento pode tender à verticalidade ou à horizontalidade.

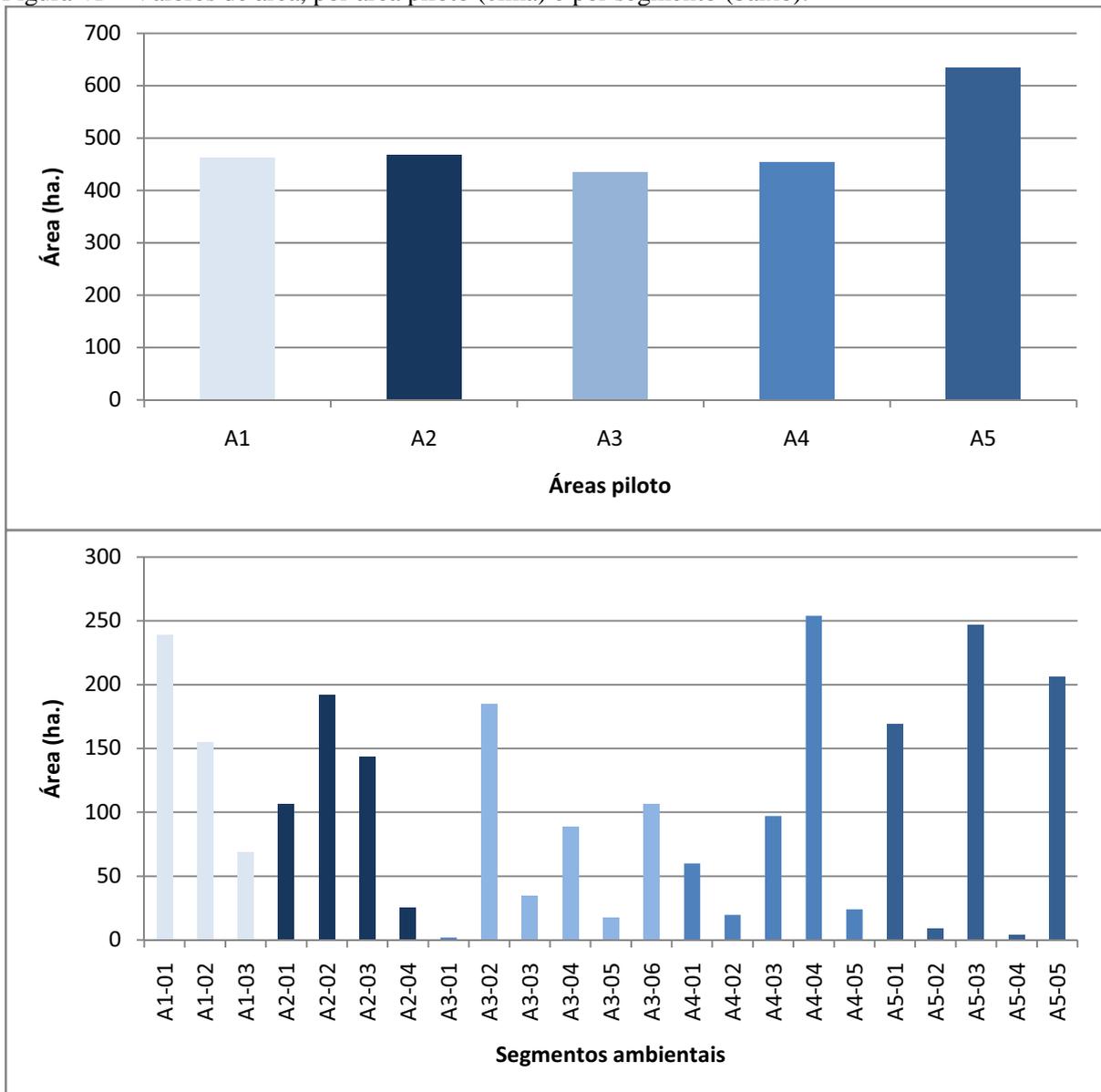
Figura 40 – Segmentos ambientais identificados nas áreas piloto da Estrada dos Tamoios



Apesar da evidente contribuição da declividade no deslocamento do óleo, o fato de não se encontrar na literatura estudos para esse fim dificulta uma discussão mais minuciosa, levando à adoção de abordagens e definições lógicas ao desenvolvimento das classes desta variável.

Devido à escassez de estudos específicos relacionando à dinâmica do óleo com relação à declividade, foram reaproveitadas as três classes de declividade utilizadas na caracterização e delimitação dos compartimentos fisigráficos.

Figura 41 – Valores de área, por área piloto (cima) e por segmento (baixo).



Optou-se por estes intervalos propostos por Ponçano et al. (1981) por serem direcionados à classificação geomorfológica, não associados a outro fim específico, como as propostas de Lepsh et al (1983), direcionados à capacidade de uso da terra, de Garcia e

Piedade (1983), ligadas ao planejamento do uso da terra, ou de USDA (1993b), indicado a levantamento de solos, dentre outros, os quais também diferem em número e intervalo das classes.

Quadro 7 – Caracterização fisiográfica dos segmentos ambientais definidos nas áreas piloto.

Áreas piloto	Segmentos	Forma dos topos	Extensão dos topos	Perfil das vertentes	Declividade	Amplitude local	Tropia	
A1	A1-01	Aplainado	Extenso	Côncava	Baixa	Pequena	Não orientado	
	A1-02	Arredondado	Extenso	Côncava	Média	Média	Não orientado	
	A1-03	Arredondado	Extenso	Convexa	Alta	Média	Pouco orientado	
A2	A2-01	Arredondado	Extenso	Côncava	Média	Média	Muito orientado	
	A2-02	Arredondado	Extenso	Convexa	Baixa	Pequena	Orientado	
	A2-03	Arredondado	Extenso	Convexa	Alta	Média	Orientado	
	A2-04	Arredondado	Extenso	Convexa	Média	Média	Orientado	
A3	A3-01	Arredondado	Restrito	Retilínea	Média	Pequena	Pouco orientado	
	A3-02	Arredondado	Extenso	Côncava	Alta	Média	Muito orientado	
	A3-03	Arredondado	Extenso	Convexa	Alta	Média	Orientado	
	A3-04	Depósito fluvial						
	A3-05	Arredondado	Extenso	Côncava	Alta	Média	Orientado	
	A3-06	Arredondado	Extenso	Convexa	Alta	Média	Orientado	
A4	A4-01	Arredondado	Extenso	Convexa	Alta	Média	Pouco orientado	
	A4-02	Depósito fluvial						
	A4-03	Arredondado	Extenso	Côncava	Média	Pequena	Orientado	
	A4-04	Arredondado	Extenso	Convexa	Média	Média	Pouco orientado	
	A4-05	Arredondado	Extenso	Convexa	Média	Pequena	Pouco orientado	
A5	A5-01	Arredondado	Extenso	Côncava	Alta	Grande	Orientado	
	A5-02	Anguloso	Restrito	Retilínea	Alta	Grande	Muito orientado	
	A5-03	Depósito marinho						
	A5-04	Anguloso	Extenso	Retilínea	Alta	Pequena	Orientado	
	A5-05	Anguloso	Restrito	Retilínea	Alta	Grande	Muito orientado	

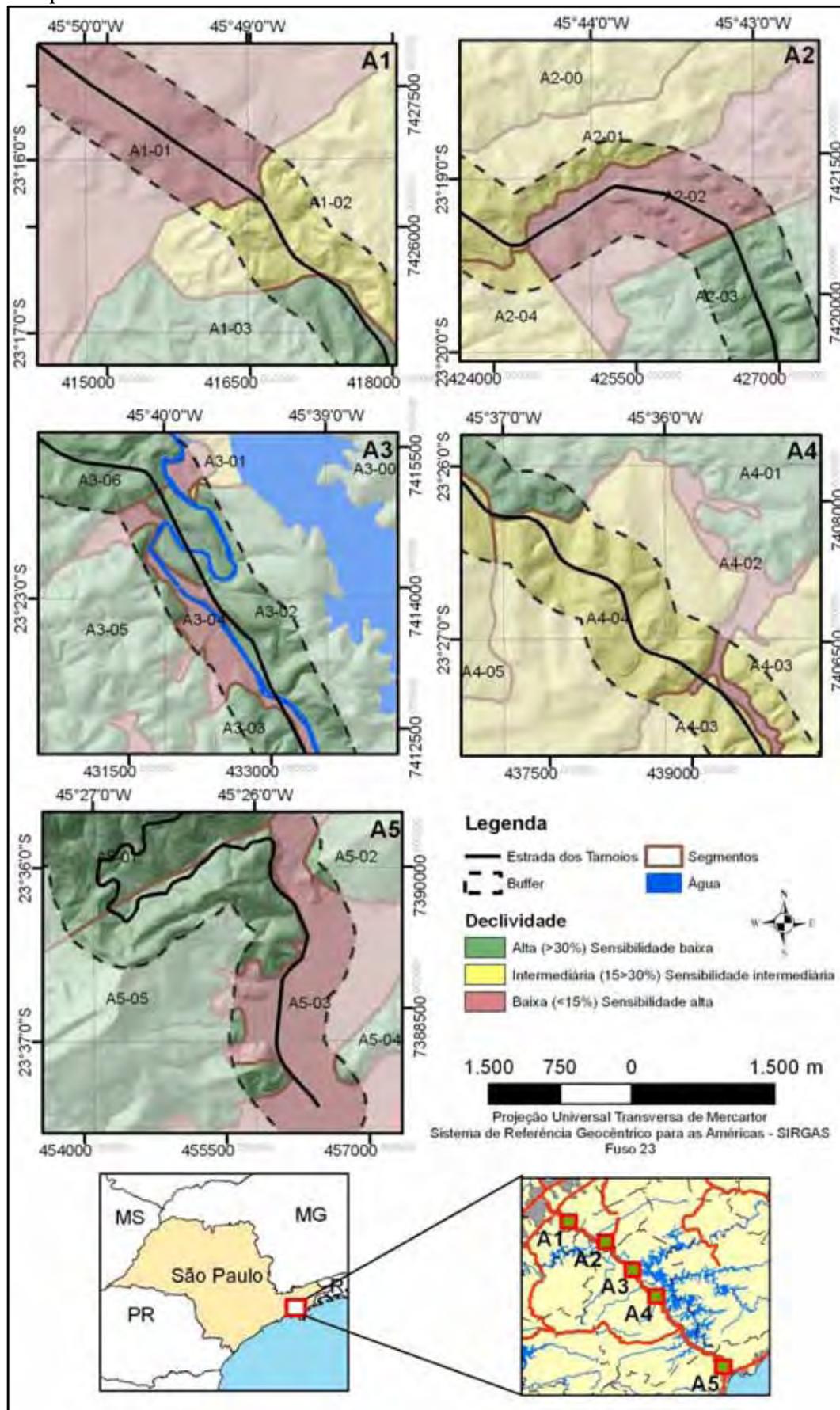
Neste contexto, os segmentos presentes nas áreas piloto da Estrada dos Tamoios possuem, em sua maioria, baixa sensibilidade ambiental ao óleo, no tocante à declividade (Figura 42).

Uma vez que o deslocamento vertical do óleo para o subsolo é resultado da gravidade (FUSSELL et al., 1981; GUIGUER, 1996), tomando como referência a classe de baixa declividade (<15%), a tendência de movimento do óleo, dependendo da permeabilidade condutividade hidráulica do solo, é mover-se ao subsolo.

Em áreas onde o terreno possui inclinação elevada, mesmo estando sujeito à permeabilidade do substrato superficial, o fluxo do óleo tende a se espalhar horizontalmente.

A declividade pode auxiliar no plano de combate ao óleo, na medida em que se pode estimar a direção do mesmo ao ser derramado. A direção da declividade pode indicar a direção do fluxo do óleo em áreas de declive, enquanto que em áreas planas a direção do movimento pode ser considerada na direção de rios ou cursos de água próximos (FUSSELL et al., 1981).

Figura 42 – Declividade e sensibilidade relativa correspondente em cada segmento da área piloto.



Apesar de contaminar uma área de maior extensão horizontal no sítio afetado, o ambiente com altos declives implica baixa sensibilidade ambiental. Esta afirmação é baseada na facilidade de limpeza e recuperação de áreas em que o óleo não atinja deslocamento vertical acentuado, situação em que o óleo pode alcançar, por exemplo, a zona saturada, ampliando o potencial poluidor.

Um avanço metodológico referente a esta variável pode ser obtido a partir da definição de um intervalo onde a alta declividade também possa ser relacionada a alta sensibilidade, já que, dependendo do tipo do substrato e organismos biológicos associados, um espalhamento horizontal em uma grande área pode ser associado a um impacto tão grande quanto aos ocorridos em área de baixa declividade.

Embora a classe atribuída à baixa declividade (< 15%) possa ser entendida como uma categoria de alta declividade, ressalta-se que as áreas piloto apresentam declividade que alcançam mais de 200%, sendo, o intervalo proposto, adequado às características geomorfológicas da área de estudo. A aplicação desta metodologia a áreas com características topográficas menos acentuadas permitirá o refinamento destas classes, possibilitando a adequação de categorias de declividade específicas para este tipo de abordagem.

As áreas com alta sensibilidade (baixa declividade) estão presentes, principalmente, na Planície Litorânea, nos depósitos fluviais e na Depressão do Médio Paraíba, unidades geomorfológicas caracterizadas por baixas declividades dominantes (ROSS; MOROZ, 1997).

Devido à escala de mapeamento indicada à elaboração da Carta SAO Rodoviária, de detalhe, a principal dificuldade na reprodução desta etapa da metodologia para o mapeamento de outras áreas é a disponibilidade de cartas topográficas compatíveis com a escala cartográfica.

No Brasil, por exemplo, as cartas topográficas fundamentais são confeccionadas na escala 1:50.000 (LOCH; CORDINI, 2007). Mesmo o mapeamento sistemático nacional, o qual previa cartas em escalas até 1:25.000 disponibilizadas em papel, quando disponíveis, estão defasadas (LOCH, 2006).

A inexistência de cartas em escala de detalhes impede a realização deste mapeamento em escala operacional. Todavia, ainda é possível a execução da Carta SAO em detalhes que permitam escalas inferiores.

A partir de dados da Missão Topográfica Radar Shuttle (SRTM – *Shuttle Radar Topographic Mission*) é possível obter informações topográficas gratuitamente. Estes dados já foram avaliados quanto à escala cartográfica e cobriram os requisitos para aplicações na

escala 1:100000, classe A (SANTOS et al., 2006), compatível com o mapeamento a nível tático.

Embora seja um recurso, esta solução deve ser utilizada em última instância. Devido ao volume de óleo que pode ser derramado a partir da rodovia e área que este volume potencialmente atinja, a escala de nível tático pode não agregar as informações necessárias às ações de combate.

5.1.3 Textura do material do perfil de alteração

Além da declividade, a extensão horizontal e vertical que o óleo derramado pode atingir depende, concomitantemente, do tipo do solo (BTC, 2011). O perfil de solo, ou perfil de alteração, é o produto do intemperismo e da pedogênese e é estruturado verticalmente, a partir da rocha matriz, na base, sobre a qual são formados o saprolito e o *solum* (TOLEDO et al., 2001).

A definição dos intervalos das classes buscou agrupar o tamanho dos grãos da forma que estes fossem condizentes com as nomenclaturas das classes tipicamente utilizadas (fina, média e grossa) e consistentes com a sensibilidade ambiental atribuída.

Tomando como referência duas faculdades da textura do perfil de alteração, a capacidade de retenção e condutividade hidráulica, as quais influenciam a dinâmica do óleo no (sub)solo, é possível correlacionar o tamanho do grão que compõe o material com respectivo impacto intrínseco.

Observando o Quadro 8, o qual apresenta o coeficiente e grau de permeabilidade do solo, de acordo com o tipo da textura deste (USDA, 1993a), constata-se que a permeabilidade do perfil aumenta com o aumento do tamanho dos grãos que compõe o solo.

Quadro 8 – Coeficiente e grau de permeabilidade em função do tipo de textura do solo.

Coeficiente de permeabilidade	Grau de permeabilidade	Tipo de solo
$>10^{-1}$	Alto	Pedra, cascalho e areia grossa a média.
$10^{-1} - 10^{-3}$	Médio	Areia média uniforme e areia fina.
$10^{-3} - 10^{-5}$	Baixo	Areia fina uniforme, silte e argila.

Fonte: USDA (1993a).

Desta forma, é possível entender, analogamente, que quanto maior o grau de permeabilidade, maior o impacto ambiental e, por extensão, mais sensível é o meio.

Oposicionalmente, quanto menor forem os grãos que compõem o material, menor é a permeabilidade. Neste caso, a tendência é que a condutividade hidráulica seja menor na

direção vertical e maior na direção horizontal (HULING; WEAVER, 1991; NEWELL et al., 1995). Esta condição diminui a possibilidade da zona saturada ser atingida, contaminando o lençól freático, e reduz as chances de o óleo alcançar rochas fraturadas.

Na Tabela 5 é apresentada a correlação entre o tamanho do grão e a capacidade de retenção do óleo. Nota-se que quanto menor for a granulometria do material que compõe o solo, maior a capacidade de retenção deste.

Para se ter uma idéia da ação da capacidade de retenção do óleo no solo, se 1m³ (1000 litros) de gasolina, que possui viscosidade menor que outros derivados, como o querosene e o óleo diesel, for derramado sobre uma área de 20m², a profundidade final de penetração será de, no máximo, 20m para um solo composto de pedra e cascalho grosso, de 6,7m para solos com areia grossa e média, reduzindo para apenas 2,5m para solos constituídos de areia fina e silte (FUSSELL et al. 1981).

A relação da capacidade de retenção do solo com o dano ambiental segue o mesmo encadeamento lógico da permeabilidade, ou seja, quanto maior o tamanho do grão, mais extenso será o espalhamento vertical, maior é a área atingida e mais sensível é o ambiente.

As concentrações de três diferentes hidrocarbonetos líquidos podem ser observadas na Tabela 5. Esta tabela ressalta a contribuição dos tipos de textura na sensibilidade do solo, sendo sempre menor quanto menor for o tamanho do grão que compõe o meio.

Tabela 5 – Valores das concentrações de hidrocarbonetos líquidos residuais na zona não saturada.

	Gasolina	Destilados médios	Óleos combustíveis
MEIO	(l/m ³)	(l/m ³)	(l/m ³)
Cascalho grosseiro	2,5	5,0	10,0
Areia e cascalho grosseiros	4,0	8,0	16,0
Areia média a grosseira	7,5	15,0	30,0
Areia fina a média	12,5	25,0	50,0
Sedimento a areia fina	20,0	40,0	80,0

Fonte: Guiguer (1996 - Modificado de API, 1993).

Portanto, é plausível que a correlação da textura do material do perfil de alteração com a sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo seja direta, sendo menos sensível quanto menores forem os tamanhos dos grãos do material que compõe o perfil.

A objeção deste critério, no entanto, diz respeito às quais intervalos granulométricos utilizar em cada classe. Por não haver um sistema universal de determinação quantitativa visando o estudo granulométrico (OLIVEIRA et al. 1992), optou-se por uma divisão que distribuisse as frações granulométricas reconhecidas ao número de classes sugeridas à metodologia.

Das três classes de textura do perfil de alteração propostas à composição do IST, a classe textura fina prevalece em 13 (55%) dos 23 segmentos, sendo as áreas A2 e A4 compostas apenas por esta classe. A A5 é a única área piloto que não possui perfil com predomínio de textura fina (Figura 43).

Figura 43 – Análise granulométrica das amostras do material do perfil de alteração.



Durante a coleta de dados em campo não foi possível obter o acesso a um segmento, o A5-02. Além de não possuir vias, este segmento é recoberto por remanescentes de Mata Atlântica em estado avançado de regeneração, constitui uma propriedade de acesso proibido e não apresenta condições aparentes para coleta das variáveis na metodologia utilizada no presente estudo.

Por este motivo, foi realizada uma análise de equivalência de compartimento para aferir indiretamente a composição textural do material do perfil de alteração para o segmento A5-02. Esta análise parte do princípio que dois compartimentos com as mesmas características fisiográficas específicas possuem características ambientais similares.

Esta equivalência é amplamente utilizada em estudos de compartimentação e confirmada nos trabalhos de Oliveira et al. (2007), Vedovello (1993, 2000), Vedovello e Mattos (1993) dentre outros.

Para esta variável, especificamente, é utilizado o tipo de perfil das vertentes. A tipologia da vertente do segmento A5-02 é definida como retilíneo (convexo-retilíneo-côncavo). Neste tipo de encosta, a constituição textural atribuída ao perfil de alteração é predominantemente arenosa (VEDOVELLO, 1993).

Deste modo, foi conferido ao segmento A5-02 a mesma classe de textura do A5-05, já que o último possui o mesmo tipo de vertente do primeiro e confirma o tipo de textura esperado. Estes tipos de correlação são muito utilizados em Geologia, nos mapeamentos geológicos, onde muitas das áreas são inacessíveis e devem constar dos mapas geológicos finais.

Outra peculiaridade que deve ser ressaltada diz respeito ao segmento A3-01 (Figura 44). Neste segmento não foi coletada amostra pelo fato de ser um perfil incipiente (Neossolo litólico), não apresentando, portanto, horizontes B ou C (ver Figura 45A).

Este tipo de perfil apresenta predominância de frações grosseiras (>2mm), ou esqueleto do solo, não participando do conceito de textura e não sendo quantificadas (OLIVEIRA et al.1992). Por este motivo, foi atribuída a classe textura grossa a todo o perfil.

A Figura 44 **Figura 44** apresenta as áreas piloto e as respectivas sensibilidades ambientais dos segmentos baseadas nas classes de textura do material do perfil de alteração aqui propostos.

A partir da combinação das classes de sensibilidade das duas variáveis até aqui explanadas é possível entender a dinâmica e impacto do óleo no meio e sua respectiva sensibilidade ambiental.

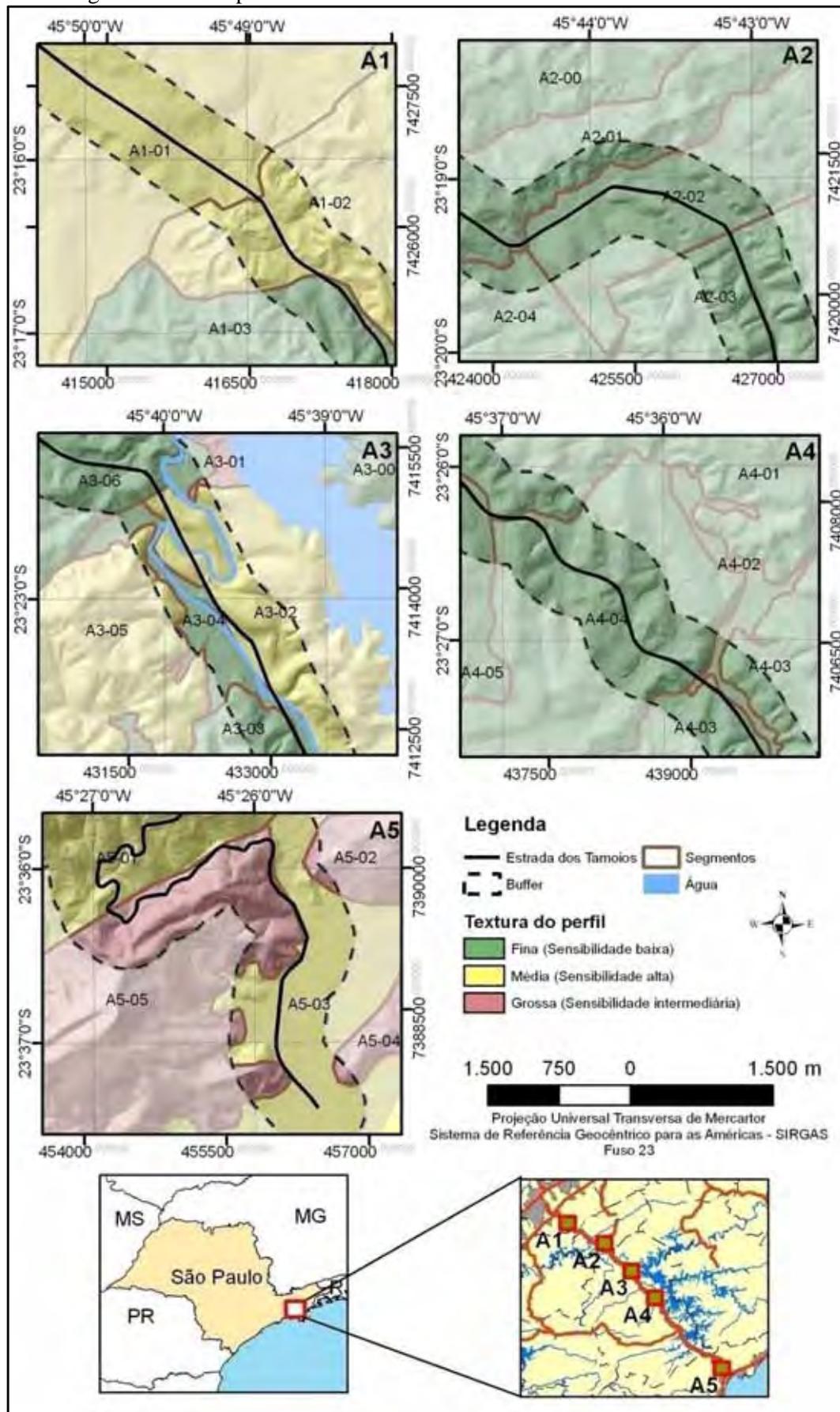
Num segmento onde há baixa declividade e solo caracterizado por textura grossa, há, certamente, maior periculosidade ambiental. A adição de mais variáveis a esse conjunto de possibilidades torna o cenário mais intrincado e requererá soluções à indexação dos mesmos.

5.1.4 Espessura do perfil de alteração

A espessura do perfil de alteração é uma das mais complexas variáveis em relação à sensibilidade ambiental ao óleo, pois a mesma depende diretamente tanto da característica de outras variáveis, como o tipo de textura do material do perfil ou da profundidade do nível d'água, quanto do tempo de ação da equipe de contingência e das técnicas disponíveis por esta.

Embora sejam identificados perfis com diferentes espessuras (Figura 45), no geral, a espessura do perfil de alteração na Rodovia dos Tamoios é maior que 2m, conforme pode ser observado na Figura 46. Os segmentos com perfis menores que 2m estão presentes, sobretudo, nos segmentos localizados na Serra do Mar e próximos à represa Paraibuna-Paraitinga.

Figura 44 – Textura do perfil de alteração e sensibilidade relativa correspondente em cada segmento da área piloto.



Da mesma forma, e com base no mesmo tipo de análise, que ocorreu com a textura do perfil de alteração, ao segmento A5-02 foi atribuído o atributo do segmento A5-05. Os elementos considerados para a determinação da espessura do perfil de alteração são a extensão e forma dos topos e a declividade (OLIVEIRA et al.2007), características as quais são similares em ambos os segmentos.

O principal problema em se tratando de derramamento de óleo em ambiente com perfil de alteração pouco espesso é que o contaminante alcance a rocha e esta esteja fraturada, uma vez que a capacidade de coletar as informações detalhadas para uma descrição completa de um sistema de rocha fraturada contaminado é considerado nem tecnicamente possível nem economicamente viável (SCHMELLING; ROSS, 1991).

Figura 45 – Exemplos espessura do perfil de alteração encontrados na área de estudo.



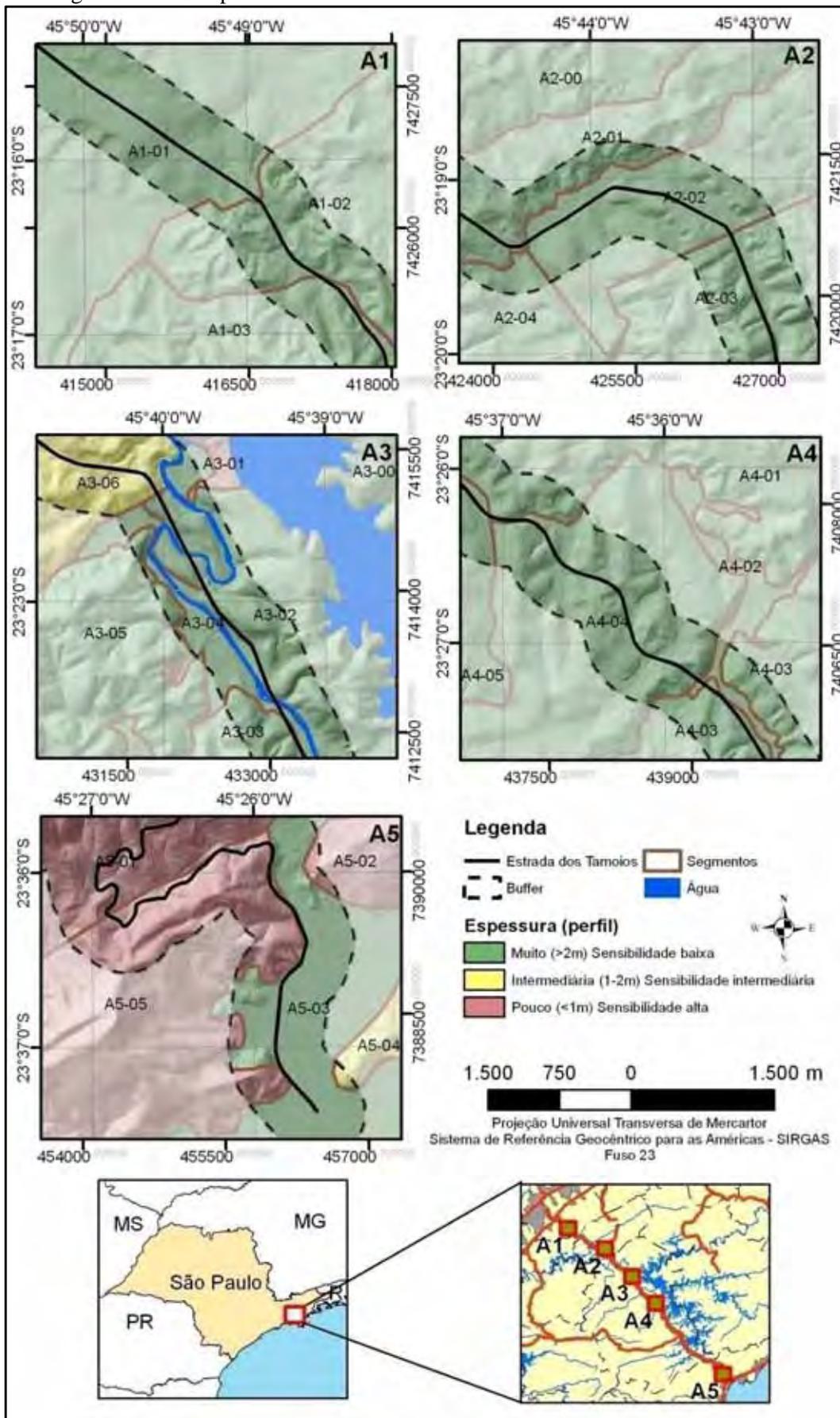
A = Espessura <1m; B = Espessura 1>2m; C = Espessura >2m

Outra complicação em perfis pouco espessos ocorre devido à dificuldade de se retirar o solo por escavação mecânica para fins de limpeza e recuperação da área. O método de escavação, apesar de poder ser o método mais econômico de recuperação, não é indicado para áreas onde haja afloramentos rochosos (BEYNON et al., 1983).

Esta condição denota a alta sensibilidade inerente aos perfis pouco espessos, uma vez que a remediação deste ambiente é mais complexa quanto mais raso for o solo. De outro modo, solos profundos são mais suscetíveis à aplicação de diferentes métodos de limpeza e recuperação, além de manter distante a possibilidade de uma rocha fraturada ser atingida.

Além da dificuldade técnica de limpeza e remediação, em uma área fraturada o óleo pode alcançar regiões profundas de forma muito rápida, pois sua capacidade de retenção tende a ser muito baixa (MACKAY; CHERRY, 1989).

Figura 46 – Espessura do perfil de alteração e sensibilidade relativa correspondente em cada segmento da área piloto.



Da mesma forma que aconteceu com as variáveis anteriormente discutidas, o enquadramento dos intervalos de classe foi realizado de acordo com critérios práticos. Estas classes se assemelham a intervalos de classes típicos utilizados em morfologia de solos, como os designados por Vieira e Vieira (1983).

O intervalo de classe delimitado para essa variável tem como fator positivo o fato de ser de fácil aquisição. Mesmo a classe de maior espessura é passível de ser identificada apenas avaliando cortes de estrada. A análise de compartimentos é outra técnica facilitadora.

Neste ponto já é possível estabelecer, categoricamente, a sensibilidade ambiental ao óleo utilizando a conexão das três variáveis até aqui discutidas. Um ambiente composto por baixa declividade, solo arenoso e raso representa, então, um cenário com alta sensibilidade ao derramamento de óleo, pois reúne as condições propícias ao rápido deslocamento vertical do contaminante e compõem um arranjo menos favoráveis à contenção natural e ações de limpeza e contingência do óleo.

5.1.5 Profundidade do nível d'água

O nível d'água (N.A.) é, provavelmente, a variável mais estudada quanto à sensibilidade ambiental ao derrame de óleo. A maioria dos guias de técnicas de limpeza do óleo no (sub)solo tem como foco o NA, seja como bem a ser protegido ou como alvo vetor de caminho do óleo.

Entender a correlação da profundidade do N.A. com a sensibilidade ambiental do ambiente é trivial. A sensibilidade é maior quanto mais rasa estiver a zona saturada, já que, nesta condição, o lençol freático será mais rapidamente atingido.

Caso o óleo derramado infiltre no perfil do solo, e não fique retido na camada menos permeável, fatalmente irá alcançar o lençol freático. Alcançando as águas subterrâneas, o óleo poderá ser carregado a outras regiões, por meio do fluxo das águas (VIANA, 2009).

Dependendo do tipo de óleo, poderá, no primeiro momento, flutuar próximo ao nível d'água, seguindo o fluxo hidráulico (FERREIRA; ZUQUETTE, 1998), ou em outras direções, caso sejam formados montículos de óleo (NEWELL et al., 1995), aumentando consideravelmente a sensibilidade do meio. A área que o óleo impactará, neste caso, será ampliada devido à migração do óleo também horizontalmente.

Outra situação que aumenta a sensibilidade ambiental relacionada ao N.A. é quando ocorre a lixiviação de componentes solúveis, devido à percolação de água ou pela flutuação do lençol freático (HULING; WEAVER, 1991).

Na área de estudos há predominância de segmentos com NA raso (Figura 47), formando, portanto, ambientes com alta sensibilidade parcial. Estes ambientes estão localizados, sobretudo, nas áreas planície, fluvial e costeira, e próximo a áreas com alta densidade de afloramento de NA, como represas e cursos d'água.

A importância da profundidade do nível d'água na sensibilidade ambiental do meio ao óleo faz com que seja indispensável a presença desta variável em qualquer tipo de análise ambiental. Alguns aspectos, entretanto, devem ser considerados.

As técnicas de levantamento deste tipo de dados são onerosas, tanto por meios diretos, como perfurações de poços, como por meios indiretos, como aplicações de técnicas geofísicas, de acordo com a área considerada para este tipo de estudo (BRAGA, 2006), o que justifica a técnica utilizada no presente estudo.

Da mesma forma que na área costeira, ocorrem variações ambientais sazonais que podem interferir na sensibilidade ambiental, com o NA também podem ocorrer flutuações durante o ano (GUIGUER, 1996; GUNDLASH et al. 2005).

Esta particularidade não foi levada em consideração na definição desta variável. Ainda que seja conhecido o quão importante é esta informação, é necessário o monitoramento desta flutuação em vários pontos ao longo da área a ser estudada, o que dificilmente poderá ser executado, devido, sobretudo, à inviabilidade econômica.

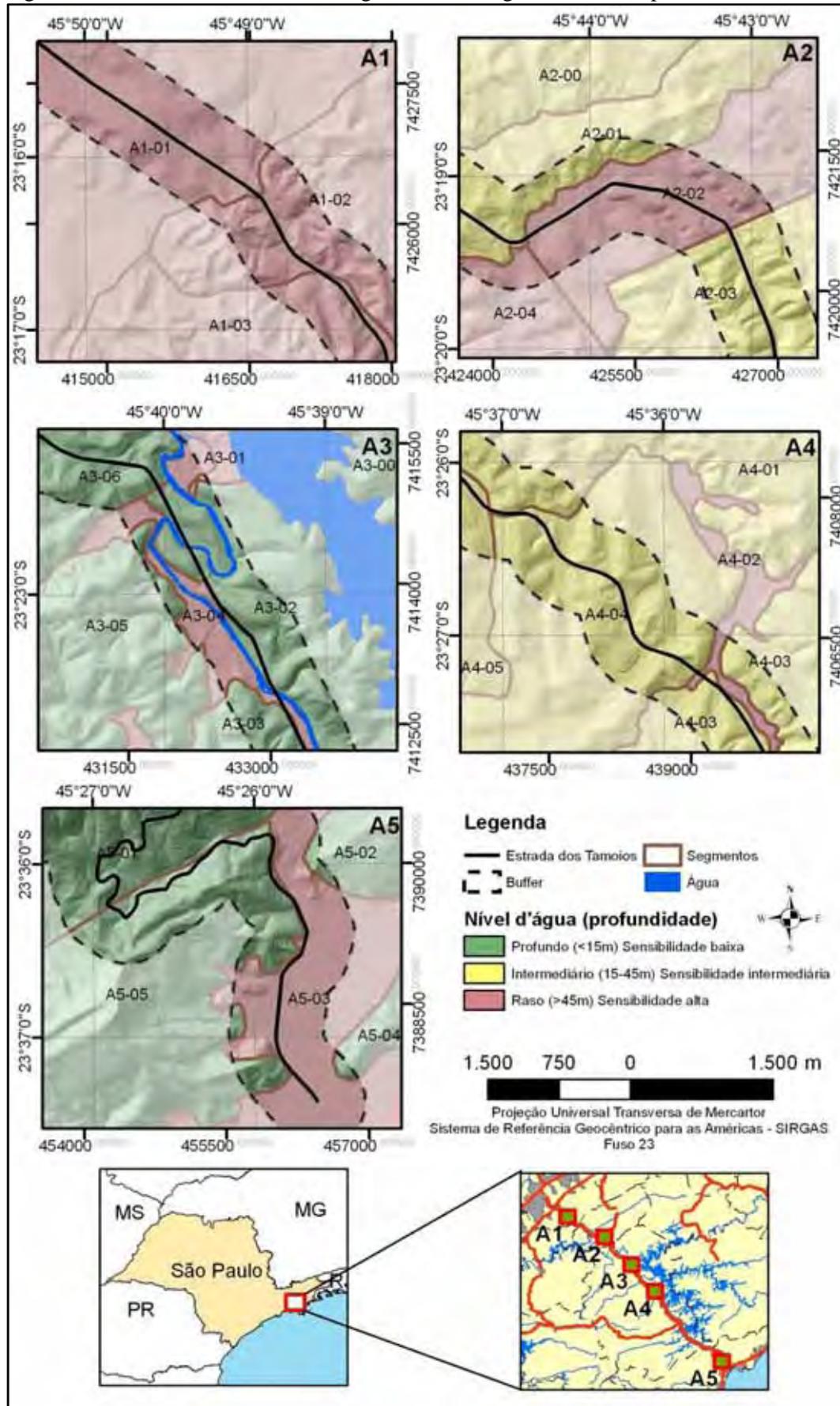
Mais uma consideração intrínseca desta etapa é a qualidade dos dados secundários. O advento da tecnologia de posicionamento geográfico permite que cada ponto em que haja conhecimento da profundidade do NA seja registrado por coordenadas geográficas. Estes dados, porém, necessitam ser autitadas a título de confirmar sua qualidade.

Esta inspeção é necessária devido ao fato de poder haver incoerências nos dados publicados. Os erros que podem acontecer vão da coleta à publicação, tais como: GPS com sistema de referência/datum diferentes na mesma planilha, omissão das informações do sistema de referência/datum, dentre outros.

A técnica de estimativa da profundidade do NA demonstrou ser satisfatória à metodologia. A aplicação desta estimativa é um recurso aos empecilhos inerentes à obtenção e mapeamento desta variável, especialmente o custo e o ferramental.

Para se ter uma idéia, para cobrir apenas a área equivalente ao *buffer* da área piloto A3, a menos extensa, na escala cartográfica utilizada, seriam necessárias cerca de 72 sondagens elétricas verticais por área piloto (BRAGA 2006).

Figura 47 – Profundidade do nível d’água em cada segmento da área piloto.



No caso das áreas piloto é relevante ressaltar que, devido à natureza cristalina de seu embasamento, é comum o NA não ser atingido. FESPSP (2007), utilizando de sondagem a percussão, não atingiu o nível d'água a 14,45m de profundidade às margens da Estrada dos Tamoios, sendo paralisada em material impenetrável à percussão, provável rocha ou matacão. Após nova sondagem a 100m da primeira, o NA foi atingido a 1,5 de profundidade.

A divisão utilizada para determinar as classes, o tercil, solucionou a dificuldade que seria determinar os intervalos das classes baseados em outros parâmetros que não o estatístico.

O tercil é a separatriz que divide a área de uma distribuição de frequência em domínios de áreas iguais a múltiplos inteiros de um terço da área total (WEISZFLOG, 2011). Por ser baseado na frequência dos dados aferidos à aplicação na Estrada dos Tamoios, este intervalo poderá passar por novas modificações em aplicações futuras para outras áreas.

5.1.6 Densidade de drenagem

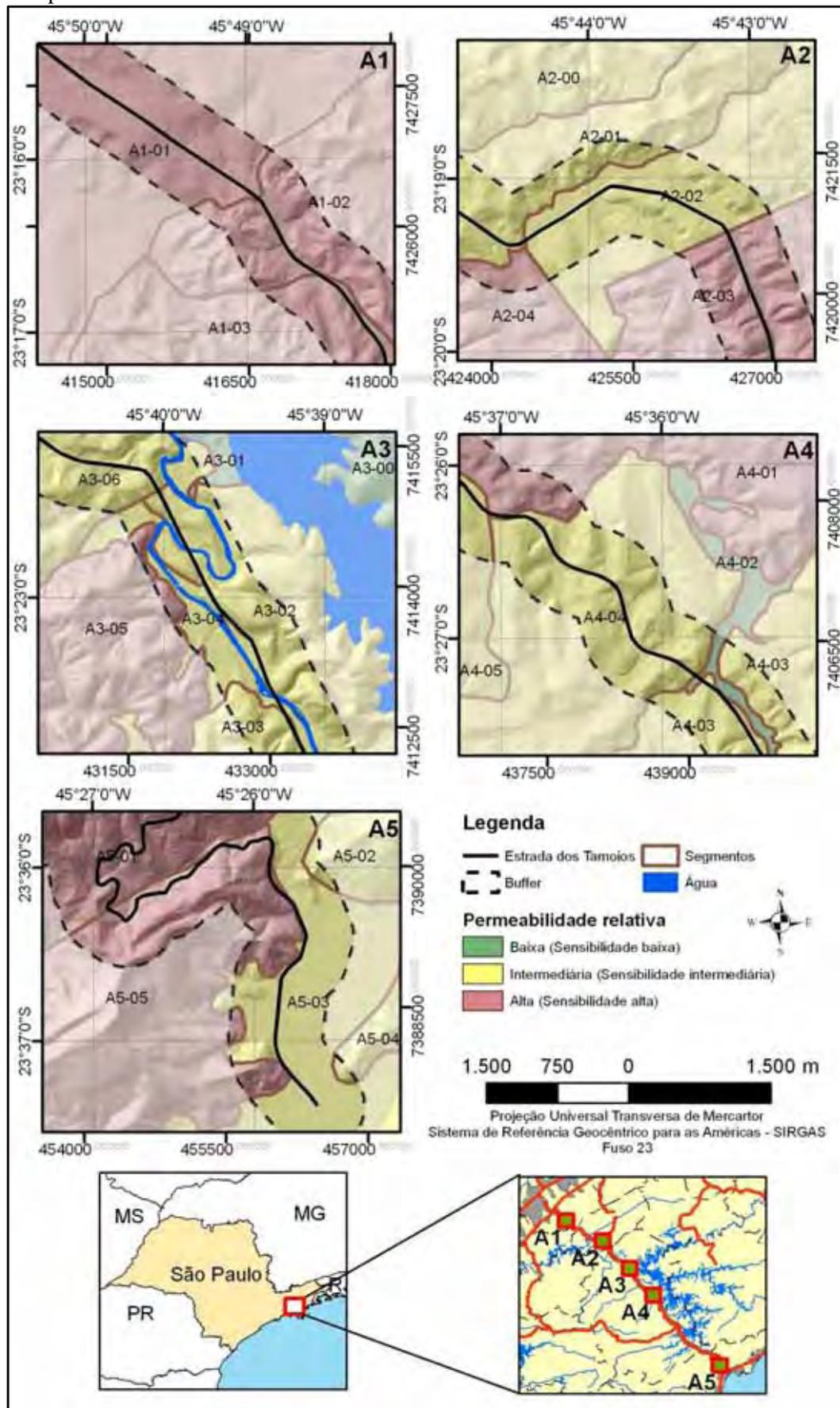
A densidade de drenagem é a variável que completa o conjunto de variáveis propostas à composição do IST para elaboração da Carta SAO. Como já apresentado, a densidade de drenagem possui estreita relação com a permeabilidade relativa. Assim, para fins didáticos, a discussão referente à densidade de drenagem será realizada a partir da correlação entre esta e a permeabilidade relativa (ver seção 4.2.1)

As áreas piloto da Estrada dos Tamoios apresentam quase que todos os segmentos com permeabilidade relativa intermediária e alta (Figura 48). Deste modo, se o óleo cair em uma área de maciço rochoso e o óleo alcançar este maciço, há uma grande possibilidade de cair nos espaços, produtos do fraturamento. Caso o óleo não for derramado em área cristalina, mas em rochas sedimentares, o óleo fatalmente alcançará grandes profundidades.

Esta breve explanação justifica a relação entre permeabilidade relativa e o enquadramento à sensibilidade ambiental proposta, sendo tanto maior a sensibilidade parcial ao óleo quanto maior for a permeabilidade. Por ter a mesma linha lógica já discutida na variável textura do perfil de alteração, a repetição das informações é desnecessária.

Apesar de ser de fácil interpretação (SOARES; FIORI, 1976), a permeabilidade relativa aferida a partir da densidade de drenagem tem peculiaridades importantes. Por ser de natureza relativa, a primeira particularidade diz respeito à definição das classes.

Figura 48 – Permeabilidade relativa e sensibilidade correspondente em cada segmento da área piloto.



Da mesma forma que as demais variáveis, os intervalos de classe de variáveis físicas, para fins de sensibilidade ambiental ao óleo, não é definida com facilidade, uma vez que publicações para esse fim são insuficientes.

As classes aqui utilizadas foram baseadas em um método de classificação de dados projetados para determinar o melhor arranjo dos valores em diferentes classes no agrupamento dos valores adquiridos após a classificação (JENKS, 1967).

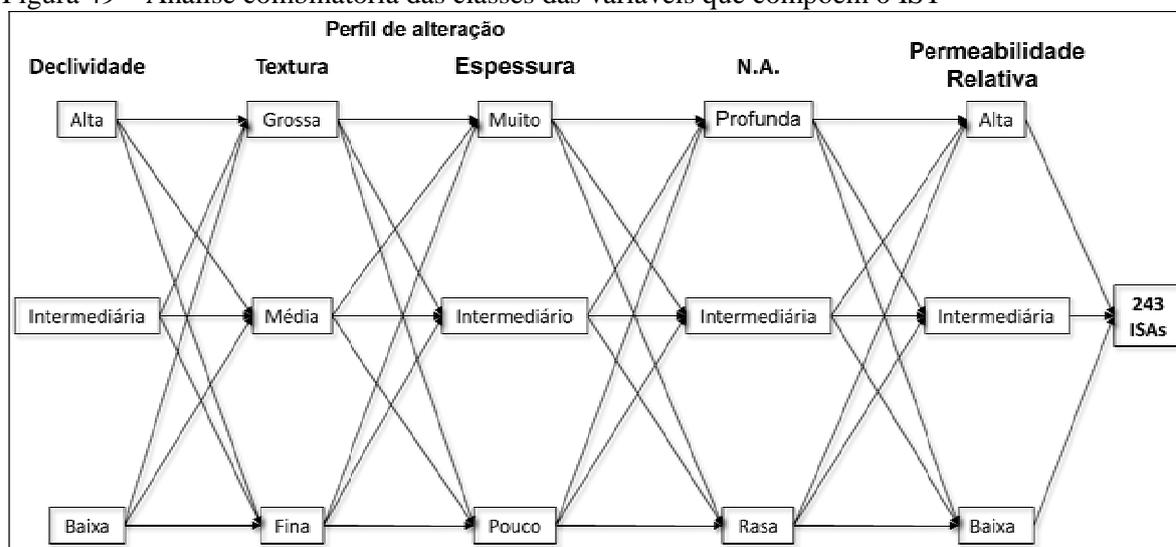
Este arranjo, entretanto, é realizado utilizando os dados disponíveis para a área de análise. Por este motivo, a comparação de cartas produzidas para diferentes rodovias pode ficar prejudicada, pois as classes desta variável não constituem, *a priori*, intervalos “globais fixos”. Por saber desta característica, não se buscou, no presente estudo, intervalos que satisfizessem intervalos definitivos.

5.2 ÍNDICE DE SENSIBILIDADE TERRESTRES

5.2.1 Ranqueamento por análise gráfica

Para compor um segmento ambiental, cinco variáveis foram propostas, cada uma com três classes. Estas, entretanto, possibilitam a formação de 243 diferentes combinações (Figura 50). A sugestão para reduzir este número o mais próximo possível do ranking utilizado pelo MMA/NOAA, 10 classes, foi a adoção da análise gráfica.

Figura 49 – Análise combinatória das classes das variáveis que compõem o IST



Na análise gráfica, são atribuídas cores para cada nível de sensibilidade, verde para sensibilidade baixa, amarelo para sensibilidade intermediária e vermelho para sensibilidade alta, conforme utilizado na representação cartográfica das classes das variáveis. Com esta técnica, as combinações possíveis são reduzidas para 21 possibilidades (Figura 49).

Figura 50 – Sensibilidade relativa atribuída a cada classe das variáveis elencadas à concepção do IST, análise gráfica e índice correspondente.

PARÂMETROS	Declividade			Perfil de alteração			NA			Densidade de drenagem											
				Textura	Espessura		Profundidade														
CLASSES																					
SENSIBILIDADE PARCIAL	baixa	inter	alta	baixa	inter	alta	baixa	inter	alta	baixa	inter	alta	baixa	inter	alta						
CARACTERIZAÇÃO	>30%	15-30%	<15%	<0,06 mm	0,06-0,6 mm	>0,6 mm	>2m	2-1m	<1m	>45m	15m-45m	<15m	<2,7 (cristalino)	>4,6 (sedimentar)	2,7-4,6	<4,6 (cristalino)	>2,7 (sedimentar)				
ANÁLISE GRÁFICA																					
COMBINAÇÕES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
ISA NOAA/MMA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21

Considerando que as classes de diferentes variáveis que possuem a mesma sensibilidade ambiental são equivalentes entre si, combinações com os mesmos conjuntos de sensibilidade também são equivalentes.

Desta forma, se houver duas classes de sensibilidade alta, uma intermediária e duas baixas, a sensibilidade final será sempre a mesma, independente das variáveis que constituem as sensibilidades, uma vez que cada variável contribui com apenas uma sensibilidade.

Vale ressaltar que, devido ao fato de todas as variáveis terem a mesma importância na composição do IST, a ausência de qualquer classe inviabiliza a utilização do índice, pois, nesta situação, há maior probabilidade de se conferir uma sensibilidade final díspar, se comparada com uma atribuição com todas as classes.

Da mesma forma, alterações nos intervalos das classes, técnica de interpolação ou mesmo na ferramenta de classificação, podem resultar em sensibilidades finais diferentes. Estas modificações certamente ocorrerão em tentativas de aperfeiçoamento metodológico e são benéficas ao amadurecimento da presente proposta.

Mais um aspecto que deve ser ressaltado é o fato de, por compor um número ímpar, a análise gráfica atribui a uma classe o maior número de possibilidades que os demais. Neste caso, a classe que possui maior probabilidade de ocorrência é a classe 5.

Desta forma, as combinações com ausência de sensibilidade parcial alta são correlacionadas à baixa sensibilidade, as combinações com uma ou duas sensibilidades parciais altas à sensibilidade final intermediária e os arranjos com três ou mais sensibilidades parciais altas à alta sensibilidade final.

Esta conformação possibilita a codificação da análise gráfica para apenas três classes, uma alta, uma intermediária e uma baixa, tal como feito com as classes. Esta conformação pode ser utilizada em novas tentativas de adequação do IST.

O Quadro 9 apresenta as sensibilidades parciais atribuídas às classes dos segmentos ambientais das áreas piloto e a sensibilidade final dos mesmos. Nele é possível observar a equivalência existente entre segmentos aos quais foram conferidas a mesma sensibilidade final, embora não possuam sensibilidades parciais nas mesmas classes.

Quadro 9 – Síntese da sensibilidade ambiental parcial e final atribuída para cada segmento.

Áreas piloto	Segmentos	Declividade	Textura	Espessura	N.A.	Densidade de drenagem	IST
A1	A1-01	Baixa	Média	Muito	Rasa	Baixa/S	8
	A1-02	Intermediária	Média	Muito	Rasa	Alta	7
	A1-03	Baixa	Fina	Muito	Rasa	Alta	8
A2	A2-01	Intermediária	Fina	Muito	Intermediária	Intermediária	2
	A2-02	Baixa	Fina	Muito	Rasa	Intermediária	6
	A2-03	Alta	Fina	Muito	Intermediária	Alta	4
	A2-04	Intermediária	Fina	Muito	Rasa	Alta	6
A3	A3-01	Intermediária	Grossa	Pouco	Rasa	Baixa	8
	A3-02	Alta	Média	Muito	Profunda	Intermediária	2
	A3-03	Alta	Fina	Muito	Profunda	Intermediária	1
	A3-04	Baixa	Fina	Muito	Rasa	Intermediária/S	6
	A3-05	Alta	Média	Muito	Profunda	Alta	4
	A3-06	Alta	Fina	Intermediária	Profunda	Intermediária	2
A4	A4-01	Alta	Fina	Muito	Intermediária	Alta	4
	A4-02	Baixa	Fina	Muito	Rasa	Baixa/S	6
	A4-03	Intermediária	Fina	Muito	Intermediária	Intermediária	2
	A4-04	Intermediária	Fina	Muito	Intermediária	Intermediária	2
	A4-05	Intermediária	Fina	Muito	Intermediária	Intermediária	2
A5	A5-01	Alta	Média	Pouco	Profunda	Alta	6
	A5-02	Alta	Grossa	Pouco	Profunda	Intermediária	6
	A5-03	Baixa	Média	Muito	Rasa	Intermediária/S	7
	A5-04	Alta	Grossa	Intermediária	Profunda	Intermediária	5
	A5-05	Alta	Grossa	Pouco	Profunda	Alta	8

/S = Áreas sedimentares. Apenas para alta

Tomando os segmentos A1-03 e A5-05 como exemplo, é possível observar que ambos possuem a mesma classe de sensibilidade ambiental, 8, embora esta seja composta por sensibilidades parciais diferentes. Neste caso, os segmentos compartilham apenas uma sensibilidade parcial relacionada à mesma variável, a permeabilidade parcial.

5.3 CARTA SAO DA ESTRADA DOS TAMOIOS

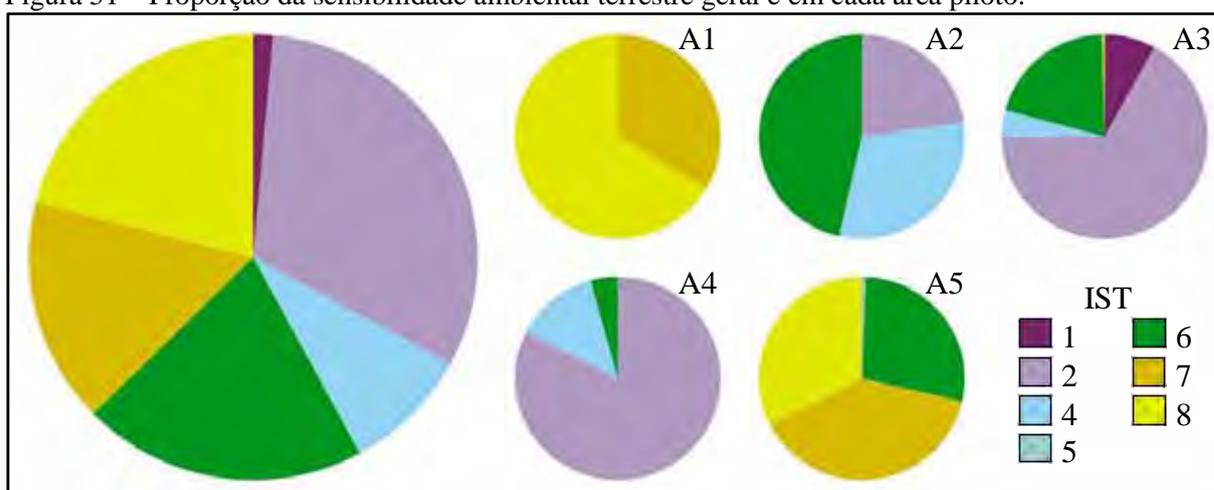
5.3.1 Sensibilidade ambiental

As áreas piloto da Estrada dos Tamoios possuem sete classes de sensibilidade ambiental ao óleo. As classes 2 e 6 são as mais recorrentes, presentes em seis segmentos cada. Com excessão das três classes que não estão presentes em nenhuma das áreas (3, 9 e 10), as classes menos presentes são as classes 1 e 5, com apenas um segmento (Figura 51).

A área A1 é a mais sensível, com segmentos com as classes de sensibilidade mais altas, ao passo que A2 e A4 possuem as áreas menos sensíveis.

A classe 2 prevalece também em extensão, com pouco mais de 773ha. As classes 6, 7 e 8 são igualmente representativas, sobretudo nas áreas A1e A5, simbolizando repartição similar entre alta, média e baixa sensibilidade ao óleo nas áreas piloto Figura 52.

Figura 51 – Proporção da sensibilidade ambiental terrestre geral e em cada área piloto.

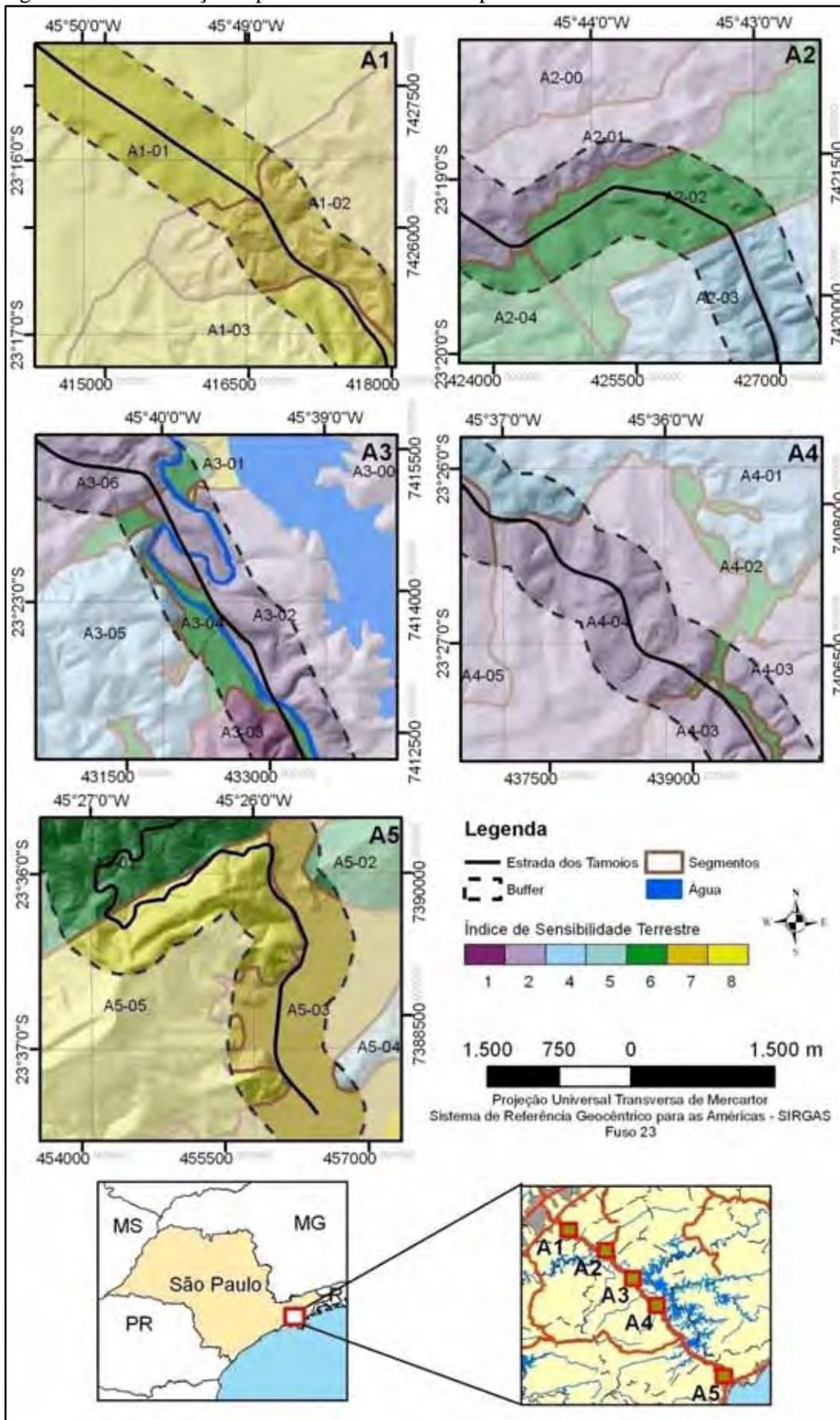


A classe menos representativa, 5, está presente apenas na área A5. Seu valor é tão irrisório frente aos demais que não é percebido no gráfico geral do IST.

5.3.2 Recursos biológicos

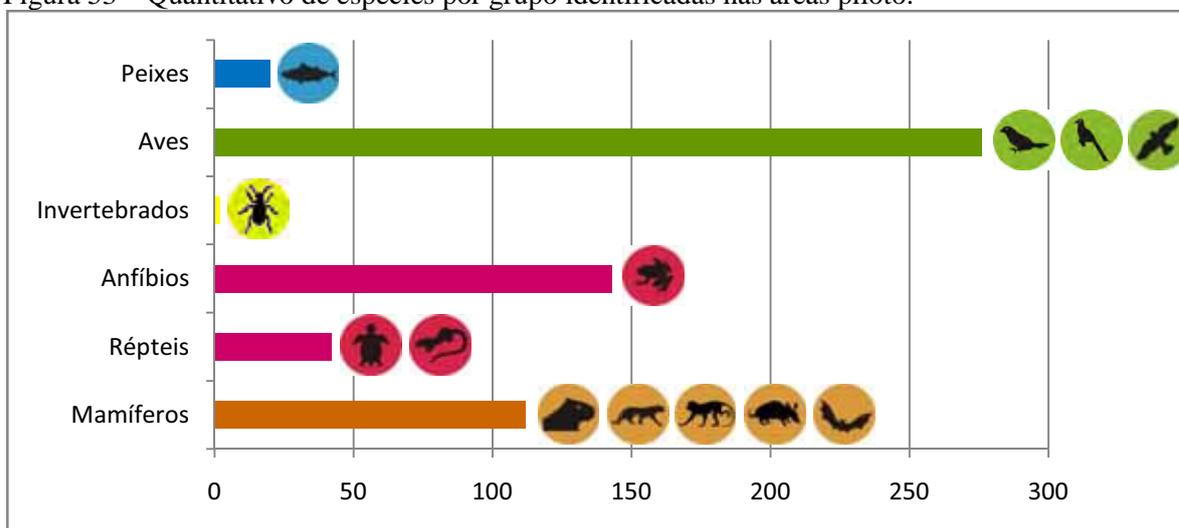
Nas cinco áreas piloto foram identificadas 595 espécies faunísticas, pertencentes a seis grupos (Figura 53). Todas as espécies (nome científico e vulgar), família, ambiente e fonte podem ser conferidas no Apêndice C.

Figura 52 – Distribuição espacial do IST nas áreas piloto.



As aves compreendem o grupo com o maior quantitativo, com cerca de 46% do total, dividido em três subgrupos, de rapina, terrestres não passeriformes e passeriformes, sendo, o último, o subgrupo com maior número de espécie.

Figura 53 – Quantitativo de espécies por grupo identificadas nas áreas piloto.



O grupo aves foi o único grupo que foi registrado também em campo e identificado por um especialista, sendo registrados canários (*Sicalis flaveola* Linnaeus, 1766), pardais (*Passer domésticos* Linnaeus, 1758), Garibaldis (*Chrysomus ruficapillus* Vieillot, 1819), pertencentes ao sub-grupo passeriformes, e anu-preto (*Crotophaga ani* Linnaeus, 1758), do sub-grupo não passeriformes (Figura 54).

Figura 54 – Espécies faunísticas registradas na área de estudos.



A = canário (*Sicalis flaveola* Linnaeus, 1766), B (centro) = pardal (*Passer domésticos* Linnaeus, 1758); C = Garibaldi (*Chrysomus ruficapillus* Vieillot, 1819); D = anu-preto (*Crotophaga ani* Linnaeus, 1758).

A distribuição espacial dessa diversidade faunística é apresentada na Figura 55. Nela pode ser notado que a A5 é a que possui maior variedade de grupos. Esta diversidade pode ser explicada por dois fatores complementares. O primeiro é que nesta área está presente a maior área contínua de remanescentes de Mata Atlântica do território brasileiro (IF, 2008), sendo, por esse motivo, a área com mais informações de inventário faunístico na Rodovia.

A maior variedade de grupos faunísticos na A5, agregado a uma área com IST intermediário, denota a importância ambiental desta área. Uma vez derramado, as ações de combate devem ser planejadas pensando também com ênfase nos recursos biológicos.

Outro complicador na A5 é que algumas espécies são endêmicas ou estão listadas como ameaçadas de extinção, tais como a rã-achatada-de-cachoeira-da-Serra-do-Mar (*Cycloramphus dubius* Miranda-Ribeiro, 1920) (IF, 2008) e a jacutinga (*Pipile jacutinga* Spix, 1825) (MACHADO et al. 2008), respectivamente.

Além desta periculosidade ambiental envolvendo a fauna, a A5 possui outro complicador, a inexistência de acessos. A ausência de estradas ou trilhas no norte desta área pode ser crucial a atividades de combate e ações mitigadoras num tempo hábil.

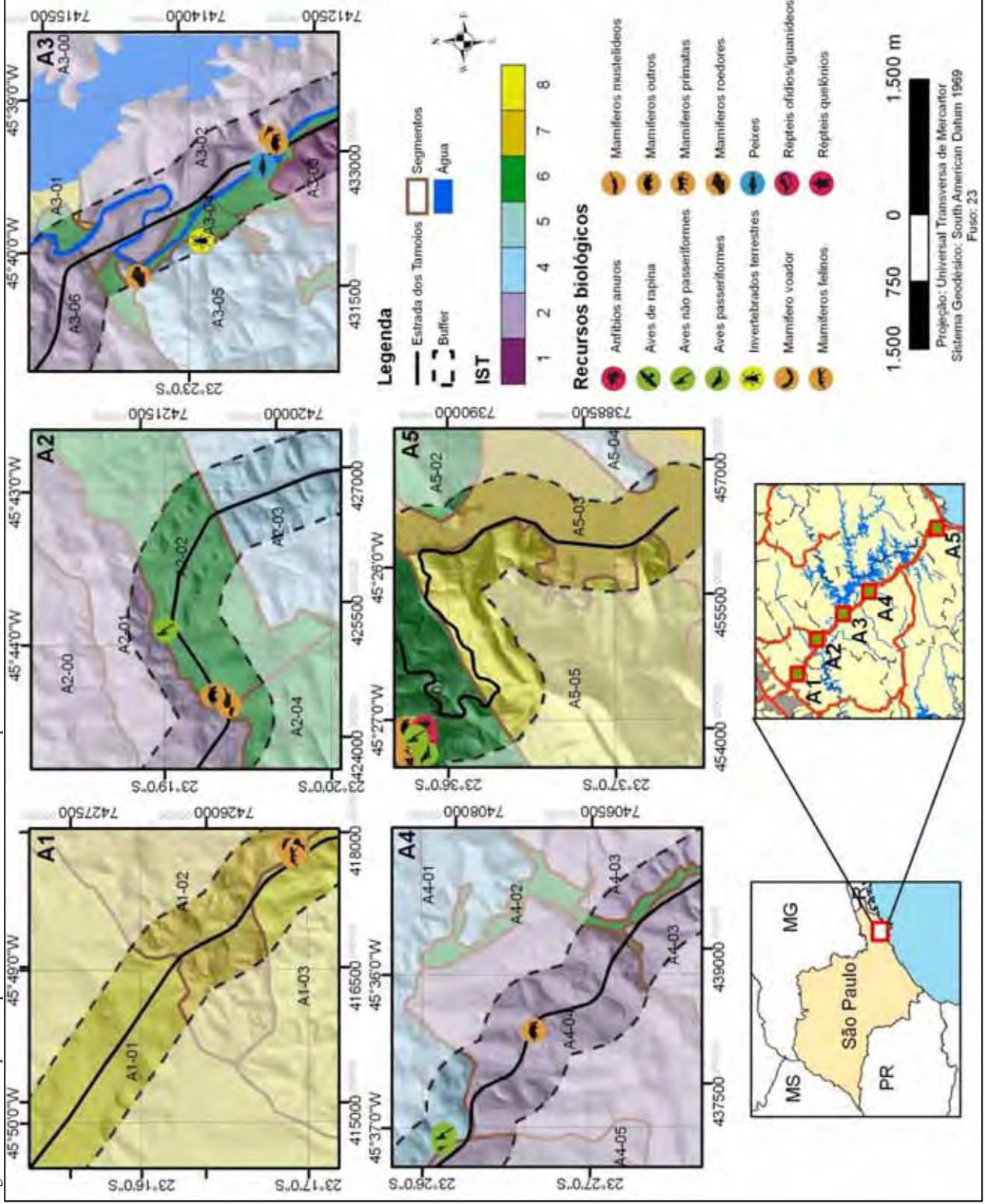
Os invertebrados terrestres são os menos diversos especificamente, com apenas duas espécies, ao passo que o grupo mamíferos é o mais diverso em sub-grupos, com seis. É, também, o único grupo identificado em todas as cinco áreas.

A baixa presença de indivíduos do grupo invertebrados terrestre pode ser elucidada devido à escolha do método de coleta de dados faunísticos utilizado, baseado majoritariamente em levantamentos secundários, estando a mercê do objetivo do estudo que realizou o levantamento. É possível que este fosse mais bem representado com a realização de levantamento *in situ*, já que este é o grupo com maior diversidade tanto do Brasil (LEWINSOHN; PRADO, 2005) quanto do mundo (HAMMOND, 1995).

O grupo dos invertebrados terrestres se destaca também por não serem utilizados nas produções de Cartas SAO brasileira, não possuindo, portanto, simbologia específica para este fim. Para utilização no presente estudo, foi utilizada a simbologia disponível no guia NOAA (PETERSEN et al., 2002), acrescido de cor.

As demais simbologias inexistentes, sub-grupos de mamíferos terrestres primatas e outros, foram criadas devido a representatividade de ambos os grupos nas áreas de estudo e são utilizadas pela primeira vez em uma Carta SAO. Ambos os grupos/simbologias tem potencial de uso em Cartas SAO de outros ambientes, como, por exemplo, o costeiro.

Figura 55 – Distribuição das espécies faunísticas identificadas nas áreas piloto.



A área com menor variedade e quantidade de grupos faunísticos é a A1. A proximidade com a única metrópole da Tamoios, e as transformações antrópicas inerentes, justificam esta configuração.

Já a A3 se destaca por ser a única área piloto com curso d'água representativo, apresentando a única espécie não terrestre. A presença deste corpo d'água exige o entendimento da interação dos ambientes não só nas esferas biológicas, mas também no entendimento da sensibilidade ambiental dos ambientes dulciaquícolos concomitante ao terrestre.

Embora tenham sido observadas espécimes durante as expedições de campo, tal como invertebrados terrestres, estas não foram simbolizadas pelo fato de não serem identificadas, uma vez que os esforços para esta etapa ficaram a cargo dos dados secundários, além da necessidade de consulta de uma gama de profissionais especialistas, não havendo tempo hábil para tal procedimento.

5.3.3 Atividades socioeconômicas

O mosaico de atividades socioeconômicas identificado na Estrada dos Tamoios é formado pelos grupos recreacionais, área sob gestão especial, uso e extração de recursos naturais, transporte e tipo de ocupação.

Similares no tocante às atividades socioeconômicas, as áreas piloto A1, A2, A3 e A4 são caracterizadas pela predominância de residências, criação animal e pequenos corpos d'água (Figuras 56 e 57).

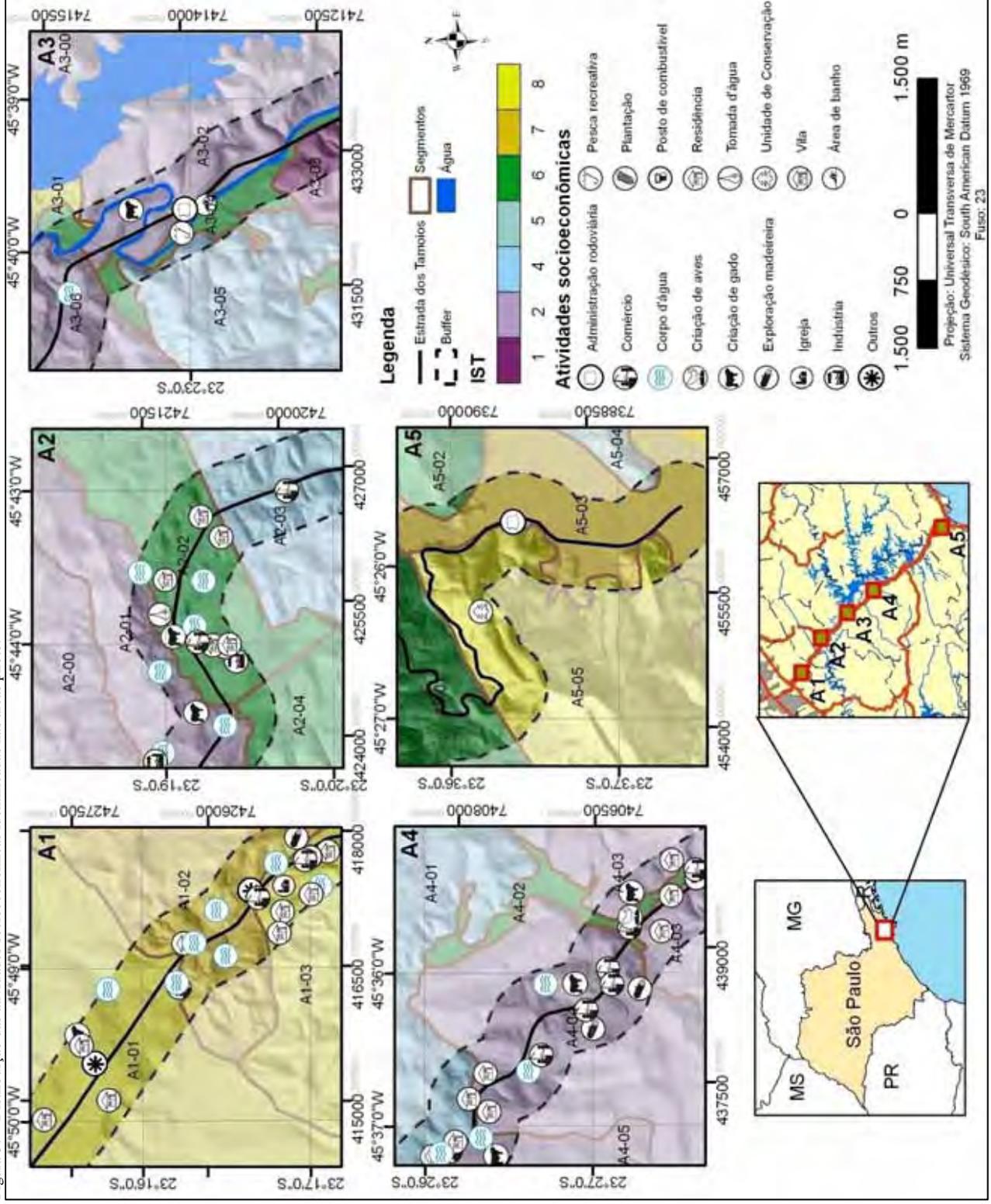
Figura 56 – Atividades econômicas predominantes nas áreas piloto A1, A2, A3 e A4.



A = residências; B = criação bovina; C = corpo d'água.

O predomínio destas atividades na Tamoios justifica a presença deste tipo de informação na Carta SAO e podem determinar prioridade mesmo em detrimento a aspectos biológicos ou do meio físico, ficando a cargo do planejamento das ações de combate.

Figura 57 – Distribuição das atividades socioeconômicas identificadas nas áreas piloto.



Em oposição às demais áreas piloto, a A5 possui a menor densidade de atividades socioeconômicas. Esta configuração é explicada pela presença de remanescentes florestais em mais de 50% da área, além da existência de uma unidade de conservação no espaço concomitante à área florestada.

As tipologias de ocupação residencial variam de casas isoladas, pequenas vilas, bairros e distritos desconectados do centro administrativo do município, condomínios de diferentes padrões, e trechos da zona urbana das cidades presentes na área de estudos (Apêndice B).

Esta configuração reflete o modelo de ocupação presente em toda a rodovia e implica na potencial contaminação de seres humanos em ocorrência de derrame de óleo, reforçada pela abundância de corpos d'água presentes na área de estudo.

Os corpos d'água sendo atingidos comprometeriam também a criação animal, principalmente do gado e de aves, além da agricultura e silvicultura presentes na área de estudo. Na área A3, além destes impactos, podem ser atingidas ainda atividades recreacionais.

Foram identificadas e implementadas duas novas atividades socioeconômicas, administração rodoviária e “outros”. Estas atividades não constam em outras cartas de sensibilidade ao óleo, porém, são essenciais às cartas no âmbito terrestre.

A administração rodoviária corresponde à presença de órgãos responsáveis pela manutenção da rodovia e cumprimento da ordem na mesma, tais como o Departamento de Estradas de Rodagem (DER) e a Polícia Militar Rodoviária, ambas presentes nas áreas piloto. A categoria denominada “outras” representa atividades não corriqueiras, tal como presídios, também presentes na área de estudos.

A área A1 se notabiliza pela convergência de áreas com alto IST e densidade de elementos biológicos e socioeconômico, sobretudo à sudeste.

As atividades ligadas ao comércio, como restaurantes, posto de combustíveis, lanchonetes, dentre outros, estão distribuídas por toda área de estudo com potencial de ser atingida em caso de derramamento de óleo em qualquer ponto da área de estudo.

Embora tenham sido produzidas apenas cinco cartas, estas, certamente, representam todas as atividades socioeconômicas encontradas em toda a extensão da Estrada dos Tamoios.

5.3.4 Cobertura da terra

A cobertura da terra é um elemento crucial em episódios de derramamento de óleo em ambientes terrestres, pois, dependendo do tipo de cobertura, pode atingir diretamente tanto componentes biológicos quanto socioeconômicos.

Embora algumas tentativas de elaboração de sensibilidade ambiental ao óleo de ambientes terrestres tenham se baseado na cobertura da terra para composição de um IST, tal como o MARA (MENDES et al., 2005), a metodologia aqui proposta optou por manter a mesma origem na concepção dos índices, a qual é ligada ao meio físico, além de entender que a cobertura da terra é um elemento em constante modificação antrópica em curto prazo, o que necessitaria de recorrentes atualizações cartográficas.

Na Figura 58 é apresentada a cobertura da terra presente nas áreas de estudo. A opção por mapear apenas a cobertura, e não o seu uso, se deu pelo fato de o uso já está agregado à representatividade das atividades socioeconômicas.

O tipo de cobertura da terra é quem dita, em primeiro momento, o comportamento do óleo derramado, influenciando diretamente no impacto biológico potencial (ONWURAH et al., 2007). As classes de cobertura propostas ao presente estudo são apresentadas a seguir:

- Afloramento rochoso: área em que a rocha é aflorada na superfície, não possuindo qualquer tipo de recobrimento natural ou artificial;
- Agrícola: áreas em que prevalece a vegetação dominada para fins agrícolas, apresentando culturas permanentes ou temporárias;
- Artificial consolidada: caracterizada pelas áreas com edificações urbanas, com o mínimo de cobertura que não seja artificial;
- Artificial inconsolidada: espaço definido por edificações que, todavia, possui presença significativa de solo exposto, bosque, ou vegetação herbácea. São exemplos desses espaços agrupamentos residenciais rurais, loteamentos e condomínios, instalações ligadas a atividades rurais, dentre outros;
- Bosque misto: extensão dominada por vegetação diversificada, nativa ou exótica, para fins de arborização ornamental, cerca viva, fornecimento de frutos, etc;
- Floresta/Mata: categoria em que se enquadram os remanescentes florestais em diferentes estágios de regeneração, podendo ser, ainda, de natureza ciliar ou de galeria;
- Silvícola: são os polígonos categorizados pelas espécies florestais sob manejo antrópico para fins de satisfazer as necessidades do mercado, tais como *Eucaliptus sp.* ou *Pinus sp.*;
- Solo exposto: classe em que não há qualquer tipo de cobertura sobre o solo; e
- Vegetação herbácea/herbácea arbustiva: compreende as áreas predominadas por gramíneas e herbáceas. Esta vegetação substitui a vegetação nativa, em áreas de

supressão florestal, como ocorreu na área de estudo, mas também pode ser encontrada como fitofisionomia natural, como nos pampas gaúcho.

A adequação da cobertura da terra à Carta SAO pode ser dada de duas formas. A primeira, adotada no presente estudo, disponibiliza o mapa de cobertura da terra em anexo à Carta SAO (Apêndice A).

A outra forma sugerida é apresentar a cobertura da terra como um índice auxiliar, conectado ao IST, conforme exemplo exposto na carta da A3, Apêndice A. Neste modelo a cobertura da terra é representada por letras minúsculas do alfabeto latino.

A proposta de ranqueamento deste índice auxiliar atribui as letras iniciais do alfabeto latino às áreas sem cobertura vegetal, como as representadas por afloramentos rochosos, e áreas artificiais consolidadas, as letras intermediárias a áreas com cobertura vegetal pouco densa e sob manejo antrópico, tal como as áreas de vegetação herbácea/herbácea arbustiva e agrícola, e as letras finais às coberturas de vegetação densa, como são as matas e florestas (Quadro 10).

Quadro 10 – Exemplo de ranqueamento do índice auxiliar.

Índice auxiliar	Cobertura da terra
a	Afloramento rochoso
b	Solo exposto
c	Artificial consolidada
d	Artificial inconsolidada
e	Agrícola
f	Vegetação herbácea/herbácea arbustiva
g	Silvícola
h	Bosque misto
i	Floresta/Mata

Desta forma, se uma área possui IST classe 8 e cobertura de floresta/mata, como o segmento A5-01, esta possuiria um IST 8 e uma índice auxiliar i, constituindo uma classe 8i. A representação cartográfica adotada para este índice auxiliar é dada por hachura, tornando possível a visualização concomitante da IST.

Esta forma de representar a cobertura da terra tem como caráter prático a conjunção de ambos os índices na mesma área/escala. Porém, a necessidade de atualização constante deste tipo de informação, o tamanho diminuto de alguns polígonos de cobertura e a quantidade de informação que compõe um mapa assim representado causam prejuízos à qualidade do mapa.

O conhecimento da cobertura da terra numa dada área é fundamental às ações de combate. Dependendo da tipologia de cobertura, é possível ter conhecimento prévio da dinâmica inicial do óleo e possibilidades de impacto.

Numa área onde há cobertura artificial consolidada, dificilmente haverá impacto na biota. Da mesma forma, poucos serão os impedimentos físicos ocasionados por obstáculos naturais de cunho biológico, sendo o meio socioeconômico os mais atingidos. Em áreas de Floresta/Mata, de outro modo, é sabido, antecipadamente, que haverá impacto sobre a biota, além da consequente possibilidade de abertura de acessos.

Nas áreas piloto da Estrada dos Tamoios a cobertura da terra reflete o posicionamento das atividades socioeconômicas, prevalecendo a vegetação herbácea/herbácea arbustiva (Figura 58), a qual é vinculada a criação bovina.

A exceção a esta configuração espacial ocorre apenas na A5, onde o *buffer* é ocupado majoritariamente pelas classes floresta/mata e artificial consolidada (Figura 58).

A classe artificial consolidada está presente em quatro das cinco áreas piloto. Nas A1, A3 e A5 esta cobertura está relacionada a parte urbana da sede administrativa dos municípios, enquanto que na A2 a um complexo industrial.

As áreas A2 e A4 têm na classe artificial inconsolidada sinais de expansão urbana a qual diferencia a rodovia em questão. Esta classe é representada, principalmente, pela implementação de condomínios residenciais.

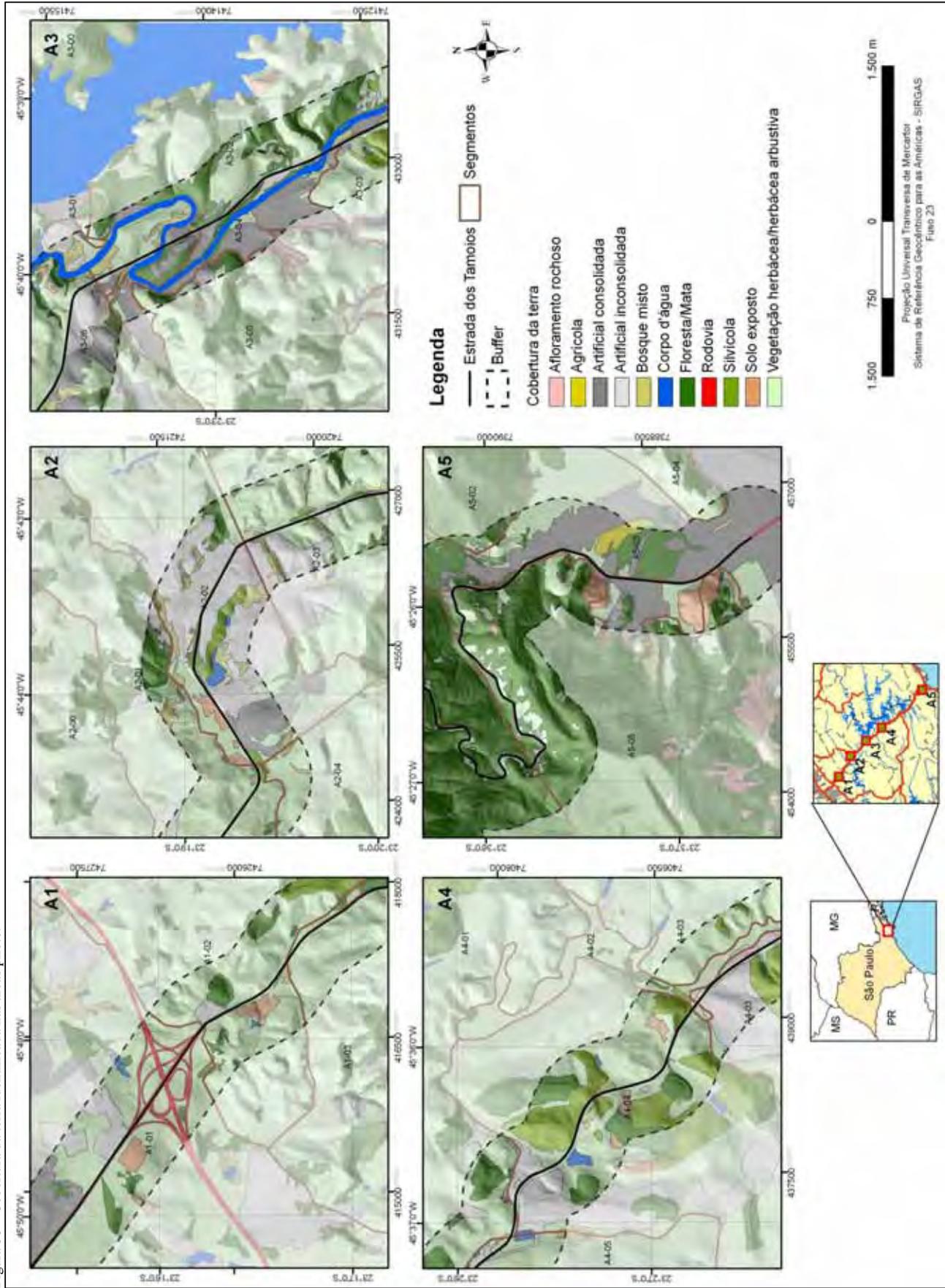
Na área A4, a classe silvícola possui representatividade significativa dentro do *buffer*, refletindo uma importante característica econômica regional, a extração madeireira. Esta atividade é responsável também, juntamente com processos erosivos, por algumas áreas de solo exposto identificadas na área.

5.3.5 Índices adjacentes, integração e equivalência

É sabido que as rodovias estão presentes sobre ou próximo aos mais diversos ambientes. Alguns destes ambientes já possuem sistemas de classificação de sensibilidade mundialmente conhecidos. Os ambientes presentes na Estrada dos Tamoios e que já possuem uma sistemática de classificação são os fluviais e lacustres.

Nas áreas piloto, entretanto, apenas o ambiente fluvial está presente, nas A3 e A5. Esta situação é oportuna, pois possibilita a integração do IST com um índice de sensibilidade ambiental vigente, além de permitir reflexões a cerca da equivalência entre os mesmos.

Figura 58 – Cobertura da terra identificada nas áreas piloto.

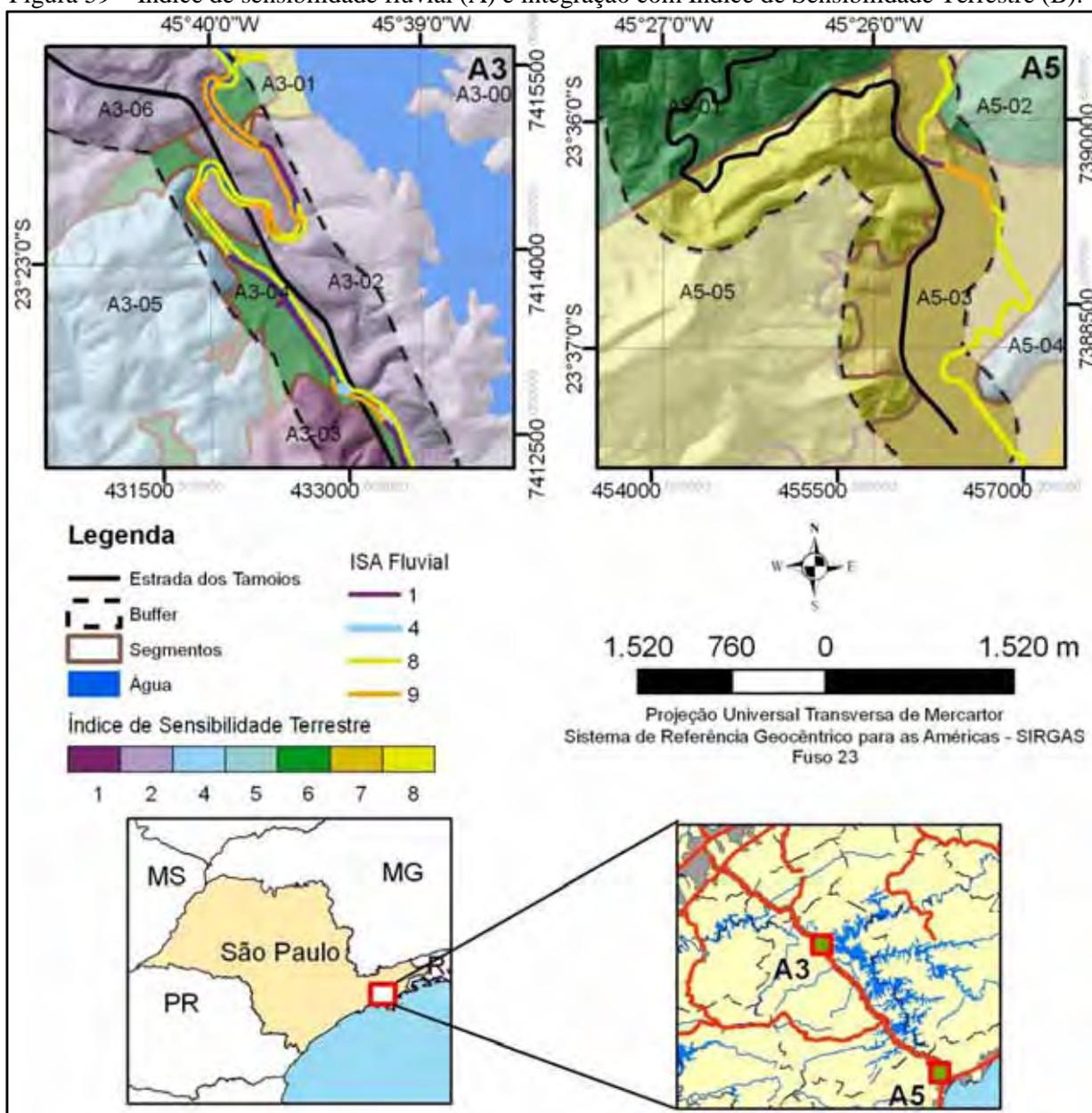


Nas áreas piloto, entretanto, apenas o ambiente fluvial está presente, nas A3 e A5. Esta situação é oportuna, pois possibilita a integração do IST com um índice de sensibilidade ambiental vigente, além de permitir reflexões a cerca da equivalência entre os mesmos.

Na Figura 59, é possível observar os segmentos e classes referentes ao índice de sensibilidade dos ambientes fluviais. São identificadas quatro classes, sendo uma correspondente à baixa sensibilidade, uma intermediária e duas correlacionadas à alta sensibilidade ambiental ao óleo.

Os segmentos com classes 8 e 9 são os mais representativos, com cerca de 90% da área (Figura 60). Esta ocorrência constitui um interessante panorama.

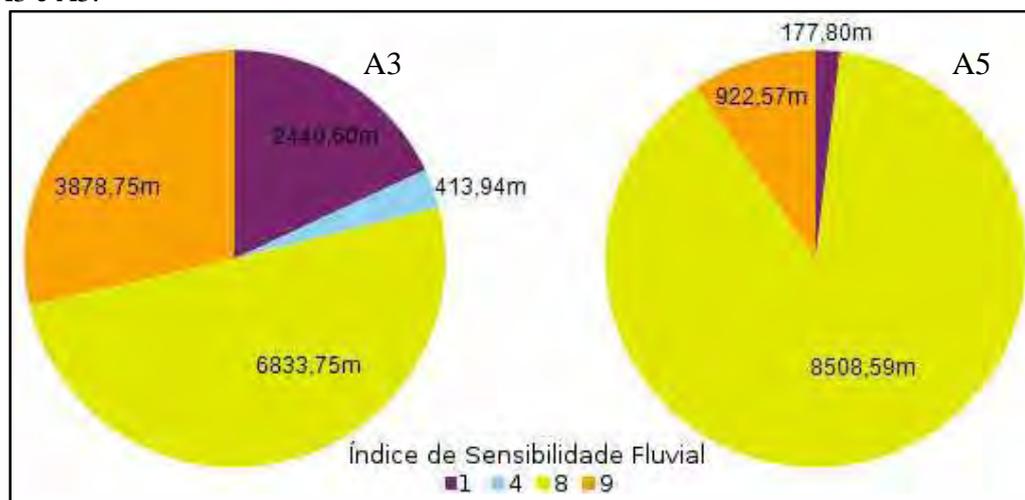
Figura 59 – Índice de sensibilidade fluvial (A) e integração com Índice de Sensibilidade Terrestre (B).



Diferentemente da A5, onde os segmentos fluviais estão encaixados em um segmento terrestre de sensibilidade similar, na A3 os segmentos fluviais são rodeados por segmentos terrestres de classes de sensibilidade baixa e intermediária.

A presença de índices de alta sensibilidade relacionada ao ambiente fluvial eleva a atenção relacionada à área A3, a qual já despertaria vigilância pela presença do principal curso d'água da região, porém possui sensibilidade baixa na maior parte da área.

Figura 60 – Quantitativo das classes de índice de sensibilidade fluvial presentes nas áreas A3 e A5.



Neste contexto, também deve ser levado em consideração o fato da equivalência entre os índices. Um dos poucos guias para elaboração de Cartas SAO que considera equivalência entre diferentes ambientes é o do NOAA (PETERSEN et al., 2002).

Este guia une em uma só tabela comparativa os ambientes costeiro (estuarino), lacustre, fluvial e palustre. Apesar de ser produtiva, a integração constante no guia NOAA deixa algumas lacunas na comparatividade dos ambientes.

O ambiente fluvial, por exemplo, não possui a classe 7 (ver Quadro 6), atingindo, desta forma, o mapeamento realizado no presente estudo, já que o índice NOAA foi o selecionado para serem aplicados aos rios das áreas piloto.

A equivalência entre os índices terrestre e fluvial aqui apresentados é válida, todavia deve ser utilizada com parcimônia, pois ambos necessitam, antes de tudo, amadurecimento conceitual e metodológico.

Outra observação válida diz respeito à falta de um índice de sensibilidade fluvial elaborado para a realidade dos rios brasileiros. Apesar do alcance mundial, o índice fluvial da NOAA é baseado nos corpos característicos dos EUA, não refletindo, portanto, as peculiaridades de rios presentes em outros lugares do mundo.

Para a aplicação nos rios das áreas pilotos o emprego foi satisfatório, pois, todos os ambientes presentes na A3 e A5 estavam representados no guia NOAA, sendo possível sua aplicação sem ressalvas.

5.3.6 Replicabilidade e áreas de proteção

O IST, embora tenha sido concebido à aplicação na Estrada dos Tamoios, compreende um índice passível de ser aplicado a qualquer modal terrestre, notadamente dutovias e ferrovias, além de tanques de postos de combustíveis ou mesmo refinarias. Algumas diferenças, entretanto, devem ser ressaltadas.

No caso de ferrovias a aplicação é direta, podendo utilizar os mesmos métodos e variáveis aqui apresentados. Nas dutovias, por transportar grande volume de óleo, é recomendado que o *buffer* seja maior. Caso este modal esteja enterrado, torna-se necessário, ainda, atenção à diferença de profundidade do duto em relação às variáveis. O mesmo acontece com os tanques de postos de combustíveis, os quais, mesmo não compreendendo um modal, são potenciais poluidores.

Esta diversificação de aplicação é positiva, uma vez que amplifica o desenvolvimento metodológico e reforça a necessidade de conhecimento da sensibilidade ambiental ao óleo destes modais.

Independente do modal em que o óleo é transportado, em eventos envolvendo derramamento de óleo, é salutar a identificação de áreas que devem ser evitadas ao máximo que sejam atingidas pelo óleo. Estas áreas são denominadas Área Prioritária à Proteção, ou APP.

Mesmo sendo componente contemplado nas Cartas SAO, não há metodologia oficial para demarcar as APPs (CUNHA, 2009). Para as áreas costeiras os seguintes aspectos são habitualmente utilizados: sensibilidade do meio ao óleo, diversidade biológica, potencial de recuperação após um impacto (resiliência), capacidade de resistir a impactos, facilidade de acesso, facilidade de limpeza e importância socioeconômica (ROMERO, 2009).

Assim, para a delimitação das APPs nas áreas piloto da Estrada dos Tamoios são propostas áreas que possuam o conjunto de características ambientalmente relevantes, tais como alta sensibilidade ambiental ao óleo, alta densidade faunística ou socioeconômica, cobertura da terra com predominância de floresta e/ou mata, falta ou insuficiência de acessos, localizada à montante da rodovia e baixa sensibilidade fluvial, se for o caso. As localidades indicadas a serem enquadradas nesta categoria são:

Face leste da Serra do Mar, norte da A5 (segmento A5-01);
Planície litorânea contígua ao Rio Santo Antônio (segmento A5-03); e
Extensão central da A3 adjacente ao Rio Paraíba do Sul (Sementos A3-02/03/04/06).

Da mesma forma que as áreas prioritárias, a definição das Zonas de Sacrifício (ZS) tem como finalidade otimizar os esforços à remoção e limpeza do óleo derramado, minimizando os prejuízos ambientais da área afetada, e não possui diretriz metodológica (CUNHA, 2009).

Opostamente às APPs, as ZSs são áreas diferenciadas pelo baixo IST, fácil acesso e atividades socioeconômicas e recursos biológicos rarefeitos, situação não contemplada nas áreas piloto da Tamoios.

6. CONCLUSÃO

O mapeamento da sensibilidade ambiental ao óleo da Estrada dos Tamoios demonstrou a variedade de ambientes que podem ser contemplados com a elaboração de Cartas SAO.

A busca à adequação de um índice de sensibilidade para ambientes terrestres possibilitou a sistematização de um índice que se mostrou mapeável, de produção rápida e simples e que permite a aplicação em ambientes similares, embora ainda haja necessidade de consolidação do mesmo.

Este índice é passível de replicação a qualquer ambiente terrestre em que a fonte de contaminação atinga o solo, sendo necessária pequenas modificações quanto a coleta e análise dos dados

A aplicação dos elementos biológicos e socioeconômicos à Carta SAO da Rodovia dos Tamoios confirmou o aproveitamento, tanto das técnicas de coleta de dados, quanto da representação utilizadas em mapeamentos de ambientes costeiros para fins de elaboração de Cartas SAO.

A Rodovia dos Tamoios, entendendo as áreas piloto como uma representação de sua extensão, possui sensibilidade intermediária, uma vez que não há presença de IST 9 e 10, os mais altos, e a densidade faunística e cobertura florestal são presentes apenas em um trecho (Serra do Mar).

As atividades socioeconômicas e a sensibilidade fluvial são dois elementos que carecem de mais atenção no tocante à sensibilidade na rodovia Tamoios. No primeiro caso, por ser um elemento bem distribuído por toda a rodovia e por poder atingir vidas humanas diretamente. No segundo caso, pelo fato de constituir um ambiente fluido de alta sensibilidade.

É premente a necessidade de implementação de um índice de sensibilidade ao óleo para o meio dulciaquícola, que represente os ambientes nacionais, bem como sua equivalência aos demais índices atualmente reconhecidos. Equivalência que também deve ser empregada ao IST.

A efetivação destas recomendações permitirá ações de combate mais precisas e eficientes, mesmo em áreas de alta complexidade ambiental.

Por se tratar de uma proposta pioneira, é esperado que ocorram modificações após tentativas de aplicações da adequação proposta no presente estudo, sobretudo em ambientes

com características não contempladas na Rodovia dos Tamoios. Esta condição faz parte da evolução metodológica e deve ser enquadrada como tal.

É passível de reflexão a aplicação desta metodologia como parte de ações de emergência em acidentes que envolvam derrames de produtos perigosos, que não sejam petróleo ou derivado, como é o caso dos ácidos, já que a tipologia do impacto e do meio são semelhantes.

Mais uma possibilidade de desmembramento da metodologia aqui proposta é adequar o IST a apenas três classes (baixa, intermediária e alta), enquadramento amplamente aplicado em estudos ambientais.

A complementação da cobertura vegetal como anexo ou mesmo como índice auxiliar é uma possibilidade metodológica que merece ser sempre considerada. Esta deve ser entendida, em Cartas SAO para ambientes terrestres, como mais um elemento componente, como o IST, recursos biológicos e atividades socioeconômicas.

Apesar da utilização de diversas técnicas, as soluções baseadas em ferramentas geotecnológicas provaram ser adequadas à elaboração das Cartas SAO, sendo vital a todas as etapas do processo.

Da mesma forma que as Cartas SAO para ambientes costeiro estão se popularizando, o mesmo pode ser feito com a proposta aqui apresentada. Uma condição que facilitaria a implementação deste tipo de documento às rodovias, seria exigir que nos EIA de novos empreendimentos rodoviários fossem realizados levantamentos, ou maior quantidade de amostras, de dados essenciais à elaboração da Carta, tais como a profundidade do N.A. e a topografia.

É importante ressaltar que as áreas de sensibilidade ambiental ao óleo recomendadas neste trabalho são indicações que devem ser levadas em conta durante uma emergência. Por constituir um mapa, estas sugestões devem ser estudadas e interpretadas por profissionais capacitados para lidar com este tipo de documento e com competência à aplicação.

A presente metodologia e sua aplicação seguramente deverão ser refinadas a partir da constatação de inconsistências do seu emprego em situações reais de acidentes envolvendo derrame de óleo.

Após estas considerações, sendo o objetivo geral da pesquisa atingido, a hipótese foi verificada e pode ser declarada verdadeira, ou seja: **os ambientes terrestres adjacentes ao modal rodoviário são viáveis ao mapeamento quanto a sua sensibilidade ambiental a derramamentos de óleo, a partir da aplicação de uma proposição metodologia adequada para tal.**

REFERÊNCIAS

- ADLER, E., M. INBAR. Shoreline sensitivity to oil spills, the Mediterranean coast of Israel: Assessment and analysis. **Ocean & Coastal Management**, v.50, n.1-2, p. 24-34. 2007.
- AGÊNCIA PETROBRAS DE NOTÍCIAS. **Petrobras confirma descoberta de óleo leve na Bacia de Santos**, 04 out. 2006. Disponível em:
<http://www.agenciapetrobrasdenoticias.com.br/materia.asp?id_editoria=8&id_noticia=2110
> Acesso em 4 mai. 2008.
- AGÊNCIA PETROBRAS DE NOTÍCIAS. **Nova descoberta de óleo leve na Bacia de Santos**, 05 set. 2007a. Disponível em:
<http://www.agenciapetrobrasdenoticias.com.br/materia.asp?id_editoria=8&id_noticia=3573
> Acesso em 4 mai. 2008.
- AGÊNCIA PETROBRAS DE NOTÍCIAS. **Testes confirmam descoberta de petróleo leve na Bacia de Santos**, 20 set. 2007b. Disponível em:
<http://www.agenciapetrobrasdenoticias.com.br/materia.asp?id_editoria=8&id_noticia=3672
> Acesso em 4 mai. 2008.
- AGEVAP. Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. **Relatório de situação. Bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul**. 108p. 2010. Disponível em: <<http://www.ceivap.org.br/relsituacao.php>>. Acesso em: 28 nov. 2011.
- ALCÂNTARA, E. H.; SANTOS, M. C. F. V. Mapeamento de Áreas de Sensibilidade Ambiental ao Derrame de Óleo na Região Portuária do Itaquí, São Luís, MA-Brasil. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12. (SBSR), 2005, Goiânia. **Anais...** 2005. p. 3605-3617.
- ALMEIDA, E. F. **Sensibilidade ambiental a derramamentos de óleo dos ecossistemas costeiros da Região do Cabo Norte, Amapá: a contribuição do sensoriamento remoto**. 2008. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008. 202p.
- ALMEIDA, E. F. Uso de Dados Multisensor para geração de Cartas de Sensibilidade Ambiental a Derramamentos de Óleo, nos Ecossistemas Costeiros da Região do Cabo Norte, Amapá. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14. (SBSR), 2009, Natal. **Anais...** 2009. p. 4543-4551.
- ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis 2011**. Disponível em:
<<http://www.anp.gov.br/?pg=58071&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&cachebust=1321724616137>>. Acesso em 19 dez. 2011.
- ARAUJO, R. S. **Determinação do Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) ao derramamento de óleo (ISL) para as regiões Norte e Centro-Norte do Estado de Santa Catarina (SC)**. 2005. Monografia (Graduação em Oceanografia) – Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, 2005. 190p.

ARAUJO, R. S.; PETERMANN, R. M.; KLEIN, A. H. F.; MENEZES, J. T.; SPERB, R. M.; GHERARDI, D. F. M. Determinação do Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) ao Derramamento de Óleo para as Regiões Norte e Centro-Norte da Costa de Santa Catarina (SC). *Gravel*, v. 5, n. 1, p. 47-73, 2007.

ARAUJO, S. I; SILVA, G. H.; MUEHE, D. C. E. H. **Manual básico para elaboração de mapas de sensibilidade ambiental a derrames de óleo no sistema Petrobras:** ambientes costeiros e estuarinos. Rio de Janeiro: 2002. 134p.

ARAUJO, S. I; SILVA, G. H.; MUEHE, D. CARVALHO, M. T. M; MENEZES, P. M. L.; ALCÂNTARA, A. V.; VARGAS, M. A. M.; TAKAHASHI, L. T. **Mapas de sensibilidade ambiental a derrames de óleo:** ambientes costeiros, estuarinos e fluviais. Rio de Janeiro: Petrobras: Jauá, 2006. 168p.

ARAÚJO, A. R. F.; MOTTA, A. C. C. R.; DUARTE, L. S.; PERDIGAO, M. L.; PITA, M.; PERILLO, S.; BESSA, V. C.; TAMASHIRO, R.; CURY, I. A.; NIY, D.; FONTANESI, V. R.; LEITE, C. H.; MULLER, E. D.; RAUBER, F. A. C.; MOREIRA, I.; FARIA, L. T.; MIRANDA, L. F. A.; RADUAN, M. C.; BELDA, M. T. M. R. ; MACHADO, M. A.; BARBIERY, R. M. A.; BAPTISTA, S. C. D. ; SILVA, S. L. ; AMADO, T.; MARQUES, W.; LUCA, W. **Rede urbana e regionalização do Estado de São Paulo.** São Paulo: EMPLASA, 2011. 152p. Disponível em: <http://www.seade.gov.br/produtos/publicacoes/pub_RedemunicipalRegionalizacaoESP_2011.pdf>. Acesso em 30 nov. 2011.

AWAZU, L. A.; POFFO, I. R. F. **Mapeamento de áreas a serem protegidas quando da ocorrência de derrames de petróleo e derivados no Litoral Norte de São Paulo.** CETESB: São Paulo, 1986. 40p.

BAKER, J. M. The effects of oils on plants. *Environmental Pollution*, v, 1, n. 1, p. 27-44, 1970. doi:10.1016/0013-9327(70)90004-2.

BAY, C. **Effects of experimental spills of crude and diesel oil on arctic vegetation.** A long-term study on high arctic terrestrial plant communities in Jameson Land, central East Greenland. NERI Technical Report, n. 205. National Environmental Research Institute, Denmark, 44p. 1997.

BELLOTTO, V. R.; SAROLLI, V. M. M. Mapeamento da sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo e ações de resposta para a região costeira e área portuária de Imbituba, SC, Brasil. *Braz. J. Aquat. Sci. Technol.*, v. 12, n. 2, p. 115-125, 2008.

BIOTA-FAPESB. Programa de Pesquisas em Conservação e Uso Sustentável da Biodiversidade do Estado de São Paulo. **Mapa de Vegetação Remanescente do Estado de São Paulo.** 2004, Programa Biota/Fapesp, Instituto Florestal/SMA, Centro de Referência em Informação Ambiental. Disponível em: <<http://sinbiota.cria.org.br/info/>>. Acesso em 18 dez. 2009.

BISTRICHI, C. A.; CARNEIRO, C. D. R.; DANTAS, A. S. L.; PONÇANO, W. L.; CAMPANHA, G. A. C.; NAGATA, N.; ALMEIDA, M. A.; STEIN, D. P; MELO, M. S.;

CREMONINI, O. A. **Mapa geológico do Estado de São Paulo**. 1:500.000 - Vol. I - Livro - Vol. II - Mapa. São Paulo: IPT, 1981, 126 p.

BEYNON, L. R.; GÖDJEN, H.; LILIE, R. H. ASTON, G. H. R.; SIBRA, P. STAPLEFORD, J. K.; **A field guide to inland oil spill clean-up techniques**. CONCAWE. Report n°. 10/83. 1983.

BOULHOSA, M. B. M.; MENDES, A. C. Mapeamento dos Índices de Sensibilidade Ambiental ao derramamento de óleo através de imagens SPOT 5, na região portuária de vila do conde - Barcarena - PA. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14. (SBSR), 2009, Natal. **Anais...** 2009. p. 3597-3603.

BRAGA, A. C. O. **Métodos da eletrorresistividade e polarização induzida aplicados nos estudos da captação e contaminação de águas subterrâneas**: uma abordagem metodológica e prática. 2006. Tese (Livre docência – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, 2006. 121p.

BRASIL. **Decreto Federal nº 87.561**, 13 de setembro de 1982. Dispõe sobre as medidas de recuperação e proteção ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, e dá outras providências. Disponível em <<http://www.lei.adv.br/87561-82.htm>>. Acesso em: 29 nov. 2009.

BREUNIG, F. M.; MELLO, L. F. Evolução da mancha urbana ao longo da Rodovia dos Tamoios (São José dos Campos – Caraguatatuba) no período de 2000-2008: uma primeira abordagem. In: Encontro Nacional de Estudos Populacionais, 17, 2010, Caxambu. **Anais...**, 2010. p. 2027. Disponível em: <http://www.abep.nepo.unicamp.br/encontro2010/docs_pdf/eixo_2/abep2010_2127.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2011.

BTC. **Potential impacts of oil spillage to an onshore environment**. BTC General Oil Spill Response Plan. Appendix F. Disponível em: <http://www.bp.com/liveassets/bp_internet/bp_caspian/bp_caspian_en/STAGING/local_assets/downloads_pdfs/xyz/BTC_English_General_OSRP_Content_Appendix_F.pdf> Acesso em 08 de ago. 2011.

CABRAL, A. P.; GHERARDI, D. F. M.; BAPTISTA, E.; MUEHE, D.; NICOLODI, J. L.; CARVALHO, L. R. Cartas de sensibilidade ambiental à poluição por óleo: bacias de Sergipe-Alagoas e Pernambuco-Paraíba. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13. (SBSR), 2007, Florianópolis. **Anais...** 2007. p. 3785-3788.

CANTAGALLO, C.; GARCIA, G. J.; MILANELLI, J. C. C. Mapeamento de sensibilidade ambiental a derramamentos de óleo do sistema estuarino de Santos, Estado de São Paulo. **Braz. J. Aquat. Sci. Technol.**, v. 12, n. 2, p. 33-47, 2008.

CAPES. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. **Novo Portal de Periódicos CAPES**. Disponível em: <http://novo.periodicos.capes.gov.br/?option=com_phome&Itemid=68&> Acesso em 17 dez. 2009.

CARVALHO, M.; GHERARDI, D. F. M. Uso de transformação IHS e classificação não supervisionada por regiões para o mapeamento da sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 11. (SBSR), 2003, Belo Horizonte. **Anais...** 2003. p. 1515-1523.

CARVALHO, M.; GHERARDI, D. F. M. Modelagem de um banco de dados geográficos para o mapeamento da sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo na zona costeira. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12. (SBSR), 2005, Goiânia. **Anais...** 2005. p. 2101-2108.

CASTANEDO, S.; JUANES, J. A.; MEDINA, R.; PUENTE, A.; FERNANDEZ, F.; OLABARRIETA, M.; POMBO, C. Oil spill vulnerability assessment integrating physical, biological and socio-economical aspects: Application to the Cantabrian coast (Bay of Biscay, Spain). **Journal of Environmental Management**, v. 91, n. 1, p. 149-159, 2009.

CASTRO, A. F.; AMARO, V. E.; VITAL, H. Desenvolvimento de um banco de dados geográficos em um ambiente SIG e sua aplicação na elaboração de mapas de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo em áreas costeiras do Estado do Rio Grande do Norte. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 11. (SBSR), 2003, Belo Horizonte. **Anais...** 2003. p. 1533-1540.

CASTRO, A. F.; SOUZA, C. F.; AMARO, V. E.; VITAL, H. Automação de cartas de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo utilizando técnicas de geoprocessamento em áreas costeiras da porção setentrional do estado do Rio Grande do Norte. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12. (SBSR), 2005, Goiânia. **Anais...** 2005. p. 2109-2111.

CEPAGRI. **Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura**. Disponível em <<http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html>>. Acesso em: 02 dez. 2009.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Cadastro de Emergências Químicas - Quadro de estatísticas 2009**. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/estatisticas/estatisticas.asp>>. Acesso em 01 jan. 2010.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Relatório de qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo 2009**. São Paulo: CETESB, 310 p. 2010. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/tecnologia-ambiental/laboratorios/61-publicacoes-e-relatorios---relatorios-de-qualidade>>. Acesso em: 28 nov. 2011.

CNT. Confederação Nacional do Transporte. **Pesquisa CNT de rodovias 2009**: relatório gerencial. Brasília: CNT: SEST: SENAT, 2009. 152p.

COPPETEC. Fundação Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul**. Relatório Final. 101p. 2007. Disponível em: <<http://www.ceivap.org.br/downloads/PSR-RE-009-R1.pdf>>. Acesso em: 28 nov. 2011.

CUNHA, S. B. Bacias Hidrográficas. In: CUNHA, S. B. & GUERRA, A. J. T. (Orgs.), **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p. 229-271. 1998.

CUNHA, F. P. **Mapeamento de sensibilidade ambiental a derramamentos de óleo na região costeira de Bertioga – SP**. 2009. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, 2009.

DAEE. Departamento de Águas e Energia Elétrica. Relatório de outorgas do Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.aplicacoes.dae.sp.gov.br/usuarios/fchweb.html>>. Acesso em: 28 jul. 2011.

DEP/DPEP. Florida's Department of Environmental Protection / Broward County's Department of Planning and Environmental Protection. **Guide to Florida's Petroleum Cleanup Program** Disponível em: <http://www.dep.state.fl.us/waste/quick_topics/publications/pss/pcp/cleanupbrochure/cleanup_brochure.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2011.

DER. Departamento de Estradas e Rodagens. **Mapa Rodoviário do Estado de São Paulo**. 1:1.000.000. São Paulo. 2007.

DER. Departamento de Estradas e Rodagens. **Malha Rodoviária**. Disponível em: <<http://www.der.sp.gov.br/>>. Acesso em: 26 nov. 2009.

DE SOUZA JÚNIOR. D. I. A Degradação da Bacia do Rio Paraíba do Sul. **Engevista** (UFF), Rio de Janeiro, RJ, v. 6, n. No 3, p. 99-105, 2004.

DIAS, N. W.; MORAES, E. C.; NOVO, E. M. L. M.; ARAI, E.; CATELANI, C. S. Caracterização das águas da represa de Paraibuna com o uso de dados hiperespectrais. In: Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto, 13. (SBSR), 2007, Florianópolis. **Anais...São José dos Campos: INPE**, 2007. p. 3335-3342. CD-ROM; Disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.13.23.48>>. Acesso em: 16 dez. 2008.

E-TECH INTERNATIONAL INC. **Environmental Sensitivity Mapping**. Disponível em: <<http://www.oil-spill-info.com/Mainframes/Mainframe%20Mapping.htm>>. Acesso em: 04 fev. 2010.

EASTMAN, J. R. **IDRISI for Windows**: Introdução e Exercícios tutoriais. Editores da versão em português, HASENACK, H.; WEBER, E. Porto Alegre: UFRGS Centro de Recursos Idrisi, 1998. 240p.

EIA. Energy Information Administration. **International Energy Outlook**, 2007. Disponível em: <[http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/pdf/0484\(2007\).pdf](http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/pdf/0484(2007).pdf)>. Acesso em 08 mai 2008.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de informação, Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 1999. 412p.

FERREIRA, M. F.; BEAUMORD, A. C. Mapeamento da sensibilidade ambiental à derrames de óleo nos cursos de água da bacia do Rio Canhanduba, Itajaí, SC. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**. v. 12, n. 2, p. 61-72, 2008.

FERREIRA, J.; ZUQUETTE, L. V. Considerações sobre as interações entre contaminantes constituídos de hidrocarbonetos e os compostos do meio físico. **Geociências**, v. 17, n. 2, p. 527-557, 1998.

FESPSP. Fundação Escola de Sociologia e Política de São Paulo. Estudo de Impacto Ambiental (EIA). Duplicação do Sub-trecho Planalto (SP-099) Km 11+500 ao Km 64+400, v. 1. 2007. Referência do anexo 2.

FINOTTI, A. R.; CAICEDO, N. O. L. Contaminações subterrâneas com combustíveis derivados de Petróleo: toxicidade e a legislação brasileira. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 6, n. 2, p. 29-46, 2001. Disponível em: <http://www.abrh.org.br/novo/arquivos/artigos/v6/v6n2/v62_03contaminacoesfinal.pdf>. Acesso em 20: nov. 2011.

FITZ, P. F. **Cartografia básica**. São Paulo: Oficina de Testos, 143 p. 2008.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos. 97p. 2002.

FREEDMAN, W.; HUTCHINSON, T. C. Physical and biological effects of experimental crude oil spills on Low Arctic tundra in the vicinity of Tuktoyaktuk, N.W.T., Canada. **Canadian Journal of Botany**, v. 54, n. 19, p. 2219-2230, 1976. Disponível em: <<http://www.nrcresearchpress.com/doi/abs/10.1139/b76-238>>. Acesso em 08 de ago. 2011.

FREIRE, O. D. S. (Coord.). **Atlas de sensibilidade ambiental ao óleo das macias marítimas do Ceará e Potiguar**. Brasília: MMA, 2004. 56pa.

FULLER, G. D.; LEADBEATER, M. R. Some effects of fuel oil on plants. **Plant Physiol.**, vol. 10, n. 4, outubro, p. 817-820, 1935.

FUSSEL, D. R.; GEDJEN, H.; HAYWARD, P.; LILIE, R. H.; MARCO, A. PANISI, C. **Revised inland oil spill clean-up manual**. CONCAWE. Report n°. 7/81. 1981.

GARCIA, N. Venezuela National Oil Spill Contingency Plan. In: **Oil Spills Research in Tropical Environments and Contingency Planning in the Wider Caribbean**. London: International Petroleum Industry Environmental Conservation Association. 1986.

GARCIA, G. J.; PIEDADE, G. C. R. **Topografia**: aplicada às ciências agrárias. 4.ed. São Paulo: Nobel. 1983. 256p.

GHERARDI, D. F. M.; CABRAL, A. P. (Coords.). **Atlas de sensibilidade ambiental ao óleo da Bacia Marítima de Santos**. Brasília: MMA, SMCQ, 2007. 116p.

GHERARDI, D. F. M.; BRAGA, C. Z. F.; EICHENBERGER, C. Utilização de imagens TM Landsat para o mapeamento do índice de vulnerabilidade ambiental ao impacto por óleo da zona costeira entre Rio Grande do Norte e Ceará, Brasil. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 10. (SBSR), 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** 2001. p. 595-597.

- GHERARDI, D. F. M.; CABRAL, A. P.; KLEIN, A. H. F.; MUEHE, D. C. E. H.; NOERNBERG, M. A.; TESSLER, M. G.; SARTOR, S. M. Mapeamento da sensibilidade ambiental ao óleo da bacia marítima de Santos. **Braz. J. Aquat. Sci. Technol.**, v. 12, n. 2, p. 11-31, 2008.
- GONÇALVES, F. D.; SOUZA FILHO, P. W. M. Integração digital de imagens Radarsat-1 e Landsat-7 para o mapeamento dos índices de sensibilidade ambiental a derramamentos de óleo na Baía de Guajará (Belém-PA). In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12. (SBSR), 2005, Goiânia. **Anais...** 2005. p. 1789-1796.
- GUIGUER, N. **Poluição das águas subterrâneas e do solo causada por vazamentos em postos de abastecimento**. Ontário, Canadá: Waterloo Hydrogeologic. 356p. 1996.
- GUIGUER, N. **Poluição das Águas subterrâneas e do solo causada por vazamentos em postos de abastecimento**. Ontário, Canadá: Waterloo Hydrogeologic. 356p. 2000.
- GUNDLACH, E. R.; HAYES, M. O. Vulnerability of coastal environments to oil spill impacts. **Marine Technology Society Journal**. v. 12, p. 18-27. 1978.
- GUNDLACH, E.; IMEVBORE, V. O; WITHERSPOON, B.; AINODION, J. Incorporating biodiversity into sensitivity maps of the Niger River delta. **International Oil Spill Conference**, p. 391-403, 2001.
- GUNDLACH, E. R.; CEKIRGE, M.; ANUL, C.; ORHAN, C.; SUTHERLAND, P. Pipeline and coastal environmental sensitivity mapping for the BTC pipeline system in Turkey. **International Oil Spill Conference**, p. 1-5, 2005.
- HALLS, J.; MICHEL, J.; ZENGEL, S.; DAHLIN, J.; PETERSEN, J. **Environmental Sensitivity Index Guidelines**. National Oceanic and Atmospheric Administration. v. 2, 1997, 79p.
- HAMMOND, P.; AGUIRRE-HUDSON, B.; DADD, M.; GROOMBRIDGE, B.; HODGES, J.; JENKINS, M.; MENGESHA, M. H.; STEWART GRANT, W. The current magnitude of biodiversity. In: HEYWOOD, V. H. (Ed.) **Global biodiversity assessment**. Cambridge, New York: Cambridge University Press, 1995. p. 113-138.
- HANNA, R.G.M. An approach to evaluate the application of vulnerability index for oil spills in tropical Red Sea environments. **Spill Science & Technology Bulletin**, v.2, n.2/3, p. 181-186, 1995.
- HAYES, M. O.; MICHEL, J.; DAHLIN, J. A.; BARTON, K. Identifying and mapping sensitive resources for inland area planning. **International Oil Spill Conference**, p. 365-371, 1995.
- HAYES, M. O.; MICHEL, J.; MONTELLO, T. M. The reach sensitivity index (RSI) for mapping river and streams. **International Oil Spill Conference**. p. 343-350. 1997.
- HOLT, S. The effects of crude and diesel oil spills on plant communities at Mesters Vig, Northeast Greenland. **Arctic and Alpine Research**, v. 19, n. 4, p. 490-497, 1987.

- HULING, S. G.; WEAVER, J. W. Dense Nonaqueous Phase Liquids. **Ground Water Issue**. Environmental Protection Agency (EPA), Oklahoma. 28p. 1991.
- IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Relatório Acidentes Ambientais 2006 e 2007**. 47p. 2008. Disponível em: <www.ibama.gov.br/emergencias/download/56/>. Acesso em: 06 set. 2010.
- IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Relatório Acidentes Ambientais 2008**. 36p. 2009. Disponível em: <www.ibama.gov.br/emergencias/download/130/>. Acesso em: 06 set. 2010.
- IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Relatório de Acidentes Ambientais 2009**. 32p. 2010. Disponível em: <www.ibama.gov.br/emergencias/download/194/>. Acesso em: 06 set. 2010.
- IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades@**. 2000. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 27 nov. 2009.
- IF. Instituto Florestal de São Paulo. **Plano de Manejo – Parque Estadual da Serra do Mar**. 2008. 433 p. Disponível em: <<http://www.fflorestal.sp.gov.br/planodemanejoCompleto.php>>. Acesso em: 17 dez. 2009.
- IGC. Instituto Geográfico e Cartográfico. **Carta de utilização da terra do estado de São Paulo**. Santos: folha SF-23-Y-D. 1: 250.000. São Paulo: A Coordenadoria, 1980.
- INEA. Instituto Estadual do Ambiente. **Rio Paraíba do Sul**. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/fma/bacia-rio-paraiba-sul.asp>>. Acesso em 28 nov. 2011.
- JENKS, G. F. The Data Model Concept in Statistical Mapping, *International Yearbook of Cartography*, n. 7, p. 186-190. 1967.
- JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres. São José dos Campos: Parênteses, 2009. 598p.
- JENSEN, J.R.; NARUMALANI, S.; WEATHERBEE, O.; MURDAY, M.; SEXTON, W.J.; GREEN, C.J. Coastal environmental sensitivity mapping for oil spills in the United Arab Emirates using remote sensing and GIS technology. **Geocarto International**, v.2, p.5-13, 1993.
- JENSEN, J. R.; HALLS, J. N.; MICHEL, J. A System Approach to Environmental Sensitivity Index (ESI) Mapping for Oil Spill Contingency Planning and Response. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**. v. 64, n. 10, p. 1003-1014, 1998.
- KANKARA, R. S.; SUBRAMANIAN, B. R.. Oil Spill Sensitivity Analysis and Risk Assessment for Gulf of Kachchh, India, using Integrated Modeling. **Journal of Coastal Research**. v. 23, n 5, p. 1251-1258, 2007.
- KINAKO, P. D. S. Short-term effects of oil pollution on species numbers and productivity of a simple terrestrial ecosystem. **Environmental Pollution (Series A)**, n. 26. 1981. p 87-91.

KRISHNAN, P., 1995. Research report - A geographical information system for oil spills sensitivity mapping in the Shetland Islands. (United Kingdom). **Ocean & Coastal Management**, v. 26, n. 3, p. 247-255, 1995.

KRONKA, F. J. N.; NALON, M. A.; MATSUKUMA, C. K.; KANASHIRO, M. M.; YWANE, M. S. S.; PAVÃO, M.; DURIGAN, G.; LIMA, L. M. P. R.; GUILLAUMON, J. R.; BAITELLO, J. B.; BORGO, S. C.; MANETTI, L. A.; BARRADAS, A. M. F.; FUKUDA, J. C.; SHIDA, C. N.; MONTEIRO, C. H. B.; PONTINHA, A. A. S.; ANDRADE, G. G.; BARBOSA, O.; SOARES, A. P.; JOLY, C. A.; COUTO, H. T. Z. **Inventário florestal da vegetação natural do Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente / Instituto Florestal. Imprensa Oficial. 2005.

LABHID. Laboratório de hidrologia e estudos do meio ambiente da COPPE/UFRJ. **Plano de Recursos Hídricos para a Fase Inicial da Cobrança na Bacia do Rio Paraíba do Sul**. Volumes I e II. 2002. Disponível em: <<http://www.hidro.ufrj.br/pgrh/layout.html>>. Acesso 2 dez. 2009.

LACERDA, C. S. **Cartas de Sensibilidade Ambiental a Derramamentos de Óleo – Cartas SAO – para a Costa Oeste da Lagoa dos Patos, RS, Brasil**. 2006. Monografia (Graduação em Oceanologia) – Fundação Universidade do Rio Grande, Rio Grande do Sul, 2006. p. 56.

LEACOCK, E. **The Exxon Valdez oil spill**. Environmental Disasters. New York: Facts On File, Inc. 2005. 100p.

LEPSCH, I. F.; BELLINAZZI JR., R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNOLA, C. R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 1983. 175p.

LEWINSOHN, T. M.; PRADO, P. I. Quantas espécies há no Brasil? **Megadiversidade**. v. 1, n. 1, julho de 2005. p. 36-42. Disponível em: <http://www.conservacao.org/publicacoes/megadiversidade/07Lewinsohn_Prado.pdf>. Acesso em: 07 fev. 2012.

LIMA, M. V. **Mapeamento de sensibilidade ambiental ao óleo do arquipélago de Ilha Bela – SP**. 2007. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, 2007. 2 vol.

LIMA, M. V.; DIAS-BRITO, D; MILANELLI, J. C. C. Mapeamento da sensibilidade ambiental a derrames de óleo em Ilhabela, São Paulo. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 60, n. 2, p. 145-154, 2008.

LOCH, R. E. N. **Cartografia: representação, comunicação e visualização de dados espaciais**. Florianópolis: Ed. Da UFSC, 2006. 313p.

LOCH, C.; CORDINI, J. **Topografia contemporânea: planimetria**. 3. ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2007. 321p.

LOTIFY, I. N. **GIS-based Environmental Sensitivity Index (ESI) mapping for oil spills: Case study in Sharm El-Sheikh, Egypt**. 2004. (Dissertação de mestrado). Physical Land Resources, Universiteit Gent, Brussel, Bélgica, 2004 104 p.

MACHADO, A. B. M.; DRUMMOND, G. M.; PAGLIA, A. P. (Edits.) **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção**. 1. ed., Brasília, DF: MMA; Belo Horizonte, MG: Fundação Biodiversitas, 2008. 2 v. 1420p. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=179&idConteudo=8122&idMenu=8631>>. Acesso em: 24 fev. 2012.

MACKAY, D. M.; CHERRY, J. A. Ground-Water Contamination: Pump and Treat Remediation. **Environmental Science & Technology**, v. 23, n. 6, pp. 630-636, 1989.

MALDONADO, S. R. C.; ISHIHATA, L.; POLETTE, M. **Vulnerabilidade dos ambientes costeiros do município de Ubatuba ao impacto de derramamentos de óleo (Litoral Norte do Estado de São Paulo)**. São Paulo: CETESB. 1987. 57p.

MARANHO, L. T., GALVÃO, F.; PREUSSLER, K. H.; MUÑIZ, G. I. B.; KUNIYOSHI, Y. S. Efeitos da poluição por petróleo na estrutura da folha de *Podocarpus lambertii* Klotzsch ex Endl., Podocarpaceae. **Acta Bot. Bras.**, São Paulo, v. 20, n. 3, set. 2006. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-33062006000300011&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 03 nov. 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062006000300011>.

MARIANO, A. P.; ANGELIS, D. F.; BONOTTO, D. M. Monitoramento de indicadores geoquímicos e avaliação de biodegradação em área contaminada com óleo diesel. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 3, set. 2007

MARTINELLI, M. **Mapas de geografia e cartografia temática**. São Paulo: Contexto, 3 ed., 2006. 112p.

MARTINS, P. T. A. Áreas prioritárias à preservação e à recuperação de comunidades florestais naturais no entorno das represas da Bacia Hidrográfica do Alto Vale do Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 3, p. 139-145, 2010.

MATTOS, M. B. C. Application of oil spill environmental sensitivity analyses to Brazilian road networks. **International Oil Spill Conference**, p. 169-175, 2008.

MAZZEO, D. E. C.; FERNANDES, T. C. C.; MARIN-MORALES, M. A. Cellular damages in the *Allium cepa* test system, caused by BTEX mixture prior and after biodegradation process. **Chemosphere (Oxford)**, v. 85, p. 13-18, 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.06.056>.

MENDES, R. F.; MINNITI, V.; LOPES, C. F.; MILANELI, J.; TORRES, C.; YOGUI, R.; RODRIGUES, G.; MARIZ, E. MARA – Elaboração de metodologias para análise dos riscos ambientais. In: Rio Pipeline Conference & Exposition, 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2005.

MICHEL, J.; HAYES, M. O.; BROWN, P. J. Application of an oil spill vulnerability index to the shoreline of lower Cook Inlet, Alaska. **Environment geology**, v. 2, p. 107-117, 1978.

MICHEL, J.; DAHLIN, J. **Guidelines for Development of Digital Environmental Sensitivity Index Atlases and Database**. National Oceanic and Atmospheric Administration. 1993, 43p.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Especificações e normas técnicas para a elaboração de cartas de sensibilidade ambiental para derramamentos de óleo**. Rio de Janeiro: MMA, 2002, 22p.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Especificações e normas técnicas para a elaboração de cartas de sensibilidade ambiental para derramamentos de óleo**. Brasília: MMA, 2004, 107p.

MOE, K.A.; SKEIE, G.M.; BRUDE, O.W.; LØVÅS, S.M.; NEDREBØ, M.; WESLAWSKI, J.M. The Svalbard intertidal zone: a concept for the use of GIS in applied oil sensitivity, vulnerability and impact analyses. **Spill Science & Technology Bulletin**, v.6, n.2, p.187-206, 2000.

MONTANARI, T. **Subsídios para um modelo socioeconômico de Pressão-Estado-Resposta (P/E/R) para sensibilidade litorânea ao derramamento de óleo**. 2006. Monografia (Graduação em Oceanografia) – Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, 2006. 115p.

MONTEIRO, C. A. F. **A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo: estudo geográfico sob forma de atlas**. São Paulo: USP, Instituto de Geografia, 1973. 130 p.

MOREIRA, C. A.; DOURADO, J. C. Análise de contaminantes de fase líquida não aquosa (NAPLs) por aplicação do método eletromagnético indutivo (EM). **Rev. Bras. Geof.** [online]. 2005, vol.23, n.3, pp. 213-220. ISSN 0102-261X. doi: 10.1590/S0102-261X2005000300001.

MULER, M. **Implementação de um sistema de informação voltado à sensibilidade ambiental ao óleo do litoral sul paulista e avaliação das ações de resposta a derramamentos de óleo**. 2008. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, 2008. 68p.

NANSINGH, P.; JURAWAN, S. Environmental sensitivity of a tropical coastline (Trinidad, West Indies) to oil spills. **Spill Science & Technology Bulletin**, v.5, n.2, p.161-172, 1999.

GUIA NASCENTES DO PARAÍBA. **Guia Nascentes do Paraíba do Sul**. 2010. 165p.

NASCIMENTO, P. H. R. **Organização e implementação de um banco de dados para a sensibilidade ambiental ao óleo e avaliação de ações adequadas de resposta a derramamentos - São Sebastião (SP)**. 2008. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, 2008. 66p.

NEWELL, C. J.; ACREE, S. D.; ROSS, R. R.; HULLING, S. G. Light Nonaqueous Phase Liquids. **Ground Water Issue**. Environmental Protection Agency (EPA), Oklahoma. 28p. 1995.

NOAA. National Oceanic and Atmospheric Administration. **Oil Spill case histories 1967-1991: Summaries of Significant U.S. and International Spills**. Report N. HMRAD 92-11.

Seattle, Washington, 1992 . Disponível em:

<http://response.restoration.noaa.gov/book_shelf/26_spilldb.pdf>. Acesso em 31 ago. de 2011.

NOAA. National Oceanic and Atmospheric Administration. **Sensitivity mapping of inland areas**: Technical support to the Inland Area Planning Committee Working Group. USEPA Region 5. HAZMAT Report 95-4. Seattle: Hazardous Materials Response and Assessment Division, National Oceanic and Atmospheric Administration. 54 pp. 1995.

NOERNBERG, M. A.; ANGELOTTI, R.; CALDEIRA, G. A.; RIBEIRO DE SOUSA, A. F. Determinação da sensibilidade do litoral paranaense à contaminação por óleo. **Braz. J. Aquat. Sci. Technol.**, v. 12, n. 2, p. 49-59, 2008.

NOVAES, R. C.; TAROUÇO, J. E. F.; RANGEL, M. E. S.; DIAS, L. J. B. S. Análise da sensibilidade ambiental da parte ocidental da Ilha do Maranhão. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13. (SBSR), 2007, Florianópolis. **Anais...** 2007. p. 4089-4096.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto**: princípios e aplicações. São Paulo: Blücher, 1992. 308p.

OLIVEIRA, J. B.; JACOMINE, P. K. T.; CAMARGO, M. N. **Classes gerais de solos do Brasil**: guia auxiliar para seu reconhecimento. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 201p.

OLIVEIRA, J. B.; CAMARGO, M. N.; ROSSI, M.; CALDERANO FILHO, B. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônômico; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. Mapa na escala: 1:500.000 + Legenda expandida.

OLIVEIRA, T. A.; RIEDEL, P. S.; VEDOVELLO, R.; SOUZA, C. R. G.; BROLLO, M. J. Utilização de técnicas de fotointerpretação na compartimentação fisiográfica do município de Cananéia, SP – apoio ao planejamento territorial e urbano. **Geociências**, v. 26, n. 1, p. 55-65, 2007.

ONWURAH, I. N. E.; OGUGUA, V. N.; ONYIKE, N. B.; OCHONOGOR, A. E.; OTITOJU, O. F. Crude Oil Spills in the Environment, Effects and Some Innovative Clean-up Biotechnologies. **International Journal of Environmental Research**, v. 1, n. 4, p. 307-320, 2007. Disponível em <<http://www.bioline.org.br/request?er07041>>. Acesso em 08 ago. 2011.

O'ROURKE, D.; CONNOLLY, S. Just Oil? The Distribution of Environmental and Social Impacts of Oil Production and Consumption. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 28, p. 587-617, 2003.

PERINOTTO, R. R. C. **Mapeamento de sensibilidade ao derrame de óleo dos ambientes costeiros dos municípios de São Vicente, Santos e Guarujá, SP**. 2010 Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, 2010. 2 vol.

PETERSEN, J.; MICHEL, J.; ZENGEL, S.; WHITE, M.; LORD, C.; PLANK, C. **Environmental Sensitivity Index Guidelines**. National Oceanic and Atmospheric Administration. v. 3.0. 2002. 89p.

PINCINATO, F. L. **Mapeamento da sensibilidade ambiental a derramamentos de óleo para a região costeira de São Sebastião e Caraguatatuba, litoral norte de São Paulo (SP), com uso de modelagem em SIG de sistema especialista baseado em conhecimento e árvore de decisão.** 2007. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, 2007. 63p.

PNUD. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **Atlas do Desenvolvimento Humano.** Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/atlas/>>. Acesso em 22 nov. de 2010.

PONÇANO, W. L.; CARNEIRO, C. D. R.; BISTRICHI, C. A.; ALMEIDA, F. F. M.; PRANDINI, F. L. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo.** v. 1. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT. 1981. 94 p.

ROCHA, T. C. F. **Mapeamento da sensibilidade ambiental do litoral de Ubatuba-SP a vazamentos de petróleo.** 2009. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, 2009. 129p.

ROCHA-OLIVEIRA, T. C.; KLEIN, A. H. F.; PETERMANN, R. M.; MENEZES, J. T.; SPERB, R. M. Determinação do Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) ao derramamento de óleo, para região Sudeste e Sul do Estado de Santa Catarina. **Braz. J. Aquat. Sci. Technol.**, v. 12, n. 2, p. 91-114, 2008.

ROMERO, A. F. **Mapa de vulnerabilidade ambiental ao óleo e cartas SAO.** Trecho: Praia Grande - Ilha Comprida, Litoral Paulista. 2009. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, 2009.

ROSA, R. Geotecnologias na Geografia Aplicada. **Revista do Departamento de Geografia (USP)**, São Paulo, v. 16, p 81-90. 2005

ROSS, J. L. S. MOROZ, I. C. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo 1:500.000 - Vol. I - Mapa - Vol II - Livro.** São Paulo: FAPESP, 1997, v.1. 66 p.

SANTOS, S. M. **Proposta de elaboração de carta de sensibilidade ambiental aplicada a postos de combustíveis em Rio Claro-SP.** 2008. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, 2008. 50p.

SANTOS, S. M.; PINA, M. F.; CARVALHO, M. S. Os sistemas de Informações Geográficas. In: CARVALHO, M. S.; PINA, M. F.; SANTOS, S. M. (Org). **Conceitos básicos de Sistemas de Informações Geográficas e cartografia aplicados à saúde.** Brasília: Organização Panamericana de Saúde / Ministério da Saúde, 2000. p. 13-39.

SANTOS, P. R.; GABOARDI, C.; OLIVEIRA, L. C. Avaliação da precisão vertical dos modelos SRTM para a Amazônia. **Revista Brasileira de Cartografia.** v.58, n. 01, Abril, 2006. P. 101-107.

SÃO PAULO (ESTADO). **Sistema de Informações para o Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo** Disponível em:

<http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/ARQS/RELATORIO/CRH/1063/ugrhi_02_04.pdf>
Acesso em 20 abr. 2008.

SÃO PAULO (ESTADO). **Decreto Estadual nº 10.251**, de 30 de agosto de 1977. Cria o Parque Estadual da Serra do Mar e dá providências correlatas. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/211617/decreto-10251-77-sao-paulo-sp>>. Acesso em: 30 nov. 2009.

SÃO PAULO (ESTADO). **Lei nº 1.796**, de 18 de outubro de 1978. Dá a denominação de “Estrada dos Tamoios” à Rodovia SP - 99, que liga as cidades de São José dos Campos e Caraguatatuba. Disponível em: <<http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/1978/lei%20n.1.796,%20de%2018.10.1978.htm>>. Acesso em 26 nov. 2009.

SÃO PAULO (ESTADO). **Decreto Estadual nº. 13.313**, de 6 de março de 1979. Dá nova redação ao artigo 2.º do Decreto nº 10.251, de 30 de agosto de 1977, que dispõe sobre a criação do Parque Estadual da Serra do Mar, com a finalidade de incorporar ao seu perímetro área situada na região denominada Picinguaba, 1.º perímetro de Ubatuba, conforme Processo SA. nº 89.208-77, bem como de retificar sua linha perimétrica entre os pontos P25 e P30, nos termos do Processo SA. 446-78

SÃO PAULO (ESTADO). **Decreto Estadual nº 22.717**, de 21 de setembro de 1984. Declara Área de Proteção Ambiental da Serra do Mar. Disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamentoo/legislacao/estadual/decretos/1984_Dec_Est_22717.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2009.

SÃO PAULO (ESTADO). **Decreto Estadual nº 43.651**, de 26 de novembro de 1998. Dá nova redação e acrescenta parágrafo único ao artigo 3º do Decreto nº 22.717 de 21 de setembro de 1984, com a redação dada pelo Decreto nº 28.348 de 22 de abril de 1988, que declara Área de Proteção Ambiental da Serra do Mar. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamentoo/legislacao/estadual/decretos/1998_Dec_Est_43651.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2009.

SCHMELLING, S. G.; ROSS, R. R. **Contaminant Transport in Fractured Media: Models for Decision Makers**. U.S. EPA, EPA/600/SF-88/002, October, 1988.

SEADE. Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. **Atlas Seade da Economia Paulista**. Disponível em: <<http://www.seade.gov.br/produtos/atlasecon/>>. Acesso em: 30 nov. 2011a.

SEADE. Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. **Perfil municipal**. Disponível em: <<http://www.seade.gov.br/produtos/perfil/>>. Acesso em: 24 out. 2011b.

SETZER, J. **Atlas climático e ecológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: Comissão Interestadual da Bacia do Paraná (CESP), 1966. 61 p.

SILVA, A. F. **Determinação do Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) ao derramamento de óleo, na ilha de Santa Catarina e áreas de entorno**. 2006. Monografia (Graduação em Oceanografia) – Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, 2006. 98p.

SILVA, A. F.; KLEIN, A. H. F.; PETERMANN, R. M.; MENEZES, J. T.; SPERB, R. M.; GHERARDI, D. F. M. Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) ao derramamento de óleo,

para a ilha de Santa Catarina e áreas do entorno. **Braz. J. Aquat. Sci. Technol.**, v. 12, n. 2, p. 73-89, 2008.

SMA. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. **Atlas das unidades de conservação ambiental do Estado de São Paulo**. São Paulo: SMA (Estadual), 2000. 64 p.

SMA. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. **Agenda 21 em São Paulo 1992-2002**. São Paulo: SMA (Estadual). 2002. Disponível em: <<http://homologa.ambiente.sp.gov.br/agenda21/ag21sp/ag21sp.htm>>. Acesso em: 29 nov. 2009. 160 p.

SOARES, A. C. **Diagnóstico e modelagem da rede de distribuição de derivados de petróleo no Brasil**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003. 156p.

SOARES, P. C.; FIORI, A. P. Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografia aérea em Geologia. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, v. 16, n. 32, p.71-104, 1976.

SORENSEN, M. ARC/INFO marine spill GIS. **Spill Science & Technology Bulletin**. v. 3, n. 1, p. 81-85, 1995.

SPE. Society of Petroleum Engineers. **Glossary of Terms Used in Petroleum Reserves/Resources Definitions**. 14p. 2005. Disponível em: <http://www.spe.org/industry/docs/GlossaryPetroleumReserves-ResourcesDefinitions_2005.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2011.

STURARO, J. R. **Mapeamento da vulnerabilidade do aquífero Guarani em uma porção central do estado de São Paulo - Bacia Hidrográfica do rios Jacaré Pepira-Guaçu e Tietê**. CNPq - processo 472493/2008-6. 2011 (inédito).

TINÓS, T. M. **Contribuição para a elaboração de cartas de sensibilidade ambiental para o derramamento de óleo: os impactos socioeconômicos na atividade turística em Ilhabela – SP**. 2007. Monografia (Graduação em Geografia) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, 2007. 79p.

THOMPSON, G.B.; McENALLY, J.M. **Coastal Resource Atlas for Oil Spills in Trial bay**. Australian State Pollution Control Commission. 1984.

TOLEDO, M. C. M.; OLIVEIRA, S. M. B.; MELFI, A. J. Intemperismo e formação do solo. In: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M.; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. (Orgs.). **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2001. 557p.

USDA. United State Department of Agriculture. **Design Guide for Oil Spill Prevention and Control at Substations**, Bulletin 1724E-302. 1993a. Disponível em: <http://www.rurdev.usda.gov/SupportDocuments/UEP_Bulletin_1724E-302.pdf>. Acesso em: 08 ago. 2011.

USDA. United States Department of Agriculture. **Soil survey manual**. Soil Survey Division Staff. Soil Conservation Service. U.S. Department of Agriculture Handbook 18. 1993b. Disponível em: <<http://soils.usda.gov/technical/manual/>>. Acesso em 10 fev. 2012.

USEPA. United State Environmental Protection Agency. **Understanding Oil Spills and Oil Spill Response**. Publication Number 9200.5–104A. Washington, D.C.: U.S. Environmental Protection Agency, 1999. Disponível em:
<<http://www.epa.gov/osweroe1/content/learning/pdfbook.htm>> Acesso em 04 de nov. 2011.

USEPA. United States Environmental Protection Agency. **Profile of the Petroleum Refining Industry**. 131p. 1995. Disponível em:
<<http://www.epa.gov/compliance/resources/publications/assistance/sectors/notebooks/petrefsn.pdf>>. Acesso em: 20 nov de 2011.

USEPA. United States Environmental Protection Agency. **A Citizen's Guide to Bioremediation**. 2p. 2001. Disponível em:
<<http://www.epa.gov/superfund/community/pdfs/suppmaterials/treatmenttech/bioremediation.pdf>>. Acesso em: 04 de novembro de 2011.

VEDOVELLO R. **Zoneamento geotécnico, por sensoriamento remoto, para estudos de planejamento do meio-físico – aplicação em expansão urbana**. 1993. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1993, 90p.

VEDOVELLO, R.; MATTOS, J. T. Zoneamento Geotécnico, por sensoriamento remoto, para estudos de planejamento do meio físico – aplicação em expansão urbana. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 7. (SBSR), 1993, Curitiba. **Anais...** 1993. p. 1156-162.

VEDOVELLO, R.; MATTOS, J. T. A utilização de Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs) como base para a definição de Unidades Geotécnicas. Uma abordagem a partir do Sensoriamento Remoto. Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica. Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 1998.

VENEZIANI, P.; ANJOS, C. E. Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto e aplicações em geologia. São José dos Campos, INPE, 1982 (INPE-2227-MD/014).

VIANA, J. A. P. Comportamento do hidrocarboneto no solo: uma revisão bibliográfica. In: IV Seminário de Pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Geografia Física (SEPEGE). **Anais...** São Paulo. 2009.

VIEIRA, L. S.; VIEIRA, M. N. F. **Manual de morfologia e classificação de solos**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres Ltda. 2. ed. 1983. 320p.

WALKER, D. A., WEBBER, P. J., EVERETT, K. R.; BROWN, J. Effects of crude and diesel oil spills on plant communities at Prudhoe Bay, Alaska, and the derivation of oil spill sensitivity maps. **Arctic**, v. 31, p. 242-256, 1978.

WEATHERS, D. H.; HAYES, M. O.; MICHEL, J. Reach Sensitivity Index Mapping of the Amite River Watershed in the Lake Pontchartrain Basin: A Tool for Watershed Restoration. **Journal of Coastal Research**. v. especial. P. 141-151, 2009.

WEISZFLOG, W. (Ed.). Michaelis. Moderno dicionário da língua portuguesa. Disponível em:
<<http://michaelis.uol.com.br/>>. Acesso em: 22 nov. 2011.

WENNINK, C.J.; NELSON-SMITH, A. **Coastal Oil Pollution Evaluation Study for the Gulf of Suez and the Red Sea Coast of the Republic of Egypt**. London: IMO. 1979.

WESLAWSKI, J. M.; WIKTOR, J.; ZAJACZKOWSKI, M.; FUTSAETER, G.; MOE, K. A. Vulnerability assessment of Svalbard intertidal zone for oil spills. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 44, pp. 33-41. 1997.

WIECZOREK, A. **Mapeamento de sensibilidade a derramamentos de petróleo do parque estadual da Ilha do Cardoso (PEIC) e áreas adjacentes**. 2006. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, 2006.

WOTHERSPOON, P.; MARKS, D.; SOLSBERG, L.; WEST, M. **Guía para el desarrollo de mapas de sensibilidad ambiental para la planificación y respuesta ante derrames de hidrocarburos**. Montevideo: ARPEL, 1997. 90p.

ZACHARIAS, M. A.; GREGR, E. J. Sensitivity and Vulnerability in Marine Environments: an Approach to Identifying Vulnerable Marine Áreas. **Conservation Biology**, v. 19, n.. 1, pp. 86–97. Fevereiro, 2005. DOI: 10.1111/j.1523-1739.2005.00148.x.

ZENGEL, S.; HAYES, M. O.; MICHEL, J.; WHITE, M. Integrated planning front the mountains to the sea: environmental sensitivity mapping in the Caribbean. **International Oil Spill Conference**, p. 1-5, 2001a.

ZENGEL, S.; HAYES, M. O.; MICHEL, J.; ROBERTSON, A. Sensitive areas planning for inland South Florida: web and GIS tools. **International Oil Spill Conference**, p. 789-796, 2001b.

APÊNDICES

A - CARTA DE SENSIBILIDADE AMBIENTAL

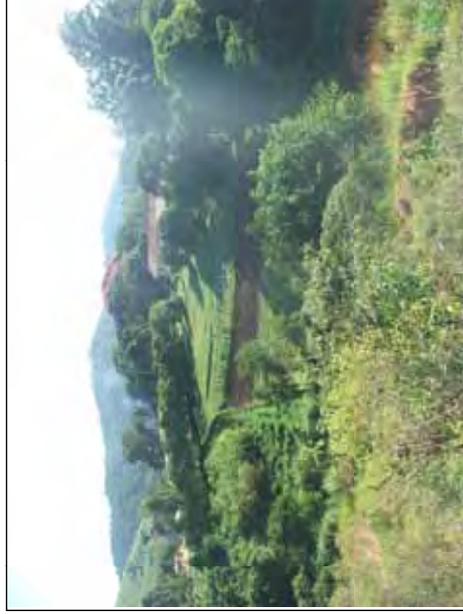
B - QUADROS DESCRITIVOS DE RECURSOS VISUAIS

			
Código	RV-001	Simbologia	ISA
Carta	PB-0000		8
Localização	7426939N - 416212E		
Descrição	Corpo d'água		

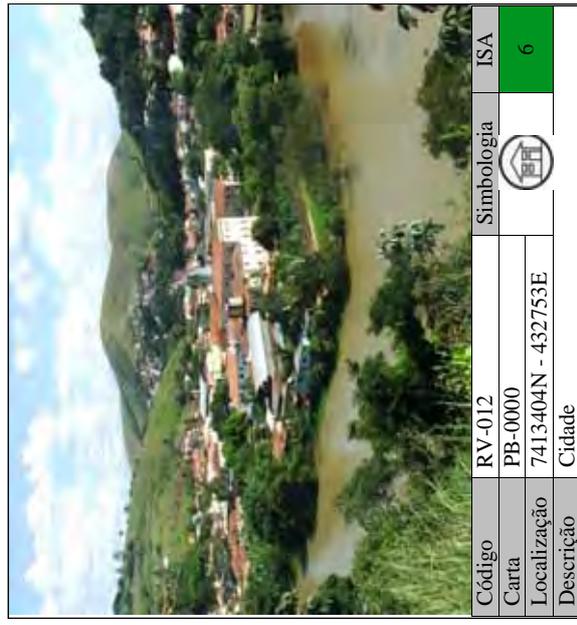
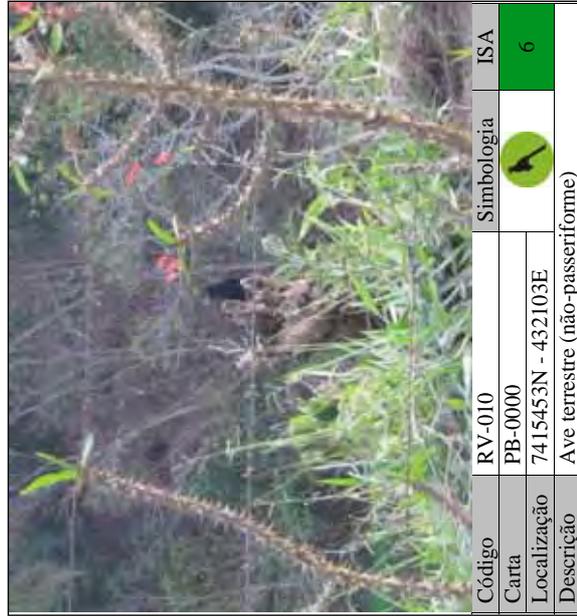
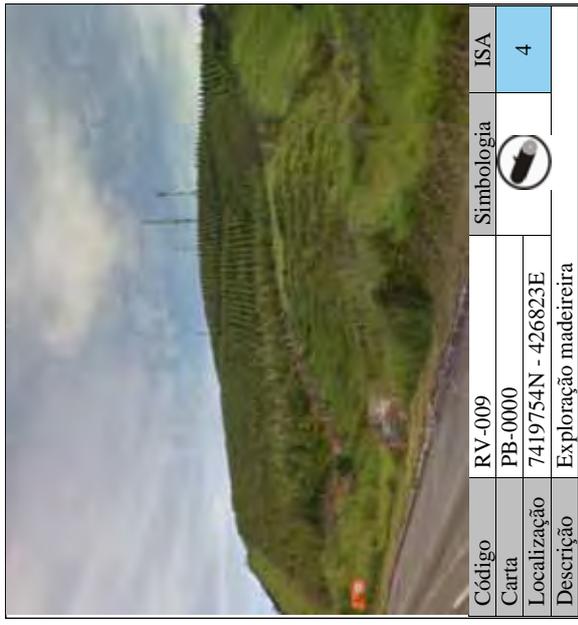
			
Código	RV-002	Simbologia	ISA
Carta	PB-0000		8
Localização	7425278N - 417382E		
Descrição	Igreja		

			
Código	RV-003	Simbologia	ISA
Carta	PB-0000		8
Localização	7424946 N 417780E		
Descrição	Comércio		

			
Código	RV-004	Simbologia	ISA
Carta	PB-0000		6
Localização	7420412N - 424949E		
Descrição	Indústria		

			
Código	RV-005	Simbologia	ISA
Carta	PB-0000		6
Localização	7420495N - 424973E		
Descrição	Plantação		

			
Código	RV-006	Simbologia	ISA
Carta	PB-0000		6
Localização	7421074N - 425069E		
Descrição	Criação de gado		





Código	RV-013	Simbologia	ISA
Carta	PB-0000		2
Localização	7408041N - 436721E		
Descrição	Comércio		



Código	RV-014	Simbologia	ISA
Carta	PB-0000		2
Localização	7408004N - 436755E		
Descrição	Ave terrestre (passeriforme)		



Código	RV-015	Simbologia	ISA
Carta	PB-0000		2
Localização	7406769N - 438332E		
Descrição	Residência		



Código	RV-016	Simbologia	ISA
Carta	PB-0000		2
Localização	7405346N - 439748E		
Descrição	Posto de combustível		



Código	RV-017	Simbologia	ISA
Carta	PB-0000		7
Localização	7389396N - 456281E		
Descrição	Administrador rodoviário (Polícia rodoviária)		



Código	RV-018	Simbologia	ISA
Carta	PB-0000		7
Localização	7389007N - 456281E		
Descrição	Unidade de Conservação terrestre		

C - LISTA DE ESPÉCIES FAUNÍSTICA

C.1 GRUPO MAMÍFEROS

**Subgrupo mamíferos terrestres (roedores)**

Espécie	Família	Nome vulgar	Ambiente	Fonte	OBS
<i>Sciurus ingrami</i> (Thomas, 1901)	Sciuridae	serlepe, esquilo	FSM, FM	IF (2008)	Espécie endêmica
<i>Akodon cursor</i> (Winge, 1887)	Muridae	rato-do-mato	FSM, FM	IF (2008)	
<i>Akodon serrensis</i> (Thomas, 1902)	Muridae	rato-do-mato	FM	IF (2008)	Espécie endêmica
<i>Blarinomys breviceps</i> (Winge, 1888)	Muridae	rato-do-mato	FM	IF (2008)	Espécie endêmica
<i>Bolomys lasiurus</i> (Lund, 1841)	Muridae	rato-do-mato	FM	IF (2008)	
<i>Catomys tener</i> (Winge, 1887)	Muridae	rato-do-mato	FM	IF (2008)	
<i>Cuniculus paca</i> (Linnaeus, 1766)	Cuniculidae	paca		BIOTA-FAPESB (2004); FESPSP (2007)	
<i>Brucopattersonius itheringi</i> (Thomas, 1896)	Muridae	rato-do-mato	FM	IF (2008)	Espécie endêmica
<i>Delomys dorsalis</i> (Winge, 1887)	Muridae	rato-do-mato	FM	IF (2008)	
<i>Delomys sublineatus</i> (Thomas, 1903)	Muridae	rato-do-mato	FM	IF (2008)	Espécie endêmica
<i>Holochilus brasiliensis</i> (Desmarest, 1819)	Muridae	rato-do-mato	FM	IF (2008)	
<i>Hydrochoerus hydrochaeris</i> (Brisson, 1762)	Caviidae	capivara		BIOTA-FAPESB (2004)	
<i>Juliomys pictipes</i> (Osgood, 1933)	Muridae	rato-do-mato	FSM, FM	IF (2008)	
<i>Necomys squamipes</i> (Brants, 1827)	Muridae	rato-do-mato, rato-d'água	FSM, FM	IF (2008); FESPSP (2007)	
<i>Oecomys catharinae</i> (Thomas, 1909)	Muridae	rato-do-mato	FSM	IF (2008)	
<i>Oligoryzomys nigripes</i> (Olfers, 1818)	Muridae	rato-do-mato	FSM, FM	IF (2008)	
<i>Oryzomys angouya</i> (Fischer, 1814)	Muridae	rato-do-mato	FM	IF (2008)	Espécie endêmica
<i>Oryzomys rufatus</i> (Wagner, 1848)	Muridae	rato-do-mato	FSM, FM	IF (2008)	Espécie endêmica
<i>Oxymycterus dasytrichus</i> (Schinz, 1821)	Muridae	rato-do-mato	FM	IF (2008)	
<i>Rhipidomys mastacalis</i> (Lund, 1840)	Muridae	rato-do-mato	FM	IF (2008)	
<i>Thaptomys nigrita</i> (Lichtenstein, 1830)	Muridae	rato-do-mato	FM	IF (2008)	
<i>Sphiggurus villosus</i> (F. Cuvier, 1823)	Erethizontidae	ouriço-caixeiro, porco-espinho	FM	IF (2008)	
<i>Cavia fulgida</i> (Wagler, 1831)	Caviidae	preá	FM	IF (2008)	Espécie endêmica
<i>Hydrochaeris hydrochaeris</i> (Linnaeus, 1766)	Hydrochaeridae	capivara	FM	IF (2008); FESPSP (2007)	
<i>Dasyprocta azarae</i> (Lichtenstein, 1823)	Dasyproctidae	cutia	FSM, FM	BIOTA-FAPESB (2004); IF (2008)	
<i>Agouti paca</i> (Linnaeus, 1766)	Agoutidae	paca	FSM, FM	IF (2008)	
<i>Euryzgomatomys spinosus</i> (G. Fischer, 1814)	Echimyidae	rato-de-espinho	FM	IF (2008)	
<i>Trinomys itheringi</i> (Thomas, 1911)	Echimyidae	rato-de-espinho	FSM, FM	IF (2008)	Espécie endêmica
<i>Phyllomys nigripituis</i> (Wagner, 1842)	Echimyidae	rato-de-espinho, rato-de-árvore	FSM	IF (2008)	Espécie endêmica
<i>Tapinambis cf teguixim</i> (Linnaeus, 1766)	Terdidae	teitú		FESPSP (2007)	
<i>Cavia</i> sp.	Caviidae	preá		FESPSP (2007)	
<i>Sphiggurus</i> sp.	Erethizontidae	ouriço-cacheiro		FESPSP (2007)	

**Subgrupo mamíferos terrestres (felinos)**

Espécie	Família	Nome vulgar	Ambiente	Fonte	OBS
<i>Herpailurus yagouaroundi</i> (Lacépède, 1809)	Felidae	gato-mourisco	FM	IF (2008); FESPSP (2007)	
<i>Leopardus pardalis</i> (Linnaeus, 1758)	Felidae	jaguatirica, gato-do-mato	FM	IF (2008); FESPSP (2007)	
<i>Leopardus tigrinus</i> (Schreber, 1775)	Felidae	gato-do-mato	FM	IF (2008)	
<i>Leopardus wiedii</i> (Schinz, 1821)	Felidae	gato-do-mato	FM	IF (2008)	

Callithrix sp.
Didelphis sp.

Cebidae
Didelphidae

sagui
gambá

FESPSP (2007)
FESPSP (2007)



Subgrupo mamíferos voador

Espécie

	Familia	Nome vulgar	Ambiente	Fonte	OBS
<i>Anoura geoffroyi</i> (Gray, 1838)	Phyllostomidae	morcego	FSM, FM	IF (2008)	
<i>Anoura caudifera</i> (Geoffroy, 1818)	Phyllostomidae	morcego	FSM, FM	IF (2008)	
<i>Artibeus cinereus</i> (Gervais, 1856)	Phyllostomidae	morcego	FSM, FM	IF (2008)	
<i>Artibeus fimbriatus</i> (Gray, 1838)	Phyllostomidae	morcego	FSM, FM	IF (2008)	
<i>Artibeus jamaicensis</i> (Leach, 1821)	Phyllostomidae	morcego-comedor-de-frutas	FM	IF (2008)	
<i>Artibeus lituratus</i> (Olfers, 1818)	Phyllostomidae	morcego-das-listras-brancas-na-cabeça	FSM, FM	IF (2008)	
<i>Artibeus obscurus</i> (Schinz, 1821)	Phyllostomidae	morcego	FSM, FM	IF (2008)	
<i>Carollia perspicillata</i> (Linnaeus, 1758)	Phyllostomidae	morcego-de-cauda-curta-e-comedor-de-frutas	FSM, FM	IF (2008)	
<i>Chiromera doriae</i> (Thomas, 1891)	Phyllostomidae	morcego	FSM, FM	IF (2008)	
<i>Chrotopteris auritus</i> (Peters, 1856)	Phyllostomidae	morcego	FSM	IF (2008)	
<i>Desmodus rotundus</i> (E. Geoffroy, 1810)	Phyllostomidae	morcego	FSM, FM	IF (2008)	
<i>Diphylla ecaudata</i> (Spix, 1823)	Phyllostomidae	morcego	FM	IF (2008)	
<i>Glossophaga soricina</i> (Pallas, 1766)	Phyllostomidae	morcego-beija-flor	FSM	IF (2008)	
<i>Lonchorhina aurita</i> (Tomes, 1863)	Phyllostomidae	morcego	FSM, FM	IF (2008)	
<i>Micronycteris megalotis</i> (Gray, 1842)	Phyllostomidae	morcego	FSM, FM	IF (2008)	
<i>Micronycteris sp.</i>	Phyllostomidae	morcego	FSM	IF (2008)	
<i>Micronycteris sylvestris</i> (Thomas, 1896)	Phyllostomidae	morcego	FSM, FM	IF (2008)	
<i>Mimon bennettii</i> (Gray, 1838)	Phyllostomidae	morcego	FSM	IF (2008)	
<i>Platyrrhinus lineatus</i> (E. Geoffroy, 1810)	Phyllostomidae	morcego-das-listras-brancas-na-cabeça-e-nas-costas	FSM, FM	IF (2008)	
<i>Pygoderma bilabiatum</i> (Wagner, 1843)	Phyllostomidae	morcego	FM	IF (2008)	
<i>Sturnira lilium</i> (E. Geoffroy, 1810)	Phyllostomidae	morcego	FSM, FM	IF (2008)	
<i>Sturnira tildae</i> (de la Torre, 1959)	Phyllostomidae	morcego	FSM, FM	IF (2008)	
<i>Tonatia bidens</i> (Spix, 1823)	Phyllostomidae	morcego	FSM, FM	IF (2008)	
<i>Trachops cirrhosus</i> (Spix, 1823)	Phyllostomidae	morcego	FM	IF (2008)	
<i>Vampyressa pusilla</i> (Wagner, 1843)	Phyllostomidae	morcego	FM	IF (2008)	
<i>Thyroptera tricolor</i> (Spix, 1823)	Thyropteridae	morcego	FM	IF (2008)	
<i>Eptesicus brasiliensis</i> (Desmarest, 1819)	Vespertilionidae	morcego	FM	IF (2008)	
<i>Histiotus velatus</i> (I. Geoffroy, 1824)	Vespertilionidae	morcego	FM	IF (2008)	
<i>Lasiurus borealis</i> (Muller, 1776)	Vespertilionidae	morcego	FM	IF (2008)	
<i>Myotis levis</i> (I. Geoffroy, 1824)	Vespertilionidae	morcego	FM	IF (2008)	
<i>Myotis nigricans</i> (Schinz, 1821)	Vespertilionidae	morcego	FM	IF (2008)	
<i>Myotis riparius</i> (Handley, 1960)	Vespertilionidae	morcego	FSM, FM	IF (2008)	
<i>Myotis ruber</i> (E. Geoffroy, 1806)	Vespertilionidae	morcego	FSM, FM	IF (2008)	
<i>Myotis sp.</i>	Vespertilionidae	morcego	FM	IF (2008)	
<i>Eumops bonariensis</i> (Peters, 1874)	Molossidae	morcego	FM	IF (2008)	
<i>Molossops temminckii</i> (Burmeister, 1854)	Molossidae	morcego	FM	IF (2008)	
<i>Molossus molossus</i> (Pallas, 1766)	Molossidae	morcego	FM	IF (2008)	
<i>Nyctinomops laticaudatus</i> (E. Geoffroy, 1805)	Molossidae	morcego	FM	IF (2008)	
<i>Tadarida brasiliensis</i> (I. Geoffroy, 1824)	Molossidae	morcego-de-cauda-livre	FM	IF (2008)	Espécie endêmica

C.2 GRUPO RÉPTEIS



Subgrupo répteis quelônios

Espécie

Hydromedusa maxmillianii (Mikan, 1820)



Subgrupo répteis ofídios e iguanídeos

Espécie

Corallus hortulanus (Linnaeus, 1758)

Atractus serranus (Amaral, 1930)

Atractus sp.

Cercophis auratus (Schlegel, 1837)

Chironius bicarinatus (Wied, 1820)

Chironius exoletus (Linnaeus, 1758)

Chironius multiventris (Schmidt & Walker, 1943)

Clelia montana (Franco, Marques & Puorto, 1997)

Echinantera affinis (Günther, 1858)

Echinantera anoena (Jan, 1863)

Echinantera cephalostriata (Di-Bernardo, 1996)

Echinantera undulata (Wied, 1824)

Echinanthera persimilis (Cope, 1869)

Erythrolamprus aesculapii (Linnaeus, 1766)

Imantodes cenchoa (Linnaeus, 1758)

Liophis atraventer (Dixon & Thomas, 1985)

Liophis militaris (Linnaeus, 1758)

Mastigodryas bifossatus (Raddi, 1820)

Oxyrhopus clathratus (Duméril, Bibron & Duméril, 1854)

Philodryas offerii (Lichtenstein, 1823)

Sibynomorphus newiedi (Ihering, 1911)

Siphlophis pulcher (Raddi, 1820)

Spilotes pullatus (Linnaeus, 1758)

Thammodontastes sp.

Thammodontastes strigilis (Thunberg, 1787)

Thammodontastes cf. *nattereri*

Tomodon dorsatus (Duméril, Bibron & Duméril, 1854)

Tropidodryas striata (Cope, 1869)

Xenodon newiedi (Günther, 1863)

Micrurus corallinus (Merrim, 1820)

Micrurus decoratus (Jan, 1858)

Tropidophis paucisquamis (Müller, 1901)

Bothrops fonscecai (Hoge & Belluomini, 1959)

Bothrops jararaca (Wied, 1824)

Bothrops jararacussu (Lacerta, 1884)

Enyalius cf. *iheringi*

Família	Nome vulgar	Ambiente	Fonte	OBS
Chelidae	caçado	FM	IF (2008)	
Família	Nome vulgar	Ambiente	Fonte	OBS
Boidae	suaçubóia	FSM	IF (2008)	
Colubridae	cobra-do-chão	FM	IF (2008)	
Colubridae			IF (2008)	
Colubridae	cobra-cipó		IF (2008)	
Colubridae	cobra-cipó		IF (2008)	
Colubridae	cobra-cipó		IF (2008)	
Colubridae	muçurana		IF (2008)	
Colubridae	cobra-cipó		IF (2008)	
Colubridae	cobra		IF (2008)	
Colubridae	cobrinha-cipó		IF (2008)	
Colubridae	cobra-cipó, papa-rã		IF (2008)	
Colubridae		FM	IF (2008)	
Colubridae	coral-falsa	FM	IF (2008)	
Colubridae	dormideira, casual	FSM	IF (2008)	
Colubridae	cobra-verde	FM	IF (2008)	
Colubridae	cobra-d'água		IF (2008)	
Colubridae	jararacuçu-do-brejo		IF (2008)	
Colubridae	falsa-coral		IF (2008)	
Colubridae	cobra-verde		IF (2008)	
Colubridae	dormideira		IF (2008)	
Colubridae	coral-falsa	FSM, FM	IF (2008)	
Colubridae	caninana	FSM	IF (2008)	
Colubridae			IF (2008)	
Colubridae	cobra-espada	FM	IF (2008)	
Colubridae			IF (2008)	
Colubridae	cobra-espada		IF (2008)	
Colubridae	cobra-cipó, jiboinha		IF (2008)	
Colubridae	jararacuinha, quiriripitá		IF (2008)	
Elapidae	cobra-coral	FSM, FM	IF (2008)	
Elapidae	cobra-coral	FM	IF (2008)	
Tropidophiidae	urutu ou cotiara estrela	FM	IF (2008)	
Viperidae	jararaca	FM	IF (2008)	
Viperidae	jararacussu	FM	IF (2008)	
Viperidae		FSM, FM	IF (2008)	
Polychrotidae		FSM, FM	IF (2008)	

<i>Enyalilus perditus</i> (Jackson, 1978)	Polychrotidae	lagarto	FSM, FM	IF (2008)
<i>Placosoma glabellum</i> (Peters, 1870)	Gymnophthalmidae	lagarto	FM	IF (2008)
<i>Tupinambis merrianae</i> (Duméril e Bibron, 1839)	Tetidae	teíú	FM	IF (2008)
<i>Gymnodactylus darwini</i> (Gray, 1845)	Gekkonidae	calango	FM	IF (2008)

C.3 GRUPO ANFÍBIOS



Subgrupo anfíbios anuros

Espécie	Família	Nome vulgar	Ambiente	Fonte	OBS
<i>Brachycephalus</i> cf. <i>nodoterga</i>	Brachycephalidae		FM	IF (2008)	
<i>Brachycephalus</i> sp.	Brachycephalidae		FM	IF (2008)	
<i>Brachycephalus</i> sp.1	Brachycephalidae		FM	IF (2008)	
<i>Brachycephalus</i> sp.2	Brachycephalidae		FM	IF (2008)	
<i>Brachycephalus</i> sp.3	Brachycephalidae		FM	IF (2008)	
<i>Brachycephalus nodoterga</i> (Miranda-Ribeiro, 1920)	Brachycephalidae		FSM, FM	IF (2008)	
<i>Brachycephalus vertebralis</i> (Pombal, 2001)	Brachycephalidae		FM	IF (2008)	
<i>Psyllophryne hermogenesi</i> (Giaretta & Sawaya, 1998)	Brachycephalidae (achei Bufonidae)		FM	IF (2008)	
<i>Bufo ictericus</i> (Spix, 1824)	Bufoinae	sapo-cururu	FSM, FM	IF (2008)	
<i>Bufo ornatus</i> (Spix, 1824)	Bufoinae	sapo-cururuzinho	FSM, FM	IF (2008)	
<i>Dendrophryniscus</i> cf. <i>brevipollicatus</i>	Bufoinae		FSM, FM	IF (2008)	
<i>Dendrophryniscus</i> cf. <i>leucomystax</i>	Bufoinae		FSM, FM	IF (2008)	
<i>Flectonotus fissilis</i> (Miranda-Ribeiro, 1920)	Hylidae	perereca-transporta-ovos	FSM	IF (2008)	
<i>Flectonotus ohausi</i> (Wandollock, 1907)	Hylidae		FM	IF (2008)	
<i>Flectonotus</i> sp.	Hylidae		FSM	IF (2008)	
<i>Gastrotheca microdiscus</i> (Andersson, 1910)	Hylidae	perereca-marsupial	FSM, FM	IF (2008)	
<i>Hyalinobatrachium eurygnathum</i> (A. Lutz, 1925)	Hylidae	rã-de-vidro	FSM, FM	IF (2008)	
<i>Hyalinobatrachium</i> sp.	Hylidae		FSM	IF (2008)	
<i>Hyalinobatrachium uranoscopum</i> (Müller, 1924)	Hylidae	perereca-de-vidro	FSM	IF (2008)	
<i>Hyla</i> aff. <i>ariana</i>	Hylidae		FSM	IF (2008)	
<i>Hyla</i> aff. <i>polytaenia</i>	Hylidae		FSM	IF (2008)	
<i>Hyla albofrenata</i> (Lutz, 1924)	Hylidae		FSM	IF (2008)	
<i>Hyla albomarginata</i> (Spix, 1824)	Hylidae	perereca	FSM	IF (2008)	
<i>Hyla albostigmata</i> (Lutz & Lutz, 1938)	Hylidae	rã-flautinha	FSM, FM	IF (2008)	
<i>Hyla astarteae</i> (Bokermann, 1967)	Hylidae		FSM	IF (2008)	
<i>Hyla berthelutzae</i> (Bokermann, 1962)	Hylidae		FM	IF (2008)	
<i>Hyla bischoffi</i> (Boulenger, 1887)	Hylidae	perereca	FM	IF (2008)	
<i>Hyla</i> cf. <i>microps</i>	Hylidae		FSM	IF (2008)	
<i>Hyla</i> cf. <i>polytaenia</i>	Hylidae		FSM	IF (2008)	
<i>Hyla cymbalum</i> (Bokermann, 1963)	Hylidae	perereca	FSM	IF (2008)	
<i>Hyla elegans</i> (Wied-Neuwied, 1824)	Hylidae		FSM	IF (2008)	
<i>Hyla faber</i> (Wied-Neuwied, 1821)	Hylidae		FSM	IF (2008)	
<i>Hyla fernandoi</i> (Pombal & Haddad, 1993)	Hylidae	sapo-ferreiro, sapo-martelo, sapo-gameleiro	FSM, FM	IF (2008)	
<i>Hyla flavoguttata</i> (Lutz and Lutz, 1939)	Hylidae		FSM, FM	IF (2008)	
<i>Hyla giesleri</i> (Mertens, 1950)	Hylidae	perereca	FSM, FM	IF (2008)	
<i>Hyla hylax</i> (Heyer, 1985)	Hylidae	perereca-do-riacho	FSM, FM	IF (2008)	

<i>Ceratophrys aurita</i> (Raddi, 1823)	Leptodactylidae			IF (2008)	
<i>Craspedoglossa stejnegeri</i> (????)	Leptodactylidae			IF (2008)	
<i>Crossodactylus caramaschii</i> (Bastos & Pombal, 1995)	Leptodactylidae	rãzinha-de-riacho	FSM, FM	IF (2008)	Endêmica do Brasil
<i>Crossodactylus dispar</i> (A. Lutz, 1925)	Leptodactylidae	rãzinha-de-riacho-distinta	FSM, FM	IF (2008)	Endêmica do Brasil
<i>Cycloramphus baraceniensis</i> (Heyer, 1983)	Leptodactylidae			IF (2008)	Endêmica do Brasil
<i>Cycloramphus dubius</i> (Miranda-Ribeiro, 1920)	Leptodactylidae	rã-achata-da-cachoeira-da-Serra-do-Mar		IF (2008)	Endêmica do Brasil
<i>Cycloramphus eleutherodactylus</i> (Miranda-Ribeiro, 1920)	Leptodactylidae	rã	FSM, FM	IF (2008)	Endêmica do Brasil
<i>Cycloramphus semipalmatus</i> (Miranda-Ribeiro, 1920)	Leptodactylidae	rã-achata-da-cachoeira-de-Paranapiacaba		IF (2008)	Endêmica do Brasil
<i>Eleutherodactylus</i> aff. <i>juipoca</i>	Leptodactylidae			IF (2008)	
<i>Eleutherodactylus binotatus</i> (Spix, 1824)	Leptodactylidae	rã, rã-da-mata	FSM, FM	IF (2008)	
<i>Eleutherodactylus bolbodactylus</i> (A. Lutz, 1925)	Leptodactylidae	rã	FSM, FM	IF (2008)	
<i>Eleutherodactylus</i> cf. <i>bolbodactylus</i>	Leptodactylidae		FM	IF (2008)	
<i>Eleutherodactylus</i> cf. <i>guentheri</i>	Leptodactylidae		FM	IF (2008)	
<i>Eleutherodactylus</i> cf. <i>guentheri</i>	Leptodactylidae		FM	IF (2008)	
<i>Eleutherodactylus</i> cf. <i>parvus</i>	Leptodactylidae		FM	IF (2008)	
<i>Eleutherodactylus</i> cf. <i>parvus</i>	Leptodactylidae		FSM	IF (2008)	
<i>Eleutherodactylus guentheri</i> (Steindachner, 1864)	Leptodactylidae	rã, rãzinha	FSM, FM	IF (2008)	Endêmica
<i>Eleutherodactylus holti</i> (Cochran, 1948)	Leptodactylidae			IF (2008)	
<i>Eleutherodactylus hoehnei</i> (B. Lutz, 1958)	Leptodactylidae			IF (2008)	
<i>Eleutherodactylus parvus</i> (Girard, 1853)	Leptodactylidae			IF (2008)	
<i>Eleutherodactylus spanios</i> (Heyer, 1985)	Leptodactylidae			IF (2008)	
<i>Eleutherodactylus</i> sp.1	Leptodactylidae			IF (2008)	
<i>Eleutherodactylus</i> sp.2	Leptodactylidae			IF (2008)	
<i>Eleutherodactylus</i> sp.3	Leptodactylidae			IF (2008)	
<i>Eleutherodactylus</i> sp.4	Leptodactylidae			IF (2008)	
<i>Holoaden luederwaldti</i> (Miranda-Ribeiro, 1920)	Leptodactylidae	sapinho-granuloso-de-Luederwaldt		IF (2008)	
<i>Hylodes</i> aff. <i>charadranetes</i>	Leptodactylidae			IF (2008)	
<i>Hylodes asper</i> (Müller, 1924)	Leptodactylidae	rã-da-cachoeira	FSM, FM	IF (2008)	
<i>Hylodes dactylocinus</i> (Pavan, Narvaez & Rodrigues, 2001)	Leptodactylidae	rã-de-riacho-pequena-da-Jurêia	FSM, FM	IF (2008)	
<i>Hylodes glabra</i> (Miranda-Ribeiro, 1926)	Leptodactylidae			IF (2008)	
<i>Hylodes phyllodes</i> (Heyer & Cocroft, 1986)	Leptodactylidae	rã-de-corredeira	FSM, FM	IF (2008)	
<i>Hylodes</i> sp. (gr. <i>heyeri</i>)	Leptodactylidae			IF (2008)	
<i>Leptodactylus flavopictus</i> (Lutz, 1926)	Leptodactylidae	rã-de-risca-amarela, rã-marrom		IF (2008)	
<i>Leptodactylus ocellatus</i> (Linnaeus, 1758)	Leptodactylidae	rã-manteiga, rã-paulistinha		IF (2008)	
<i>Macrogenioglossus alipioi</i> (Carvalho, 1946)	Leptodactylidae	rã, sapo-intanha-grande, sapo-de-perna-fina		IF (2008)	
<i>Megalosia massarii</i> (Witte, 1930)	Leptodactylidae	rã-grande-de-cachoeira-de-Paranapiacaba	FSM	IF (2008)	
<i>Megalosia bocainensis</i> (Giaretta, Bokermann & Haddad, 1993)	Leptodactylidae	rã-grande-de-riacho-da-Bocaina	FM	IF (2008)	
<i>Megalosia</i> sp.	Leptodactylidae			IF (2008)	
<i>Paratelmatobius</i> aff. <i>lutzi</i>	Leptodactylidae			IF (2008)	
<i>Paratelmatobius cardosoi</i> (Pombal & Haddad, 1999)	Leptodactylidae	rãzinha, rãzinha-de-barriga-vermelha		IF (2008)	
<i>Paratelmatobius</i> cf. <i>poecilogaster</i>	Leptodactylidae			IF (2008)	
<i>Paratelmatobius gaigeae</i> (Cochran, 1938)	Leptodactylidae	rãzinha-de-barriga-colorida-da-Bocaina		IF (2008)	
<i>Paratelmatobius poecilogaster</i> (Giaretta & Castanho, 1990)	Leptodactylidae	rãzinha-de-barriga-colorida, rã-de-barriga-pintada	FM	IF (2008)	
<i>Physalaemus atlanticus</i> (Haddad & Sazima, 2004)	Leptodactylidae	rãzinha-da-praia		IF (2008)	
<i>Physalaemus bokermanni</i> (Cardoso & Haddad, 1985)	Leptodactylidae	rãzinha-do-folhicho		IF (2008)	
<i>Physalaemus</i> cf. <i>offersi</i>	Leptodactylidae		FSM	IF (2008)	Endêmica do Brasil

<i>Physalaemus curvieri</i> (Fitzinger, 1826)	Leptodactylidae	rã-cachorro, foi-não-foi	IF (2008)		
<i>Physalaemus franciscaae</i> (Heyer, 1985)	Leptodactylidae		IF (2008)		
<i>Physalaemus litoralis</i> (????)	Leptodactylidae		IF (2008)		
<i>Physalaemus moreirae</i> (Miranda-Ribeiro, 1926)	Leptodactylidae	rã	IF (2008)		
<i>Physalaemus offersi</i> (Lichtenstein & Martens, 1856)	Leptodactylidae	rã-bugio	IF (2008)		
<i>Physalaemus</i> sp. (gr. <i>olfersii</i>)	Leptodactylidae		FM		
<i>Proceratophrys appendiculata</i> (Günther, 1873)	Leptodactylidae	sapo-de-chifre	FM		
<i>Proceratophrys boiei</i> (Wied-Neuwied, 1825)	Leptodactylidae	itanha, sapo-de-chifre/-folha, utanha, untanha-pequena	FSM, FM		Endêmica do Brasil
<i>Proceratophrys melanopogon</i> (Miranda-Ribeiro, 1926)	Leptodactylidae	sapo-de-chifre	IF (2008)		Endêmica do Brasil
<i>Thoropa miliaris</i> (Spix, 1824)	Leptodactylidae	rã-das-pedras	IF (2008)		
<i>Zachaeus parvulus</i> (Girard, 1853)	Leptodactylidae	rã-folha	IF (2008)		
<i>Chiasmocleis atlantica</i> (Cruz, Caramaschi & Izecksohn, 1997)	Microhylidae	rãzinha-do-folhedo	IF (2008)		Endêmica do Brasil
<i>Elachistocleis ovalis</i> (Schneider, 1799)	Microhylidae	rã grilo, rã guarda	IF (2008)		
<i>Rana catesbeiana</i> (Shaw, 1802)	Ranidae	rã touro	FSM		
<i>Siphonops hardy</i> (Boulenger, 1888)	Caeciliidae		IF (2008)		

C.4 GRUPO INVERTEBRADOS



Subgrupo invertebrados terrestres

Espécie

Tityus serrulatus (Lutz & Mello, 1922)

Otostigmus scabricauda (Humbert & Saussure, 1870)

Família

Butidae

Scolopendridae

Nome vulgar

escorpião

centopéia, lacraia

Ambiente

BIOTA-FAPESB (2004)

BIOTA-FAPESB (2004)

Fonte

OBS

C.5 GRUPO AVES



Subgrupo aves terrestres (passeriformes)

Espécie

Coragyps atratus (Bechstein, 1793)

Merulaxis ater (Lesson, 1830)

Scytalopus speluncae (Ménétriés, 1835)

Scytalopus indigoticus (Wied, 1831)

Hypodaleus guttatus (Vieillot, 1816)

Battara cinerea (Vieillot, 1819)

Mackenziaena severa (Lichtenstein, 1823)

Biatas nigropectus (Lafresnaye, 1850)

Thamnophilus caeruleus (Vieillot, 1816)

Thamnophilus ruficapillus (Vieillot, 1816)

Dysithamnus stictothorax (Temminck, 1823)

Dysithamnus mentalis (Temminck, 1823)

Dysithamnus xanthopterus (Burmeister, 1856)

Myrmotherula gularis (Spix, 1825)

Myrmotherula minor (Salvadori, 1864)

Myrmotherula unicolor (Ménétriés, 1835)

Família

Cathartidae

Rhinocryptidae

Rhinocryptidae

Rhinocryptidae

Thamnophilidae

Nome vulgar

urubu-de-cabeça-preta

entufado

tapaculo-preto

macuquinho

chocão-carijó

matracaço

borralhara

papo-branco

choca-da-mata

choca-de-chapéu-vermelho

choquinha-de-peito-pintado

choquinha-lisa

choquinha-de-asa-ferrugem

choquinha-de-garganta-pintada

choquinha-pequena

choquinha-cinzenta

Ambiente

FM, FSM

FSM

FM

FM, FSM

FM, FSM

FM

FM

FM

FSM

FSM

FMS

FM, FSM

FM

FSM, FM

FSM

FSM

Fonte

FESPSP (2007); IF (2008)

IF (2008)

IF (2008)

IF (2008)

FESPSP (2007); IF (2008)

IF (2008)

IF (2008)

IF (2008)

FESPSP (2007); IF (2008)

FESPSP (2007); IF (2008)

FESPSP (2007); IF (2008)

FESPSP (2007); IF (2008)

IF (2008)

FESPSP (2007); IF (2008)

IF (2008)

IF (2008)

OBS

<i>Herpsilochmus rufimarginatus</i> (Temminck, 1822)	Thamnophilidae	chorozinho-de-asa-vermelha	FSM	IF (2008)
<i>Drymophila ferruginea</i> (Temminck, 1822)	Thamnophilidae	trovoada	FM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Drymophila rubricollis</i> (Bertoni, 1901)	Thamnophilidae	trovoada-de-bertoni	FM	IF (2008)
<i>Drymophila ochropyga</i> (Hellmayr, 1906)	Thamnophilidae	choquinha-de-dorso-vermelho	FM	IF (2008)
<i>Drymophila squamata</i> (Lichtenstein, 1823)	Thamnophilidae	pintadinho	FSM	IF (2008)
<i>Terenura maculata</i> (Wied, 1831)	Thamnophilidae	zidedê	FSM	IF (2008)
<i>Pyriglena leucoptera</i> (Vieillot, 1818)	Thamnophilidae	papa-taoca-do-sul	FM, FSM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Myrmeciza squamosa</i> (Pelzeln, 1868)	Thamnophilidae	papa formiga, formigueiro-escamado	FM, FSM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Chamaeza campanisona</i> (Lichtenstein, 1823)	Formicariidae	tovaca-campainha	FSM	IF (2008)
<i>Chamaeza meruloides</i> (Vigors, 1825)	Formicariidae	tocava-cantadora	FM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Formicarius colma</i> (Boddaert, 1783)	Formicariidae	galinha-do-mato	FM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Grallaria varia</i> (Boddaert, 1783)	Grallariidae	tovacuçu	FM	IF (2008)
<i>Hyllopezus nattereri</i> (Pinto, 1937)	Grallariidae	pinto-do-mato	FSM, FM	IF (2008)
<i>Conopophaga melanops</i> (Vieillot, 1818)	Conopophagidae	cuspidor-de-máscara-preta	FM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Conopophaga lineata</i> (Wied, 1831)	Conopophagidae	chupa-dente	FM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Furnarius rufus</i> (Gmelin, 1788)	Furnariidae	joão-de-barro	FM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Synallaxis spixi</i> (Sclater, 1856)	Furnariidae	joão-teneném	FM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Synallaxis ruficapilla</i> (Vieillot, 1819)	Furnariidae	pichororê	FM, FSM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Synallaxis cinerascens</i> (Temminck, 1823)	Furnariidae	joão-teneném-da-mata	FM	IF (2008)
<i>Cranioleuca pallida</i> (Wied, 1831)	Furnariidae	arredio-pálido	FM	IF (2008)
<i>Anabazenops fuscus</i> (Vieillot, 1816)	Furnariidae	trepador-coleira	FM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Syndactyla rufosuperciliata</i> (Lafresnaye, 1832)	Furnariidae	trepador-quiete	FM	IF (2008)
<i>Anabacerthia anaurotis</i> (Temminck, 1823)	Furnariidae	limpa-folha-mitúdo	FM	IF (2008)
<i>Philydor atricapillus</i> (Wied, 1821)	Furnariidae	limpa-folha-coroado	FM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Philydor lichtensteini</i> (Cabanis & Heine, 1859)	Furnariidae	limpa-folha-ocrácea	FSM	IF (2008)
<i>Philydor rufum</i> (Vieillot, 1818)	Furnariidae	limpa-folha-testa-baia	FM, FSM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Automolus leucophthalmus</i> (Wied, 1821)	Furnariidae	barranqueiro-de-olho-branco	FM, FSM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Cichocolaptes leucophrus</i> (Jardine & Selby, 1830)	Furnariidae	trepador-sobrancelha	FM, FSM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Helictes contaminatus</i> (Berlepsch, 1885)	Furnariidae	trepadorzinho	FM, FSM	IF (2008)
<i>Xenops minutus</i> (Sparrman, 1788)	Furnariidae	bico-virado-mitúdo	FM	IF (2008)
<i>Xenops rutilans</i> (Temminck, 1821)	Furnariidae	bico-virado-carijó	FM	IF (2008)
<i>Sclerurus scansor</i> (Ménétrières, 1835)	Scleruridae	vira-folhas	FM, FSM	IF (2008)
<i>Sclerurus mexicanus</i> (Sclater, 1857)	Scleruridae	vira-folha-de-peito-vermelho	FSM	IF (2008)
<i>Lochnitis nematura</i> (Lichtenstein, 1823)	Furnariidae	joão-porca	FM, FSM	IF (2008)
<i>Dendrocincla turdina</i> (Lichtenstein, 1820)	Dendrocolaptidae	arapaçu-liso	FSM, FM	IF (2008)
<i>Sittosomus griseicapillus</i> (Vieillot, 1818)	Dendrocolaptidae	arapaçu-verde	FM, FSM	IF (2008)
<i>Xiphocolaptes albicollis</i> (Vieillot, 1818)	Dendrocolaptidae	arapaçu-de-garganta-branca	FSM, FM	IF (2008)
<i>Dendrocolaptes platyrostris</i> (Spix, 1825)	Dendrocolaptidae	arapaçu-grande	FM, FSM	IF (2008)
<i>Xiphorhynchus fuscus</i> (Vieillot, 1818)	Dendrocolaptidae	arapaçu-rajado	FM, FSM	IF (2008)
<i>Lepidocolaptes falcinellus</i> (Cabanis & Heine, 1859)	Dendrocolaptidae	arapaçu-escanado	FM	IF (2008)
<i>Campylorhamphus falcularius</i> (Vieillot, 1822)	Dendrocolaptidae	arapaçu-de-bico-torto	FM	IF (2008)
<i>Phyllomyias fasciatus</i> (Thunberg, 1822)	Tyrannidae	piolinho	FM	IF (2008)
<i>Phyllomyias burmeisteri</i> (Cabanis & Heine, 1859)	Tyrannidae	poiaeiro-do-sul	FSM, FM	IF (2008)
<i>Phyllomyias virescens</i> (Temminck, 1824)	Tyrannidae	poiaeiro-serrano	FM, FSM	IF (2008)
<i>Camplostoma obsoletum</i> (Temminck, 1824)	Tyrannidae	risadinha	FSM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Myiopagis caniceps</i> (Swainson, 1835)	Tyrannidae	maria-da-copa	FSM	IF (2008)

<i>Elaenia parvirostris</i> (Pelzeln, 1868)	Tyrannidae	guaracava-de-bico-pequeno	FSM	IF (2008)
<i>Serpophaga subcristata</i> (Vieillot, 1817)	Tyrannidae	alegrinho	FM	IF (2008)
<i>Mionectes rufiventris</i> (Cabanis, 1846)	Tyrannidae	abre-asa-de-cabeça-cinza	FM, FSM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Leptopogon amaurocephalus</i> (Tschudi, 1846)	Tyrannidae	cabeçudo	FM, FSM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Phylloscartes eximius</i> (Temminck, 1822)	Tyrannidae	barbudinho	FM	IF (2008)
<i>Phylloscartes sibilolus</i> (Cabanis & Heine, 1859)	Tyrannidae	maria-pequena	FSM	IF (2008)
<i>Phylloscartes ventralis</i> (Temminck, 1824)	Tyrannidae	borboletinha-do-mato	FM	IF (2008)
<i>Phylloscartes oustaleti</i> (Sclater, 1887)	Tyrannidae	papa-moscas-de-olheiras	FM	IF (2008)
<i>Phylloscartes paulista</i> (Ihering & Ihering, 1907)	Tyrannidae	não-pode-parar	FSM	IF (2008)
<i>Capsiempis flaveola</i> (Lichtenstein, 1823)	Tyrannidae	marianinha-amarela	FM	IF (2008)
<i>Myiornis auricularis</i> (Vieillot, 1818)	Tyrannidae	mudinho	FM, FSM	IF (2008)
<i>Hemitriccus diops</i> (Temminck, 1822)	Tyrannidae	olho-falso	FM	IF (2008)
<i>Hemitriccus furcatus</i> (Lafresnaye, 1846)	Tyrannidae	papa-moscas-estrela	FSM,	IF (2008)
<i>Hemitriccus orbitatus</i> (Wied, 1831)	Tyrannidae	tirizinho-do-mato	FSM	IF (2008)
<i>Poeciloriccus plumbeiceps</i> (Lafresnaye, 1846)	Tyrannidae	ferreirinho-de-cara-canela, tororó	FM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Todirostrum poliocephalum</i> (Wied, 1831)	Tyrannidae	teque-teque	FSM	IF (2008)
<i>Todirostrum cinereum</i> (Linnaeus, 1766)	Tyrannidae	ferreirinho	FM	IF (2008)
<i>Ramphotrigon megacephalum</i> (Swainson, 1835)	Tyrannidae	maria-cabeçuda	FM	IF (2008)
<i>Tobomyias sulphureus</i> (Spix, 1825)	Tyrannidae	bico-chato-de-orelha-preta	FM, FSM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Tobomyias flaviventris</i> (Wied, 1831)	Tyrannidae	bico-chato-amarelo	FSM	IF (2008)
<i>Platyrinchus mystaceus</i> (Vieillot, 1818)	Tyrannidae	patinho	FM, FSM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Platyrinchus leucorhynchus</i> (Wied, 1831)	Tyrannidae	patinho-gigante	FSM	IF (2008)
<i>Onychorhynchus swainsoni</i> (Pelzeln, 1858)	Tyrannidae	maria-leque	FSM, FM	IF (2008)
<i>Myiobius barbatus</i> (Gmelin, 1789)	Tyrannidae	assanhadinho	FSM, FM	IF (2008)
<i>Contopus cinereus</i> (Spix, 1825)	Tyrannidae	papa-moscas-cinzento	FSM	IF (2008)
<i>Contopus borealis</i> (Swainson, 1832)	Tyrannidae	ptui-boereal	FM	IF (2008)
<i>Lathrotriccus euleri</i> (Cabanis, 1868)	Tyrannidae	enferrujado	FM, FSM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Knipolegus cyanirostris</i> (Vieillot, 1818)	Tyrannidae	maria-preta-de-bico-azulado	FM	IF (2008)
<i>Colonia colonus</i> (Vieillot, 1818)	Tyrannidae	viuvinha	FSM, FM	IF (2008)
<i>Hirundinea ferruginea</i> (Gmelin, 1788)	Tyrannidae	gibão-de-couro	FSM	IF (2008)
<i>Attila rufus</i> (Vieillot, 1819)	Tyrannidae	capitão-de-saíra	FM, FSM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Attila phoenicurus</i> (Pelzeln, 1868)	Tyrannidae	capitão-castanho	FM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Rhytipterna simplex</i> (Lichtenstein, 1823)	Tyrannidae	vissíá	FSM	IF (2008)
<i>Syrstes sibilator</i> (Vieillot, 1818)	Tyrannidae	gritador	FSM, FM	IF (2008)
<i>Myiarchus swainsoni</i> (Cabanis & Heine)	Tyrannidae	irirê	FSM, FM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Myiarchus tuberculifer</i> (d'Orbigny & Lafresnaye, 1837)	Tyrannidae	maria-cavaleira-pequena	FM	IF (2008)
<i>Philothyrid lictor</i> (Lichtenstein, 1823)	Tyrannidae	bentevizinho-do-brejo	FSM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Pitangus sulphuratus</i> (Linnaeus, 1766)	Tyrannidae	bentevi, bentevi-de-coroa	FM, FSM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Myiozetetes similis</i> (Spix, 1825)	Tyrannidae	bentevizinho-penacho-vermelho	FSM	IF (2008)
<i>Conopias trivirgatus</i> (Wied, 1831)	Tyrannidae	bentevi-pequeno	FM	IF (2008)
<i>Myiodynamastes maculatus</i> (Statius Muller, 1776)	Tyrannidae	bentevi-rajado	FM	IF (2008)
<i>Legatus leucophaeus</i> (Vieillot, 1818)	Tyrannidae	bentevi-pirata	FM	IF (2008)
<i>Empidonomus varius</i> (Vieillot, 1818)	Tyrannidae	peitica	FSM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Tyrannus melancholicus</i> (Vieillot, 1819)	Tyrannidae	suiriri	FM, FSM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Pachyrhamphus viridis</i> (Vieillot, 1816)	Tyrannidae	canaleiro-verde	FM	IF (2008)
<i>Pachyrhamphus castaneus</i> (Jardine & Selby, 1827)	Tyrannidae	caneleiro	FM, FSM	IF (2008)

<i>Thraupis ornata</i> (Sparman, 1789)	Thraupidae	sanhaço-de-encontro-amarelo	FM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Thraupis palmarum</i> (Wied, 1823)	Thraupidae	sanhaço-do-coqueiro	FSM, FM	IF (2008)
<i>Stephanophorus diadematus</i> (Temminck, 1823)	Thraupidae	sanhaço-frade	FM	IF (2008)
<i>Pipraeidea melanota</i> (Vieillot, 1819)	Thraupidae	viúva, saíra-viúva	FSM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Euphonia violacea</i> (Linnaeus, 1758)	Fringillidae	gaturamo-verdadeiro	FSM	IF (2008)
<i>Euphonia chalybea</i> (Mikan, 1825)	Fringillidae	cais-cais	FSM	IF (2008)
<i>Euphonia cyanocephala</i> (Vieillot, 1818)	Fringillidae	gaturamo-rei	FM	IF (2008)
<i>Euphonia pectoralis</i> (Latham, 1801)	Fringillidae	ferro-velho	FM, FSM	IF (2008)
<i>Chlorophonia cyanea</i> (Thunberg, 1822)	Fringillidae	bonito-do-campo	FSM	IF (2008)
<i>Tangara selodon</i> (Statius Muller, 1776)	Thraupidae	sete-cores	FM, FSM	IF (2008)
<i>Tangara cyanocephala</i> (Statius Muller, 1776)	Thraupidae	saíra-militar	FM, FSM	IF (2008)
<i>Tangara desmaresti</i> (Vieillot, 1819)	Thraupidae	saíra-lagarta	FM	IF (2008)
<i>Dacnis nigripes</i> (Dacnis nigripes)	Thraupidae	saí-de-pernas-pretas	FM	IF (2008)
<i>Dacnis cayana</i> (Linnaeus, 1766)	Thraupidae	saí-azul	FM, FSM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Conirostrum spectiosum</i> (Temminck, 1824)	Thraupidae	figuinha-de-rabo-castanho	FSM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Tersina viridis</i> (Illiger, 1811)	Thraupidae	saí-andorinha	FM	IF (2008)
<i>Zonotrichia capensis</i> (Statius Muller, 1776)	Emberizidae	tico-tico	FM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Haplospiza unicolor</i> (Cabanis, 1851)	Emberizidae	cigarra-bambú	FM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Sicalis flaveola</i> (Linnaeus, 1766)	Emberizidae	canário-da-terra-verdadeiro	FM	IF (2008); Campo
<i>Sporophila frontalis</i> (Verreaux, 1869)	Emberizidae	pichocho	FM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Sporophila falcirostris</i> (Temminck, 1820)	Emberizidae	cigarra-verdadeira	FM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Sporophila caerulescens</i> (Vieillot, 1823)	Emberizidae	coleirinho-papa-campim	FM	IF (2008)
<i>Saltator fuliginosus</i> (Daudin, 1800)	Thraupidae	pimentão	FM, FSM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Saltator similis</i> (d'Orbigny & Lafresnaye, 1837)	Thraupidae	trinca-ferro-verdadeiro	FM, FSM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Psarocolius decumanus</i> (Pallas, 1769)	Icteridae	japu	FSM	IF (2008)
<i>Cacicus haemorrhous</i> (Linnaeus, 1766)	Icteridae	guaxe	FSM, FM	IF (2008)
<i>Cacicus chrysopterus</i> (Vigors, 1825)	Icteridae	soldado	FM	IF (2008)
<i>Chrysomus ruficapillus</i> (Vieillot, 1819)	Icteridae	Garibaldi	FM	IF (2008)
<i>Passer domesticus</i> (Linnaeus, 1758)	Passeridae	pardal	Campo	
<i>Estrilda astrild</i> (Linnaeus, 1758)	Estrilidae	bico-de-lacre	FM	FESPSP (2007); IF (2008); Campo
			FSM	FESPSP (2007); IF (2008)



Subgrupo aves terrestres (não passeriformes)

Espécie	Família	Nome vulgar	Ambiente	Fonte	OBS
<i>Tinamus solitarius</i> (Vieillot, 1819)	Tinamidae	macuco	FM, FSM	IF (2008)	
<i>Crypturellus obsoletus</i> (Temminck, 1815)	Tinamidae	inhambu-guaçu	FM, FSM	FESPSP (2007); IF (2008)	
<i>Penelope obscura</i> (Temminck, 1815)	Cracidae	jacuguaçu	FM, FSM	FESPSP (2007); IF (2008)	
<i>Pipile jacutinga</i> (Spix, 1825)	Cracidae	jacutinga	FSM	IF (2008)	
<i>Odontophorus capueira</i> (Spix, 1825)	Phasianidae	urú-capoeira	FM, FSM	IF (2008)	
<i>Aramides cajaneus</i> (Statius Muller, 1776)	Rallidae	três-potes	FM	IF (2008)	
<i>Porzana albicollis</i> (Vieillot, 1819)	Rallidae	sanã-carijó	FM	IF (2008)	
<i>Columba plumbea</i> (Vieillot, 1818)	Columbidae	pomba-amargosa	FM, FSM	IF (2008)	
<i>Columbina talpacoti</i> (Temminck, 1810)	Columbidae	rola, rolinha, rolinha-roxa	FM	FESPSP (2007); IF (2008)	
<i>Claravis pretiosa</i> (Ferrari-Perez, 1886)	Columbidae	pomba-de-espelho	FSM	IF (2008)	
<i>Leptotila verreauxi</i> (Bonaparte, 1855)	Columbidae	juriti, juriti-pupu	FSM	FESPSP (2007); IF (2008)	

<i>Leptotilia rufaxilla</i> (Richard & Bernard, 1792)	Columbidae	gemedeira, juriti-gemedeira	FM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Geotrygon montana</i> (Linnaeus, 1758)	Columbidae	pariri	FM, FSM	IF (2008)
<i>Aratinga leucophthalma</i> (Statius Muller, 1776)	Psittacidae	periquitão-maracanã	FM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Pyrrhura frontalis</i> (Vieillot, 1817)	Psittacidae	tiriba-de-testa-vermelha	FM, FSM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Forpus xanthopterygius</i> (Spix, 1824)	Psittacidae	tuim	FM, FSM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Brotopteris tirica</i> (Gmelin, 1788)	Psittacidae	periquito-rico	FM, FSM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Touit melanotus</i> (Wied, 1820)	Psittacidae	apuim-de-cauda-vermelha	FM, FSM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Pionopsitta pileata</i> (Scopoli, 1769)	Psittacidae	cuíú-cuíú	FM, FSM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Pionus maximiliani</i> (Kuhl, 1820)	Psittacidae	maítaca-de-maximiliano, maítaca-verde	FM, FSM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Tricharia malachitacea</i> (Spix, 1824)	Psittacidae	sabiá-cica	FSM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Playa cayana</i> (Linnaeus, 1766)	Cuculidae	alma-de-gato	FM, FSM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Dromococcyx phasianellus</i> (Spix, 1824)	Cuculidae	peixe-frito-verdadeiro	FM	IF (2008)
<i>Crotophaga ani</i> (Linnaeus, 1758)	Cuculidae	Anu-preto	Campo	
<i>Otus atricapilla</i> (Temminck, 1822)	Strigidae	corujinha-do-mato	FSM, FM	IF (2008)
<i>Glaucidium minutissimum</i> (Wied, 1830)	Strigidae	corujinha-sapo	FM, FSM	IF (2008)
<i>Ciccaba virgata</i> (Cassin, 1849)	Strigidae	caburé-miudinho	FSM	IF (2008)
<i>Nyctibius griseus</i> (Gmelin, 1789)	Nyctibiidae	coruja-do-mato	FM	IF (2008)
<i>Nyctibius aethereus</i> (Wied-Neuwied, 1820)	Nyctibiidae	urutau	FSM	IF (2008)
<i>Lurocalis semitorquatus</i> (Gmelin, 1789)	Caprimulgidae	mãe-da-lua-parda	FSM, FM	IF (2008)
<i>Nyctidromus albigollis</i> (Gmelin, 1789)	Caprimulgidae	tujú	FSM	
<i>Streptoprocne zonaris</i> (Shaw, 1796)	Apodidae	curtango	FM,	
<i>Cypseloides fumigatus</i> (Streubel, 1848)	Apodidae	andorinhão-de-coleira, taperuçu/-de-coleira-branca	FSM, FM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Chaetura cinereiventris</i> (Selater, 1862)	Apodidae	andorinhão-preto-da-cascata	FM	IF (2008)
<i>Chaetura meridionalis</i> (Hellmayr, 1907)	Apodidae	andorinhão-de-sobre-cinzento	FM, FSM	IF (2008)
<i>Panyptila cayennensis</i> (Gmelin, 1789)	Apodidae	andorinhão-do-temporal	FSM	IF (2008)
<i>Ramphodon naevius</i> (Dumont, 1818)	Trochilidae	andorinhão-estofador	FSM, FM	IF (2008)
<i>Glaucis hirsutus</i> (Gmelin, 1788)	Trochilidae	beija-flor-grande-do-mato	FSM, FM	IF (2008)
<i>Phaethornis euryome</i> (Lesson, 1832)	Trochilidae	balança-rabo-de-bico-torto	FSM	IF (2008)
<i>Phaethornis squalidus</i> (Temminck, 1822)	Trochilidae	rabo-branco-de-garganta-rajada	FM, FSM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Phaethornis pretrei</i> (Lesson & Delattre, 1839)	Trochilidae	rabo-branco-múdo	FSM	IF (2008)
<i>Phaethornis ruber</i> (Linnaeus, 1758)	Trochilidae	rabo-branco-de-sobre-branco	FM	IF (2008)
<i>Melanotrochilus fuscus</i> (Vieillot, 1817)	Trochilidae	besourinho-da-mata	FSM	IF (2008)
<i>Anthracoceros nigricollis</i> (Vieillot, 1817)	Trochilidae	beija-flor-preto-e-branco	FSM, FM	IF (2008)
<i>Lophornis magnificus</i> (Vieillot, 1817)	Trochilidae	beija-flor-preto	FM	IF (2008)
<i>Lophornis chalybeus</i> (Vieillot, 1822)	Trochilidae	topetinho-vermelho	FM	IF (2008)
<i>Chlorostilbon aureoventris</i> (d'Orbigny & Lafresnaye, 1838)	Trochilidae	tufinho-verde	FM	IF (2008)
<i>Thalurania glaucopsis</i> (Gmelin, 1788)	Trochilidae	besourinho-de-bico-vermelho	FSM	IF (2008)
<i>Hylocharis cyanus</i> (Vieillot, 1818)	Trochilidae	tesoura-de-frente-violeta, beija-flor-de-frente-violeta	FM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Polymnus gainumbi</i> (Pallas, 1764)	Trochilidae	beija-flor-roxo	FM, FSM	IF (2008)
<i>Amazilia versicolor</i> (Vieillot, 1818)	Trochilidae	beija-flor-dourado-de-bico-curvo	FM	IF (2008)
<i>Aphantochroa cirrochloris</i> (Vieillot, 1818)	Trochilidae	beija-flor-de-banda-branca	FSM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Clytolaema rubricauda</i> (Boddaert, 1783)	Trochilidae	beija-flor-cinza	FSM	IF (2008)
<i>Trogon viridis</i> (Linnaeus, 1766)	Trogonidae	beija-flor-rubi	FM	IF (2008)
<i>Trogon rufus</i> (Gmelin, 1788)	Trogonidae	surucua-grande-de-barriga-amarela	FSM	IF (2008)
<i>Trogon surrucura</i> (Vieillot, 1817)	Trogonidae	surucua-de-barriga-amarela	FM	IF (2008)
	Trogonidae	Surucua-de-peito-azul, surucua-variado	FM	FESPSP (2007); IF (2008)

<i>Ceryle torquatus</i> (Linnaeus, 1766)	Alcedinidae	martim-pescador-grande	FM, FSM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Chloroceryle amazona</i> (Latham, 1790)	Alcedinidae	martim-pescador-verde	FM, FSM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Chloroceryle americana</i> (Gmelin, 1788)	Alcedinidae	martim-pescador-pequeno	FSM	IF (2008)
<i>Chloroceryle inda</i> (Linnaeus, 1766)	Alcedinidae	martim-pescador-dá-mata	FSM	IF (2008)
<i>Baryphthengus ruficapillus</i> (Vieillot, 1818)	Momotidae	juruvá	FSM	IF (2008)
<i>Notharchus swainsoni</i> (Gray, 1846)	Bucconidae	capitão-do-mato	FSM	IF (2008)
<i>Malacoptila striata</i> (Spix, 1824)	Bucconidae	joão-barbudo	FSM	IF (2008)
<i>Selenidera maculirostris</i> (Lichtenstein, 1823)	Ramphastidae	araçari-poca	FSM	IF (2008)
<i>Baillonius bailloni</i> (Vieillot, 1819)	Ramphastidae	araçari-banana	FSM	IF (2008)
<i>Ramphastos vitellinus</i> (Lichtenstein, 1823)	Ramphastidae	tucano-de-bico-preto	FSM, IF (2008)	IF (2008)
<i>Ramphastos dicolorus</i> (Linnaeus, 1766)	Ramphastidae	tucano-de-bico-verde	FM, FSM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Picumnus cirratus</i> (Temminck, 1825)	Picidae	pica-pau-anão-barrado	FM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Picumnus temminckii</i> (Lafresnaye, 1845)	Picidae	pica-pau-anão-de-bochecha-castanha	FM, FSM	IF (2008)
<i>Colaptes melanochlorus</i> (Gmelin, 1788)	Picidae	pica-pau-verde-barrado	FM	IF (2008)
<i>Piculus flavigula</i> (Boddaert, 1783)	Picidae	pica-pau-bufador	FSM	IF (2008)
<i>Piculus aurulentus</i> (Temminck, 1821)	Picidae	pica-pau-dourado	FM	IF (2008)
<i>Celeus flavescens</i> (Gmelin, 1788)	Picidae	pica-pau-de-cabeça-amarela	FSM	IF (2008)
<i>Dryocopus lineatus</i> (Linnaeus, 1766)	Picidae	pica-pau-de-banda-branca	FM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Melanerpes flavifrons</i> (Vieillot, 1818)	Picidae	benedito-de-testa-amarela	FSM, FM	IF (2008)
<i>Veniliornis spilogaster</i> (Wagler, 1827)	Picidae	pica-pauzinho-verde-carijó	FM, FSM	FESPSP (2007); IF (2008)
<i>Campephilus robustus</i> (Lichtenstein, 1818)	Picidae	pica-pau-rei	FSM	IF (2008)



Subgrupo aves de rapina

Espécie

<i>Elanoides forficatus</i> (Linnaeus, 1758)	Accipitridae	gavião-tesoura	FM	IF (2008)	OBS
<i>Harpagus diodon</i> (Temminck, 1823)	Accipitridae	gavião-bombachinha	FM	IF (2008)	
<i>Accipiter bicolor</i> (Vieillot, 1817)	Accipitridae	gavião-bombachinha-grande	FM	FESPSP (2007); IF (2008)	
<i>Accipiter superciliosus</i> (Linnaeus, 1766)	Accipitridae	gavião-miudinho	FM	IF (2008)	
<i>Accipiter striatus</i> (Vieillot, 1808)	Accipitridae	gavião-miudo	FM	IF (2008)	
<i>Buteo leucorhous</i> (Quoy & Gaimard, 1824)	Accipitridae	gavião-de-sobre-branco	FM	IF (2008)	
<i>Buteo brachyurus</i> (Vieillot, 1816)	Accipitridae	gavião-de-cauda-curta	FM	IF (2008)	
<i>Rupornis magnirostris</i> (Gmelin, 1788)	Accipitridae	gavião-carijó	FM	FESPSP (2007); IF (2008)	
<i>Leucopternis polionotus</i> (Kaup, 1847)	Accipitridae	gavião-pombo-grande	FM	IF (2008)	
<i>Spizaetus tyrannus</i> (Wied, 1820)	Accipitridae	gavião-pega-macaco	FM, IF (2008)	IF (2008)	
<i>Herpatotheres cachinnans</i> (Linnaeus, 1758)	Falconidae	acaçuá	FM	IF (2008)	
<i>Micrastur semitorquatus</i> (Vieillot, 1817)	Falconidae	gavião-relógio	FM, FSM	IF (2008)	
<i>Micrastur ruficollis</i> (Vieillot, 1817)	Falconidae	gavião-caburé	FM	IF (2008)	
<i>Caracara plancus</i> (Miller, 1777)	Falconidae	caracará	FSM	FESPSP (2007); IF (2008)	

C.6 GRUPO PEIXES



Subgrupo peixes pelágicos e demersais

Espécie

<i>Asryanax bimaculatus</i> (Linnaeus, 1758)	Characidae	lambari-do-rabo-amarelo	Ambiente	Fonte	OBS
				CASTRO & ARCIFA (1987)	

<i>Asyanax fasciatus</i> (De Filippi, 1853)	Characidae	peixe-cego, tetra-cego	CASTRO & ARCIFA (1987)
<i>Probolodus heterostomus</i> (Eigenmann, 1911)	Characidae	lambari	CASTRO & ARCIFA (1987)
<i>Oligosarcus hepsetus</i> (Cuvier, 1829)	Characidae	tajibocu	CASTRO & ARCIFA (1987)
<i>Hoplias malabaricus</i> (Bloch, 1794)	Erythrinidae	traíra	CASTRO & ARCIFA (1987)
<i>Curimata modesta</i> (Venero and Gaietti Jr., 1985)	Curimatidae	eaguirri curto	CASTRO & ARCIFA (1987)
<i>Leporinus conirostris</i> (Steindachner, 1875)	Anostomidae	piava-bicuda	CASTRO & ARCIFA (1987), TORLONI (1992) Endêmico
<i>Leporinus copelandi</i> (Steindachner, 1875)	Anostomidae	piau-palhaço	CASTRO & ARCIFA (1987), TORLONI (1992)
<i>Leporinus mormyrops</i> (Steindachner, 1875)	Anostomidae	piau-cachorro	CASTRO & ARCIFA (1987)
<i>Pinelodus maculatus</i> (Lacépède, 1803)	Pinelodidae	mandi, mandi-branco-amarelo, surubim-bagre e bagre	CASTRO & ARCIFA (1987)
<i>Rhamdia quelen</i> (Quoy & Gaimard, 1824)	Hepateridae	jundiá	CASTRO & ARCIFA (1987)
<i>Hypostomus cf. comersonii</i> (Valenciennes 1836)	Loricariidae	casquito	CASTRO & ARCIFA (1987)
<i>Hypostomus</i> sp.	Loricariidae	casquito	CASTRO & ARCIFA (1987)
<i>Crenicichla lacustris</i> (Castelnau, 1855)	Cichlidae	truta-brasileira, cabeça-amarga, joaninha, joaninha-cará, acará-diadema	CASTRO & ARCIFA (1987)
<i>Geophagus brasiliensis</i> (Quoy & Gaimard, 1824)	Cichlidae	cará, acará-diadema	CASTRO & ARCIFA (1987)
<i>Tilapia rendallii</i> (Boulenger, 1896)	Cichlidae	tilápia-do-Congo	CASTRO & ARCIFA (1987)
<i>Prochilodus lineatus</i> (Valenciennes, 1836)	Prochilodontidae	curimbatá	TORLONI (1992)
<i>Crenicichla ocellaris</i> (????)	Cichlidae	jacundá	TORLONI (1992)
<i>Brycon</i> sp.	Characidae	piabanha	TORLONI (1992)
<i>Brycon reinhardtii</i> (Lütken, 1875)	Characidae	pirapitinga-do-sul	TORLONI (1992)

Ambiente

FM - Floresta Ombrófila Densa Montana
FSM - Floresta Ombrófila Densa Sub-Montana

Fonte

BIOTA-FAPESB. Programa de Pesquisas em Conservação e Uso Sustentável da Biodiversidade do Estado de São Paulo. **Mapa de Vegetação Remanescente do Estado de São Paulo**. 2004, Programa Biota/Fapesp. Instituto Florestal/SMA, Centro de Referência em Informação Ambiental. Disponível em: <<http://sinbiota.cria.org.br/info/>>. Acesso em 18 dez. 2009.
CASTRO, R. M. C.; ARCIFA, M. S. **Comunidades de peixes de reservatórios no sul do Brasil**. Rev. Brasil. Biol., v. 47, n. 4, 1987, p. 493-500.
FESPSP. Fundação Escola de Sociologia e Política de São Paulo. **Estudo de Impacto Ambiental (EIA)**. Duplicação do Sub-trecho Planalto (SP-099) Km 11+500 ao Km 64+400, v. 1. 2007
IF. Instituto Florestal de São Paulo. **Plano de Manejo – Parque Estadual da Serra do Mar**. 2008. 433 p. Disponível em: <<http://www.iflorestal.sp.gov.br/planodemanejoCompleto.php>>. Acesso em: 17 dez. 2009.
TORLONI, C. E. C. **Manejo dos recursos pesqueiros nos reservatórios da CESP**. Série Pesquisa e Desenvolvimento, 063. São Paulo: CESP. 1992. 14p.