

# DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE SENSIBILIDADE DO LITORAL (ISL) AO DERRAMAMENTO DE ÓLEO, PARA REGIÃO SUDESTE E SUL DO ESTADO DE SANTA CATARINA

ROCHA-OLIVEIRA, T.C.<sup>1</sup>; KLEIN, A.H.F.<sup>2</sup>; PETERMANN, R. M.; MENEZES, J.T. & SPERB, R.M.

CTTMar/UNIVALI, CxP 360, Itajaí, SC, CEP 88302-202

<sup>1</sup>tc.rocha.oliveira@gmail.com.br

<sup>2</sup> Bolsista de Produtividade do CNPq

## ABSTRACT

Rocha-Oliveira, T.C.; Klein, A.H.F.; Petermann, R.M.; Menezes, J.T. & Sperb, R.M. 2008. Determination of the littoral sensitivity index (LSI) to oil spills along the south-southeast of Santa Catarina state. *Braz. J. Aquat. Sci. Technol.* 12(2):91-114. ISSN 1808-7035. The Littoral Sensitivity Index (LSI) is based on geomorphologic characteristics as the exhibition degree to the energy of the waves and tides, the steepness of the coast and the substratum type, fundamental for the determination of the impact degree and permanence of the spilled oil. Each LSI represents the sensibility of a space of the coast, and it varies of the least sensitive (1) to the most sensitive (10). The sensibility maps consist of contingency plans in case of oil spill, and could impede or reduce the caused impacts to the coastal zone. The present work had for general objective to determine the LSI to the spill of oil for southeast and south area of the State of Santa Catarina in order to integrate the project SAO Letters. For obtaining the necessary characteristics, data originated from the project SAO Letters and "field survey" was used. Later they were organized in GIS, to be classified in agreement with the proposed methodology. The computational tool used was the software ArcMap version 8.3. The resulting LSI maps are articulated in 15 Operational Maps at 1:50.000 scales. In the study area 87 segments were identified, totalizing 819,82 Km of extension. The applied methodology showed to be efficient for visualization and determination of the characteristics that distinguish different LSI.

**Key words:** Littoral of Santa Catarina, Environmental risk.

## INTRODUÇÃO

O petróleo é um combustível fóssil do subsolo. É utilizado pela indústria, principalmente a automotiva, sendo esta a maior responsável pelo grande consumo mundial. Nos últimos 30 anos verificou-se um aumento nas taxas de consumo de derivados de petróleo de 4,5% ao ano (Figueiredo, 2000).

A exploração, o transporte do petróleo e seus produtos derivados oferecem grandes riscos ambientais, principalmente em ambientes marinhos. Os acidentes causados pelos vazamentos dos petroleiros são muitos, sendo extremamente prejudiciais ao meio ambiente.

Fingas (2001), afirma que o derramamento do óleo tem muitos efeitos adversos ao ambiente. O óleo pode afetar os animais de varias maneiras, incluindo a alteração no seu comportamento reprodutivo e alimentar e ainda, causar a perda do habitat.

As propriedades químicas do óleo influenciam no modo de espalhamento e/ou penetração nos substratos, e ainda os riscos que poderá causar aos organismos e aos recursos naturais (EPA, 1999 *apud* Carvalho, 2003). A maior parte do óleo se espalha horizontalmente na superfície da água formando manchas.

A sensibilidade ambiental da costa a derramamentos de óleo tem por base estudos geomorfológicos das áreas do litoral, e consideram o grau de exposição à energia de ondas e marés, a declividade do litoral e o tipo de substrato.

A sensibilidade dos ecossistemas costeiros e marinhos é dada através do Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) ao derramamento de óleo. Cada ISL indica a sensibilidade de um trecho da costa, que varia de 1 a 10, à medida que aumenta este grau, mais sensível é a área. Os ISL's são baseados nas Especificações e Normas Técnicas para Elaboração de Cartas de Sensibilidade Ambiental para Derrames de Óleo (SQA/MMA 2004a), elaborado pela Secretaria de Qualidade Ambiental (SQA/MMA), em 2000, e referenciadas pela Comissão Nacional de Cartografia (CONCAR). Portanto são consideradas documentos cartográficos oficiais do governo brasileiro (SQA/MMA, 2004b).

As Cartas SAO representam uma ferramenta fundamental para a marcação das ações de resposta e vazamentos de óleo, na medida em que ao identificar ambientes com prioridade de preservação, permitem o direcionamento dos recursos disponíveis e a mobilização mais eficiente das equipes de proteção e limpeza (SQA/MMA, 2004a). Os recursos sensíveis são aqueles que podem entrar em conflito com uma mancha de petróleo

(considerados ambientes vulneráveis), e/ou os que apresentam probabilidade de ser impactado de qualquer forma por um derrame de petróleo na área de interesse.

Este estudo tem o objetivo de apresentar o ISL para as regiões costeiras Sudeste e Sul de Santa Catarina utilizando a metodologia presente nas Especificações e Normas Técnicas para Elaboração das Cartas SAO.

## ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado nas regiões costeiras Sudeste e Sul do Estado de Santa Catarina (Fig. 1).

A área de estudo como um todo se encontra relativamente próxima da capital do estado, seu limite norte esta distante 30 km de Florianópolis. É cortada pela rodovia federal Br-101, no sentido Norte-Sul, e no sentido Leste-Oeste pela rodovia estadual SC-438. Possui uma rede bem densa de estradas que conecta as sedes municipais.

A área de estudo é dividida em duas regiões, Sudeste e Sul (Fig. 2).

A Região Sudeste compreende os municípios de Palhoça, Paulo Lopes, Garopaba, Imbituba, Tubarão e Laguna e encontra-se limitada pelos meridianos 48° 36' e 48° 55' de longitude Oeste e pelos paralelos 27° 52' e 28° 35' de latitude Sul. Enquanto a Região Sul do Estado inclui os municípios de Jaguaruna, Içara, Araranguá, Balneário Arroio do Silva, Balneário Gaivota e Passos de Torres, limitada pelos meridianos 49° 00' e 49° 43' W, e paralelos 28° 37' e 29° 18' S.

A região apresenta uma estreita faixa litorânea margeando o Oceano Atlântico, onde a presença de praias arenosas e sistemas de dunas costeiras evidenciam a predominância de ações e processos marinhos e eólicos (Caruso Jr., 1995).

A geomorfologia é diversificada, ocorrendo ao mesmo tempo penínsulas, pontais, enseadas, baías e lagunas.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para determinação do ISL foi utilizada a metodologia proposta pela SQA/MMA presente nas Especificações e Normas Técnicas para Elaboração de Cartas SAO (SQA/MMA 2004 a e b).

### *Coleta de Dados*

Para região compreendida entre a praia da Pinheira e o Cabo de Santa Marta, utilizaram-se dados oriundos do projeto Cartas SAO (CNPq – CT-PETRO,

processo n° 403756/04-9) para região do Estado de Santa Catarina.

Para complementação dos dados da área de estudo foi realizada uma campanha de campo nos dias 04 e 05 de outubro de 2006 correspondendo à área do Camacho até a vila de Passos de Torres. Posteriormente os dados obtidos foram organizados e espacializados em uma tabela de atributos de um SIG (Sistema de Informação Geográfica), para serem classificados de acordo com o Índice de Sensibilidade Ambiental ao Derramamento de Óleo.

Os pontos de observação e as rotas de acessos para os segmentos foram registrados por meio de um GPS da marca Garmin, modelo Etrex® Venture®, marcando pontos do trajeto.

Para obtenção da declividade da praia e da face da praia foi utilizado um clinômetro no nível de maré e na pós-praia para retirada das respectivas declividades. A medida da largura da praia foi obtida por meio de uma trena, medindo desde a base da duna frontal até a linha d'água no momento da observação.

Na determinação da granulometria na zona de espraiamento foi empregada uma escala sedimentar desenvolvida pelo Centro de Estudos Costeiros – CECO, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Constituída de pequenas amostras de sedimentos com diversas frações de grãos, que variam de silte e argila (< 0,062 mm) até areia muito grossa (2,0 -1,0 mm)

### *Geoprocessamento*

A base cartográfica utilizou-se das cartas topográficas disponibilizadas pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) em arquivos digitais com escala 1:50.000, projeção UTM e Datum SAD 69. Foram utilizadas as seguintes folhas:

Folha Paulo Lopes SG-22-Z-D-V-4;  
Folha Imbituba SH-22-X-B-II-2;  
Folha Vila Nova SH-22-X-B-II-4;  
Folha Laguna SH-22-X-B-II-3;  
Folha Lagoa de Garopaba do Sul SH-22-X-B-V-1;  
Folha Jaguaruna SH-22-X-B-IV-2;  
Folha Rincão SH-22-X-B-IV-4;  
Folha Araranguá SH-22-X-B-IV-3;  
Folha Rio Sangrador SG-22-Z-D-I-1;  
Folha Sombrio SH-22-X-C-III-2;  
Folha Turvo SH-22-X-A-VI-4;  
Folha Torres SH-22-X-C-III4.

Como ferramenta computacional para manipular e analisar os dados adquiridos foi utilizado o software ArcMap versão 8.3 que compõe o pacote do Sistema de Informações Geográficas ArcGIS 8 (ESRI, 2002). Foram empregadas cartas de mapa digitais. A

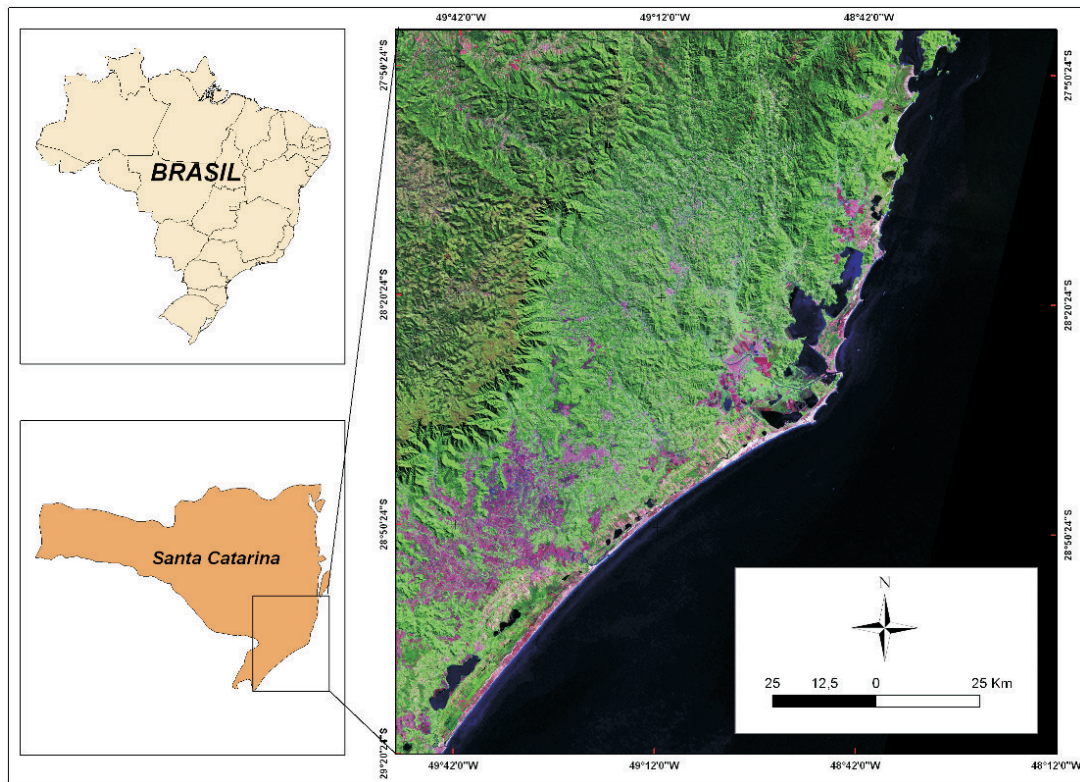


Figura 1 - Localização geográfica da área de estudo.

numeração foi obtida através do Atlas de Santa Catarina (GAPLAN, 1986).

A linha de costa foi extraída de arquivos digitais do IBGE. A segmentação da linha de costa foi feita a partir de imagens de satélite georeferenciada em formato GEOTIFF, LANDSAT 7/ETM+, Órbita 220 e Ponto 80, na composição das bandas 4, 5, 3, com fusão da banda PAN, e de cartas topográficas.

A partir da imagem de fundo, a linha de costa foi dividida em função da identificação das classes de praias, costões, rios e complexos lagunares.

Por fim, com as informações obtidas devidamente manipuladas, foram feitos os mapeamentos dos ISL da área de estudo e as cartas em escala operacional (1:50.000) foram geradas.

As presentes normas adotam um ISL, adaptado por Araújo *et al* (2000 apud SQA/MMA 2004a), baseado no NOAA, porém adaptados aos habitats e feições costeiras brasileiras.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com todos os dados necessários, obtidos a partir de bibliografias e do campo, o mapeamento do ISL para a área em questão foi concluído. Deste modo, as cartas, em escala 1:50.000, foram geradas no sistema

computacional escolhido. A linha de costa, limite entre a terra e a água, recebeu um código de cores de acordo com os índices de sensibilidade descritos no Quadro 1.

A aplicação da metodologia descrita nas Especificações e Normas Técnicas para Elaboração das Cartas SAO e a espacialização dos dados no SIG permitiram a classificação dos ISL.

Quinze cartas em escala operacional foram geradas com os ISL respectivos para cada ambiente classificado da área de estudo (Anexos 1 – 15). As articulações das cartas podem ser vistas na Figura 3.

### *Mapeamento do Índice de Sensibilidade do Litoral*

Na área de estudo em questão foram individualizados 87 segmentos, totalizando uma área de 819,82 quilômetros de extensão, dentre os quais, cada um representa um índice de sensibilidade do litoral específico, verificados a partir dos dados e das Especificações e Normas Técnicas para Elaboração das Cartas SAO.

O primeiro segmento foi denominado por Praia da Pinheira, no município de Palhoça, correspondente a região sudeste do Estado. Enquanto o ultimo, localizado no extremo sul do Estado de Santa Catarina, foi nomeado por Molhe de Mampituba, pertencente ao município de Passos de Torres.

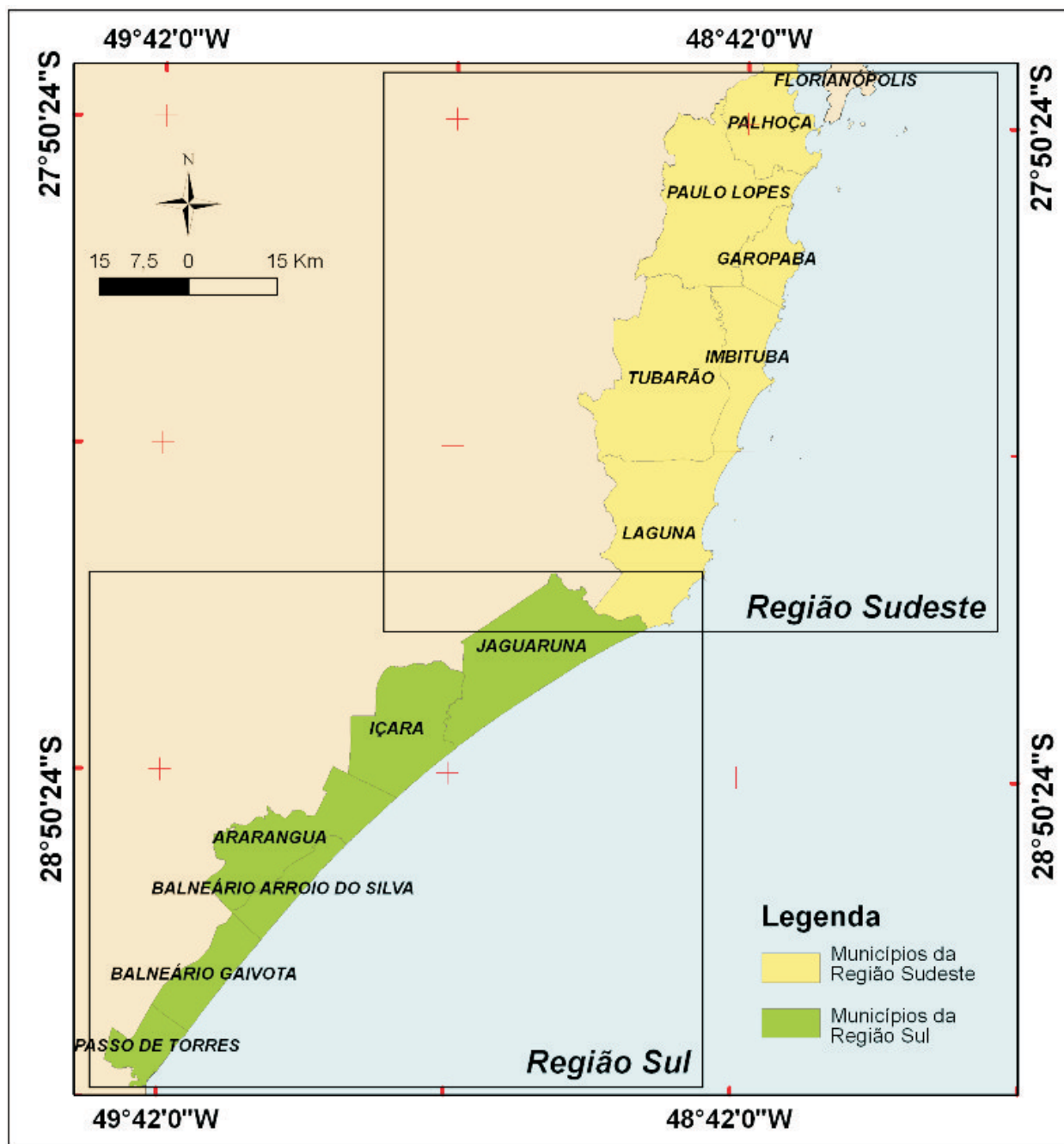


Figura 2 - Divisão da área de estudo. Regiões Sudeste e Sul.

O ISL 3 que classifica ambientes com substratos semipermeáveis, onde ocorre baixa penetração/soterramento de petróleo, ou seja, praias dissipativas de areia média a fina expostas, representou 23,20% da área, aproximadamente 190 quilômetros de linha de costa, constituído por 41 segmentos. Enquanto o ISL 10 foi o que teve maior incidência, representando 68,06% da área total. Representado por apenas nove segmentos, porém bastante extensos 557,93 quilômetros (Tabela 1). Entretanto não foi constatado

nenhum manguezal na área em questão, apenas segmentos de rios com margens vegetadas por marismas.

O ISL 6, caracterizado por substrato rochoso com muitas reentrâncias, representou 5,98% da área em questão, totalizando uma extensão de 49,06 quilômetros (Tabela 1). O ISL 4 representou 1,86% da área total, cerca de 15 km de extensão. O índice 1 foi imposto às plataformas de pesca, sendo 0,15% da área, 1,24 quilômetros de extensão. O ISL 2 totalizou 1 quilometro,

Quadro 1 - Definição do ISL a partir de dados específicos (modificada da tabela do NOAA) (fonte: SQA/ MMA, 2004a).

Geomorfologia do Litoral	Grau de exposição das ondas	Inclinação	Tipo de substrato	Penetração do óleo no substrato	ISL	Cor correspondente						
Costões rochosos expostos, estruturas artificiais impermeáveis	Alto	>30°	Costão rochoso	Impermeável	1	<table border="1"><tr><td>R</td><td>G</td><td>B</td></tr><tr><td>119</td><td>38</td><td>155</td></tr></table>	R	G	B	119	38	155
R	G	B										
119	38	155										
Plataformas erodidas pela ação das ondas	Alto	<30°	Leito rochoso	Impermeável	2	<table border="1"><tr><td>R</td><td>G</td><td>B</td></tr><tr><td>174</td><td>153</td><td>191</td></tr></table>	R	G	B	174	153	191
R	G	B										
174	153	191										
Praias de areia fina ou média	***	<5°	Areia fina a média (0.06 a 1 mm)	Semipermeável (<10 cm)	3	<table border="1"><tr><td>R</td><td>G</td><td>B</td></tr><tr><td>0</td><td>151</td><td>212</td></tr></table>	R	G	B	0	151	212
R	G	B										
0	151	212										
Praias de areia e cascalho	***	5 – 15°	Areia grossa/ grânulo (2 – 4 mm)	Permeável (? 25 cm)	4	<table border="1"><tr><td>R</td><td>G</td><td>B</td></tr><tr><td>146</td><td>209</td><td>241</td></tr></table>	R	G	B	146	209	241
R	G	B										
146	209	241										
Praias de areia e cascalho	***	8 – 15°	Areia e cascalho	? 50 cm	5	<table border="1"><tr><td>R</td><td>G</td><td>B</td></tr><tr><td>152</td><td>206</td><td>201</td></tr></table>	R	G	B	152	206	201
R	G	B										
152	206	201										
Praias de cascalhos e enrocamentos	***	10 – 20°	Cascalho	Altamente permeável (? 100 cm)	6	<table border="1"><tr><td>R</td><td>G</td><td>B</td></tr><tr><td>0</td><td>149</td><td>32</td></tr></table>	R	G	B	0	149	32
R	G	B										
0	149	32										
Áreas intermarés planas expostas	Variável de alto a médio	< 3°	Areia	Penetração limitada	7	<table border="1"><tr><td>R</td><td>G</td><td>B</td></tr><tr><td>214</td><td>186</td><td>0</td></tr></table>	R	G	B	214	186	0
R	G	B										
214	186	0										
Costões rochosos abrigados	Baixo	> 15°	Leito rochoso (algum sedimento)	***	8	<table border="1"><tr><td>R</td><td>G</td><td>B</td></tr><tr><td>225</td><td>232</td><td>0</td></tr></table>	R	G	B	225	232	0
R	G	B										
225	232	0										
Áreas intermarés planas abrigadas	Baixo	< 3°	Lamoso	Baixa permeabilidade	9	<table border="1"><tr><td>R</td><td>G</td><td>B</td></tr><tr><td>248</td><td>163</td><td>0</td></tr></table>	R	G	B	248	163	0
R	G	B										
248	163	0										
Marismas e manguezais	Médio a baixo	< 10 °	Areia lamosa	Baixa Permeabilidade	10	<table border="1"><tr><td>R</td><td>G</td><td>B</td></tr><tr><td>214</td><td>0</td><td>24</td></tr></table>	R	G	B	214	0	24
R	G	B										
214	0	24										

cerca de 0,12%. O ISL 8 também não alcançou 1%, porém tem grande importância ambiental, visto que é um índice sensível ao derramamento de óleo. Considerando que os ISL's são índices que auxiliam na manutenção, precaução e limpeza de óleo. A área de estudo não classificou segmento com ISL 5, 7 e 9.

Na Porção Sudeste da área, o ISL 10, representado pelo rio da Guarda do Embaú e as lagoas do Macacu, da Ibraquera, de Santo Antônio, Mirim e Imaruí, de Santa Marta e do Camacho tiveram maior representatividade (Fig. 4). Na Porção Sul este índice

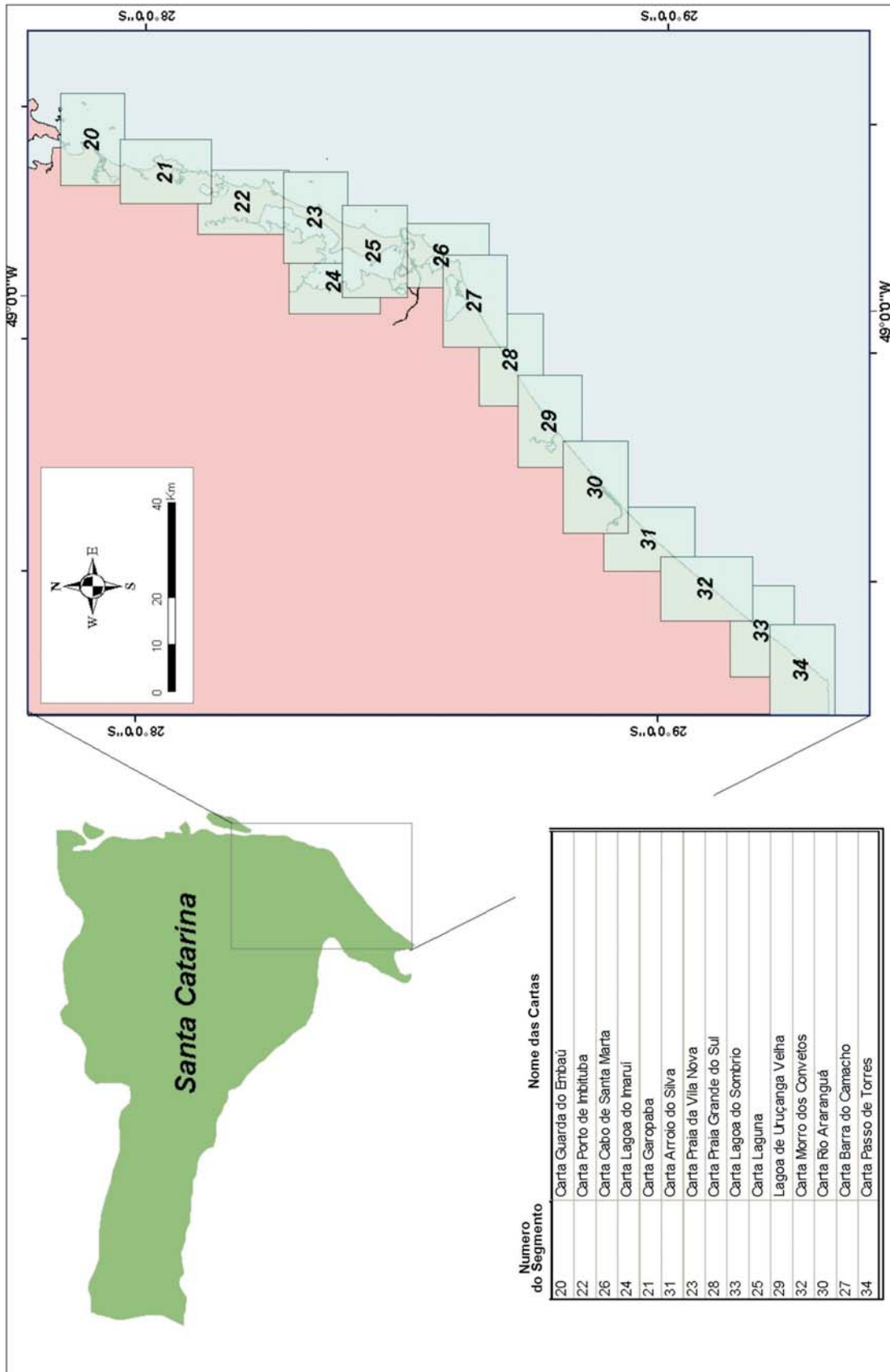


Figura 3 - Articulação das Cartas Operacionais na área de estudo.

foi representado pelos rios Mampituba, Araranguá e Urussanga (Fig. 5).

O ISL 3 foi mais representativo na Região Sul correspondente a 48% da região, distinto da região Sudeste, com apenas 11% da região total. Na região Sul, o ISL 1 referente às Plataformas de Pesca totalizou três segmentos, 0,48% da porção (Fig. 5).

O Molhe de Mampituba composto por estruturas artificiais, localizado na Região Sul, é classificado pelo ISL 6 correspondendo a 11,97% da região total. Entretanto na Região Sudeste este índice é representado pelos costões rochosos com muitas reentrâncias,

correspondendo a 37% da superfície desta área (Fig. 4). O ISL 4 na Região Sudeste apareceu em cerca de nove quilômetros de extensão enquanto na Região Sul alcançou seis quilômetros.

Comparando as duas regiões, pode-se dizer que a região Sudeste é mais sensível do que a região Sul, devido a grande extensão de ISL 10, considerado o mais sensível dos índices.

O limite de alcance do óleo dentro de corpos d'água, com ocorrência de derramamento em alto mar, fica a critério do observador. Contudo neste caso, o óleo pode ser transportado para dentro dos complexos lagunares em função do vento nordeste, que na área de estudo é predominante e forte. Por este motivo a extensão do ISL 10 é superestimada.

Tabela 1 - Extensão total dos segmentos e a respectiva porcentagem representada na área total.

ISL	Número de segmentos	Extensão total dos segmentos (m)	Porcentagem da área de estudo (%)
ISL 1	3	1.238,03	0,15
ISL 2	2	1.009,79	0,12
ISL 3	41	190.160,44	23,20
ISL 4	3	15.263,05	1,86
ISL 5	0	0,00	0,00
ISL 6	26	49.061,96	5,98
ISL 7	0	0,00	0,00
ISL 8	3	5.156,36	0,63
ISL 9	0	0,00	0,00
ISL 10	9	557.930,88	68,06
Total	87	819820,52	100,00

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

a) A metodologia presente nas Especificações e Normas Técnicas para Elaboração de Cartas de Sensibilidade Ambiental mostrou-se eficiente para visualização e determinação das características que originam e distinguem cada índice de sensibilidade do litoral da rea.

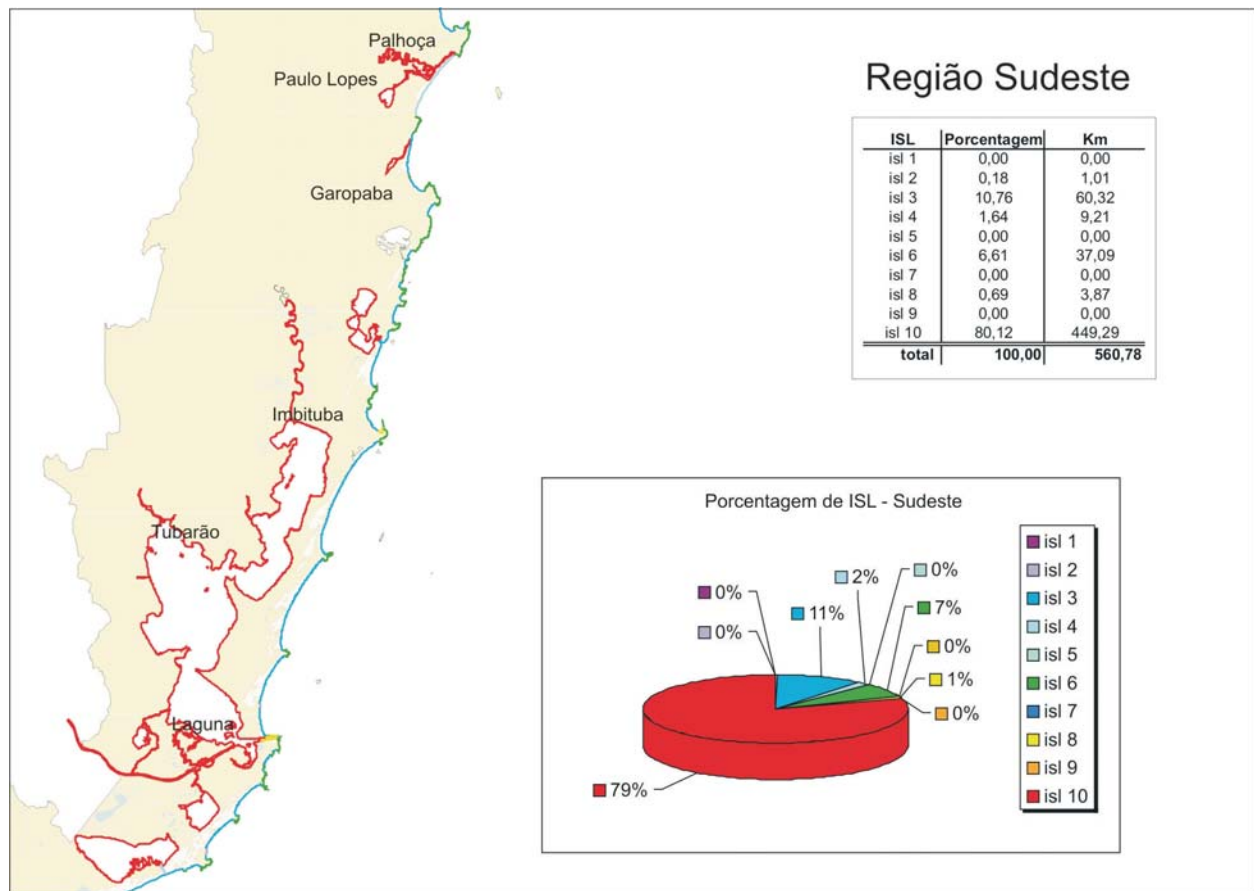


Figura 4 - Ilustração dos ISL determinados na porção sudeste.

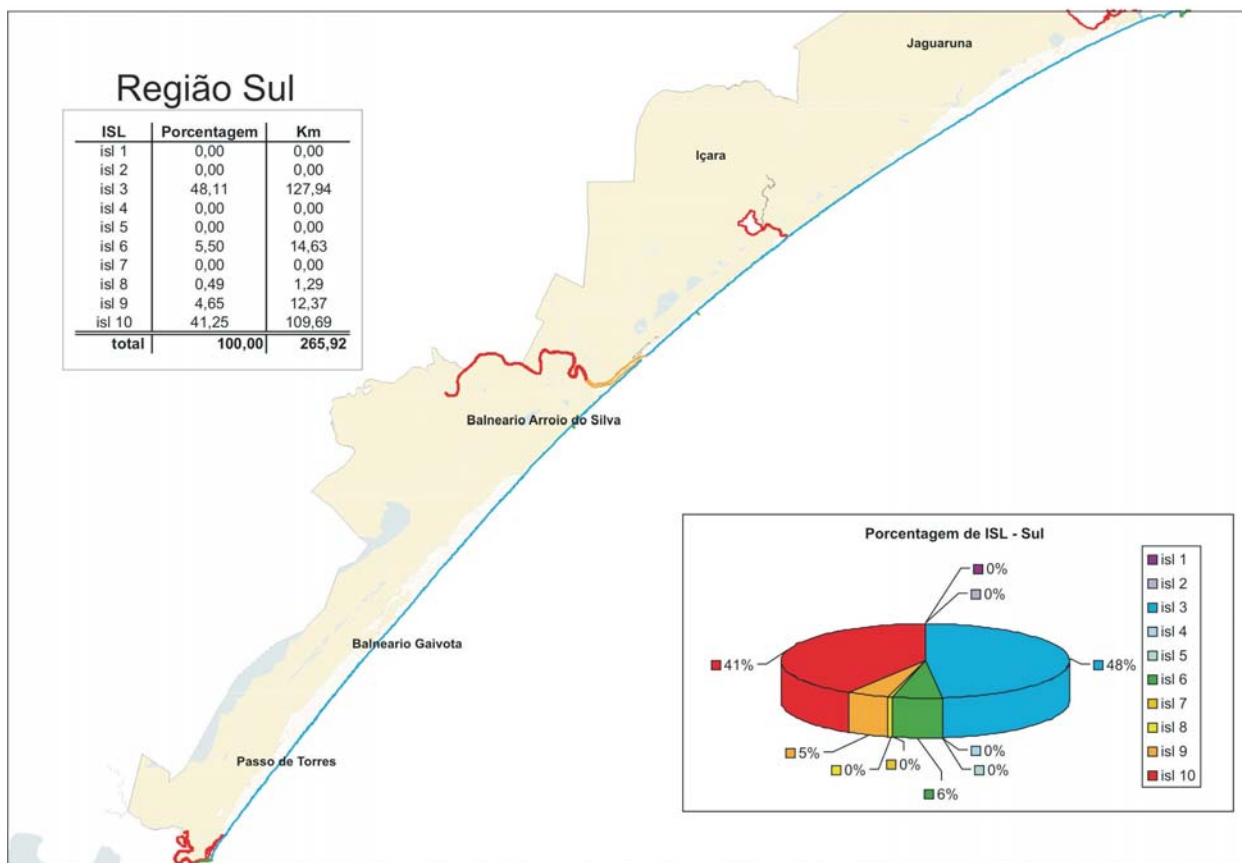


Figura 5 - Ilustração dos ISL determinados na porção sul.

b) Devido às características geomorfológicas da área de estudo, as praias dissipativas (ISL 3) tiveram maior representatividade em números de segmentos (41), em especial na porção sul.

c) A geomorfologia da área de estudo não agrega características compatíveis aos ISL 5, 7 e 9, não sendo descritos no presente trabalho.

d) A Região Sudeste do Estado de Santa Catarina é mais sensível ao derramamento de óleo que a Região Sul.

e) De acordo com o mapeamento a maior extensão dos segmentos é representada por margens vegetadas dos rios e dos complexos lagunares da região que correspondem ao ISL 10, com 558 quilômetros.

f) As margens vegetadas da área de estudo são compostas por marisma, não havendo ocorrência de manguezais.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho é uma contribuição do Projeto Organização do Atlas de Sensibilidade Ambiental ao Óleo da Bacia Sedimentar Marítima de Santos, desenvolvido com recursos do CNPq (Processo nº. 403756/04-9). Os autores agradecem ao CTTMAR/UNIVALI pelas facilidades.

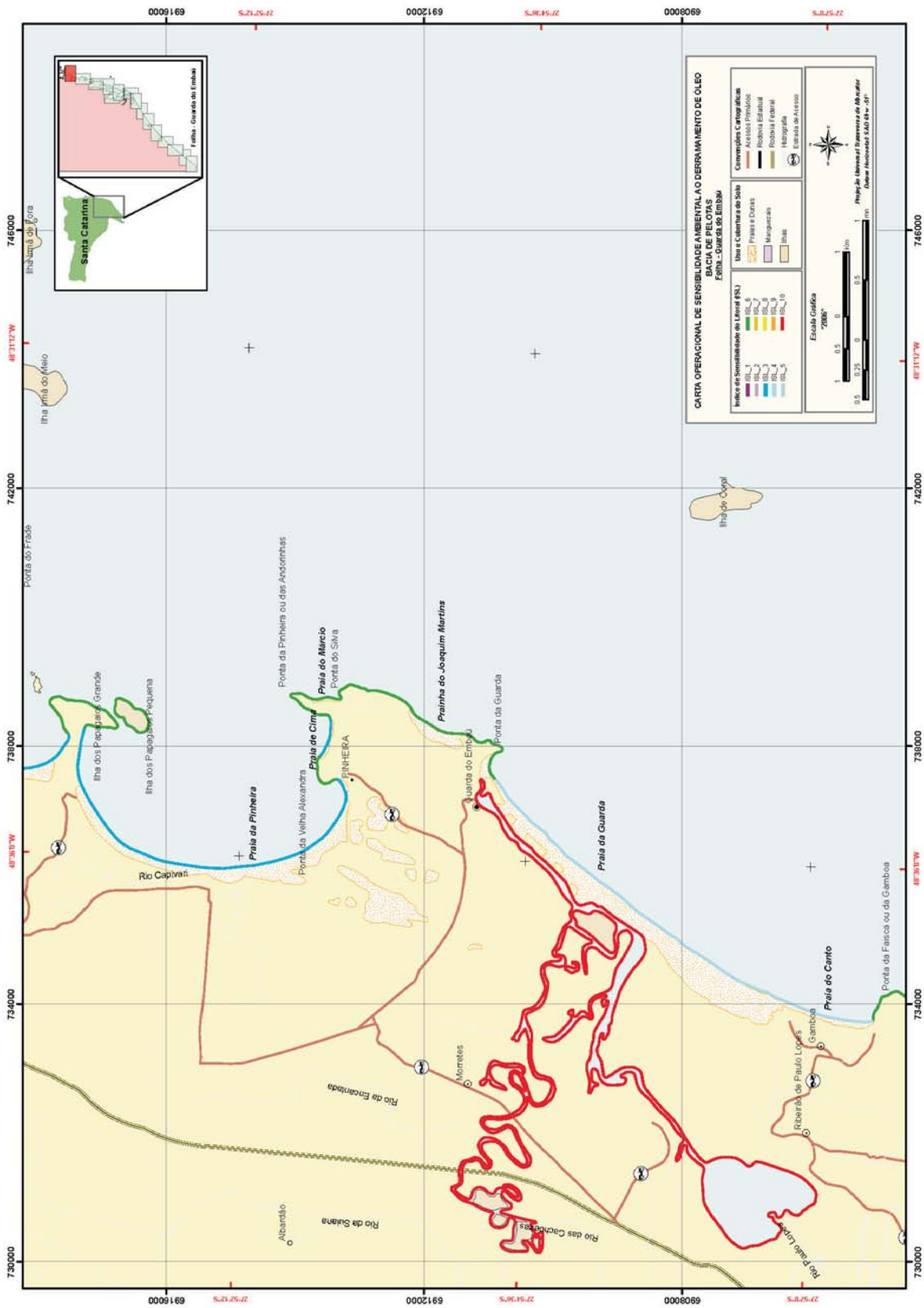
## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Caruso Jr., F. 1995. Geologia e Recursos Minerais da Região Costeira do Sudeste de Santa Catarina: com Ênfase no Cenozóico. Tese mestrado, UFRGS. Rio Grande do Sul. 167p.
- Carvalho, M. 2003. Mapeamento da Sensibilidade ao Impacto por Óleo de um Segmento da Costa entre os Estados do Rio Grande do Norte e Ceará Utilizando Imagens ETM+/Landsat 7 e Geoprocessamento. Dissertação de mestrado, Inst. Pesq. Espaciais - INPE. 253 p.



- Esri 1999-2002. Arcmap™ for windows version 8.3. Redlands. Environmental system research institute. Cdrom.
- Figueiredo, L.F.G. 2000. Sistema de Apoio Multicritérios para Aperfeiçoamento de Mapas de Sensibilidade Ambiental ao Derrame de Petróleo na Região de Santa Catarina. Tese Doutorado. UFSC. Florianopolis. 184p.
- Fingas, M. F. 2001. The Basics of oil spill cleanup. 2. ed. Boca Raton, Fla: Lewis Publishers, 233p.
- GAPLAN/SC. Atlas de Santa Catarina. 1986. Rio de Janeiro: aerofoto cruzeiro. 176 p.
- Secretaria de qualidade ambiental, ministério do meio ambiente, Brasil (SQA/MMA). 2004a. Especificações e normas técnicas para elaboração de cartas de sensibilidade ambiental para derramamentos de óleo/ Ministério Do Meio Ambiente. Secretaria de qualidade ambiental nos assentamentos humanos. Programa de gerenciamento ambiental territorial. Projeto de gestão integrada dos ambientes costeiro e marinho. Brasília: Ministério Do Meio Ambiente, 107p.
- Secretaria de Qualidade Ambiental, Ministério do Meio Ambiente, Brasil (SQA/MMA). 2004b. Atlas de Sensibilidade Ambiental ao Óleo das Bacias do Ceará e Potiguar (material cartográfico). Programa de Gerenciamento Territorial. Projeto Gestão Integrada do Ambiente Costeiro e Marinho. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 55p.

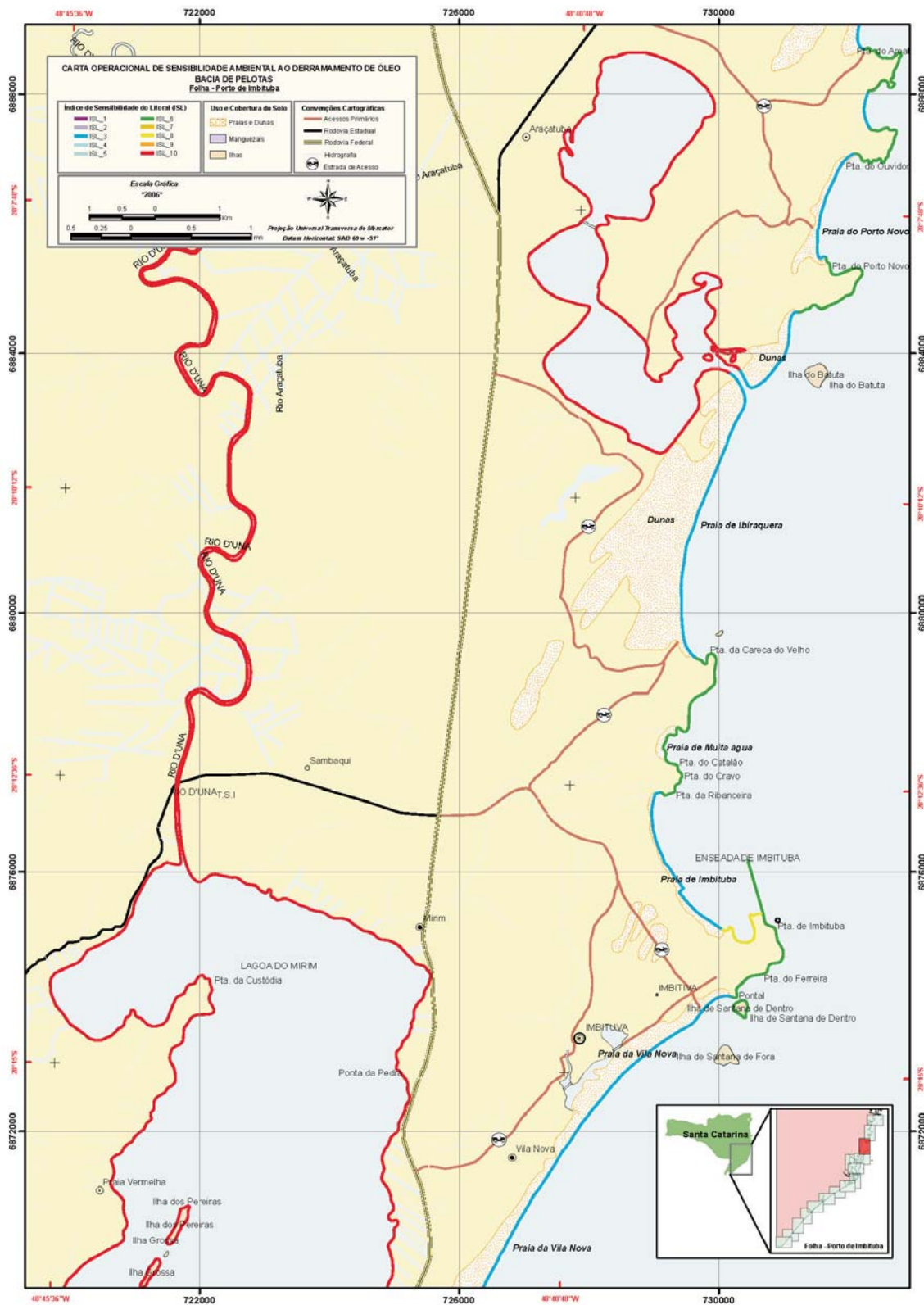
Received: August 11, 2008  
Accepted: November 14, 2008



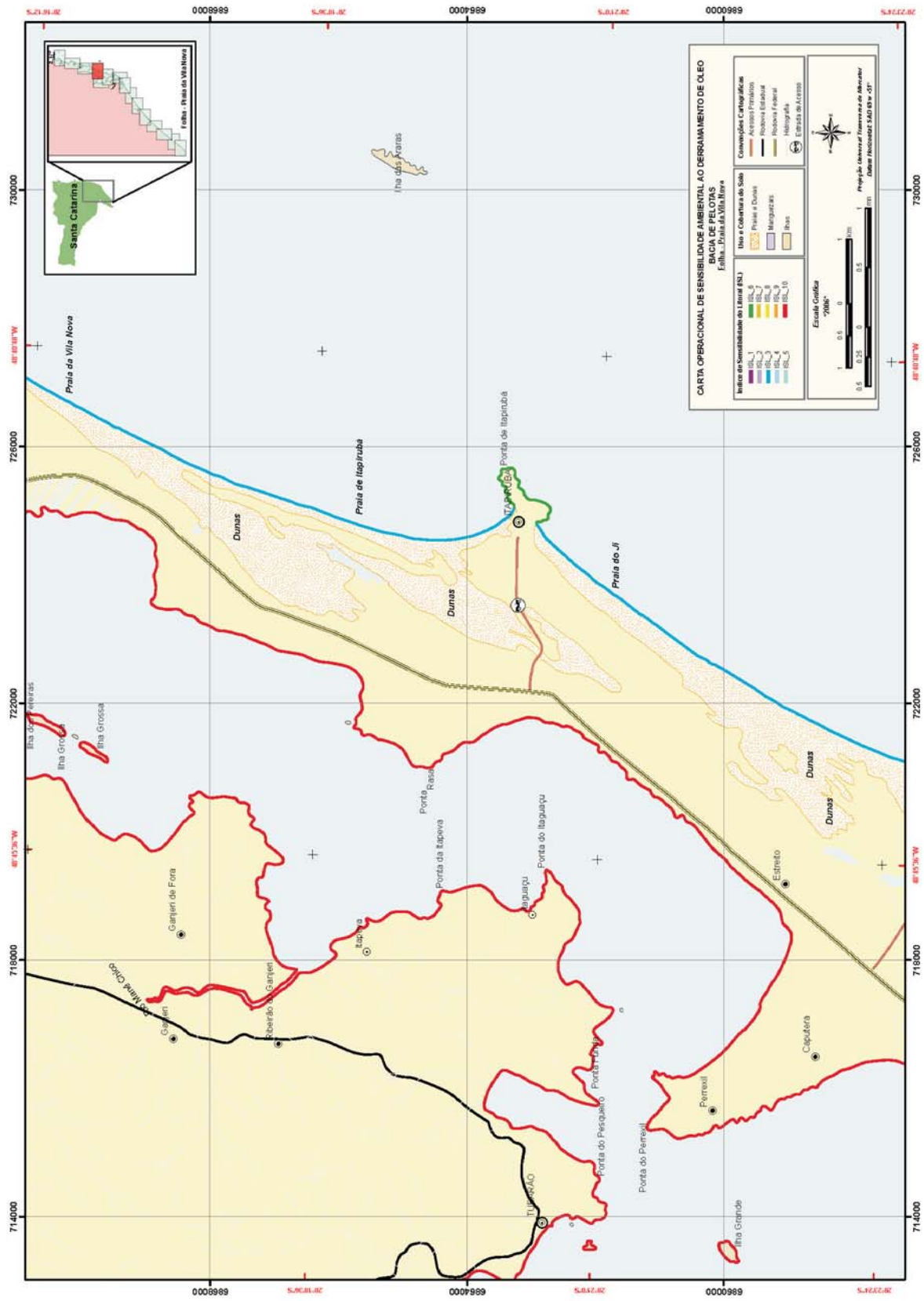
Anexo 1 – Folha Guarda do Embuá.



Anexo 2 – Folha Garopaba.



Anexo 3 - Folha Porto de Imbituba.



Anexo 4 – Folha Praia da Vila Nova.







Anexo 7 – Folha Cabo de Santa Marta.

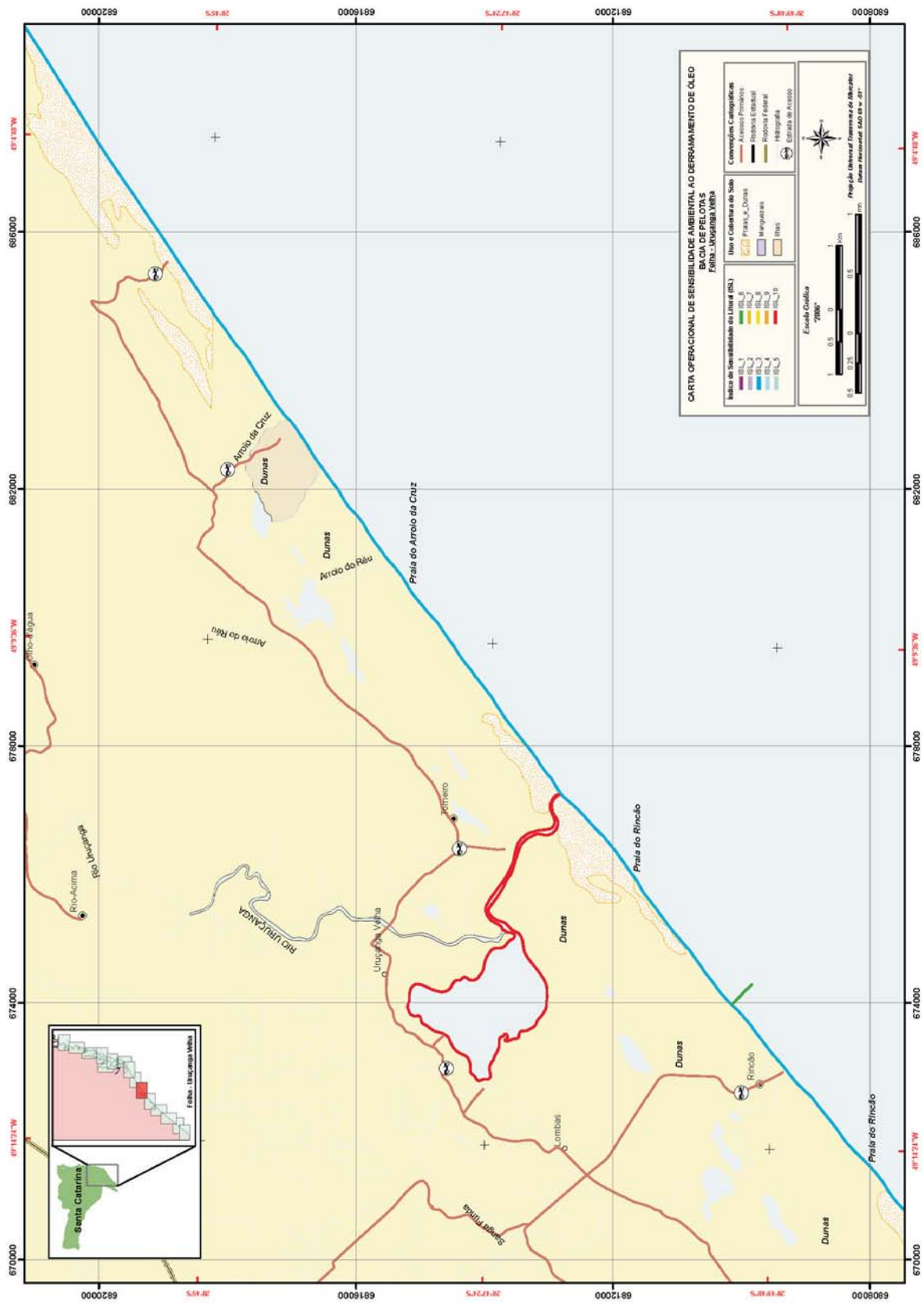




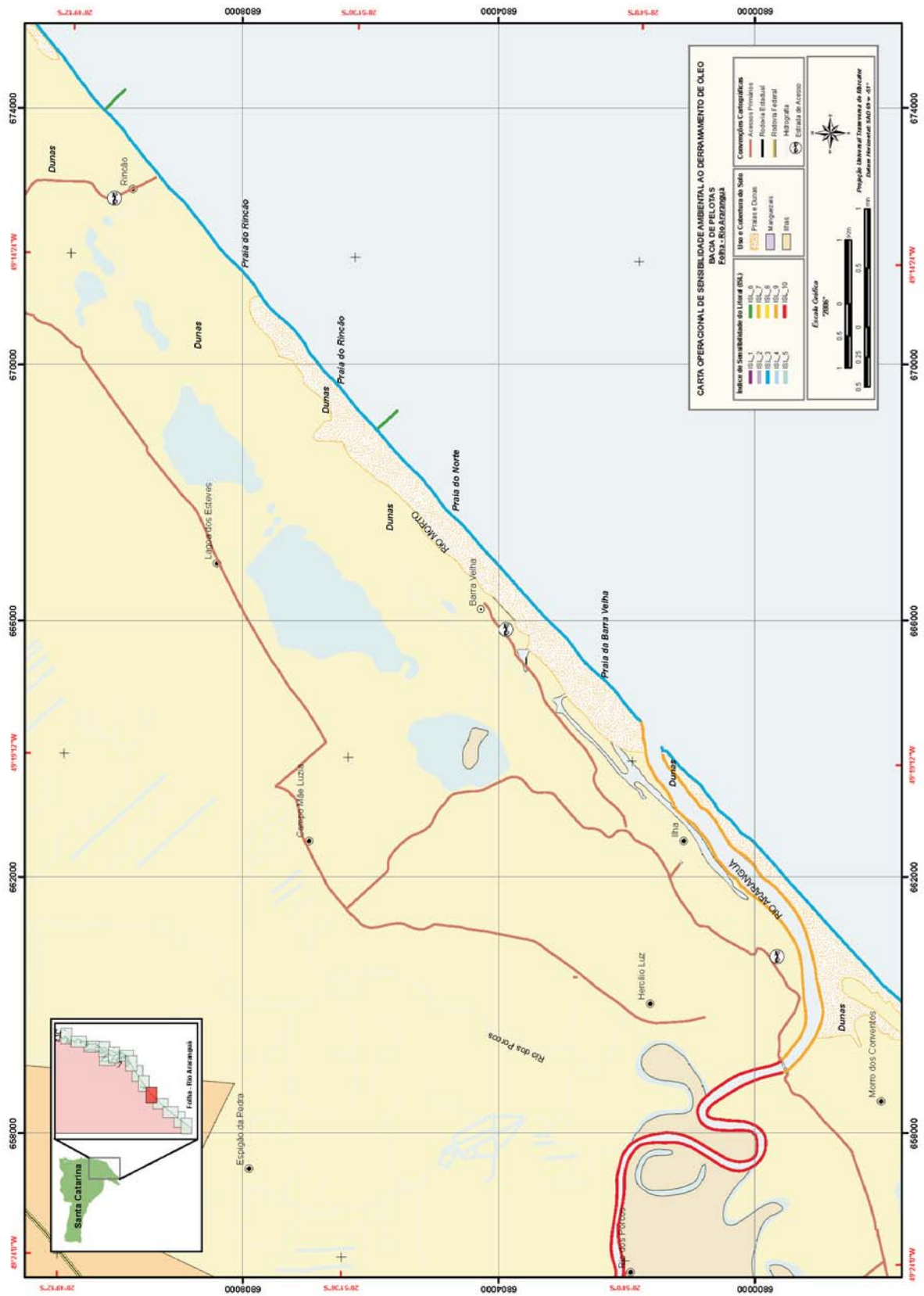
Anexo 8 – Folha Barra do Camacho.



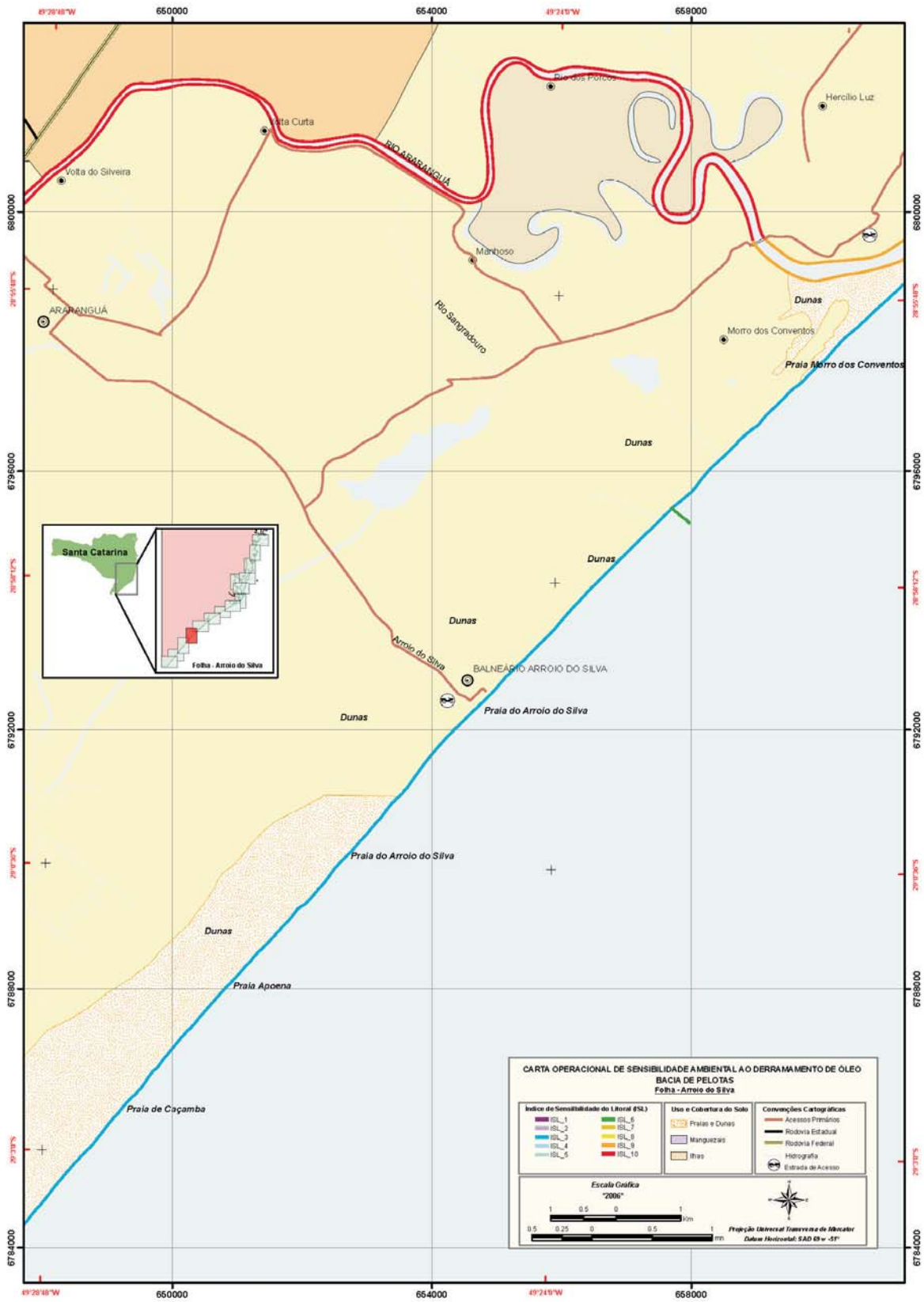
Anexo 9 – Folha Praia Grande do Sul.



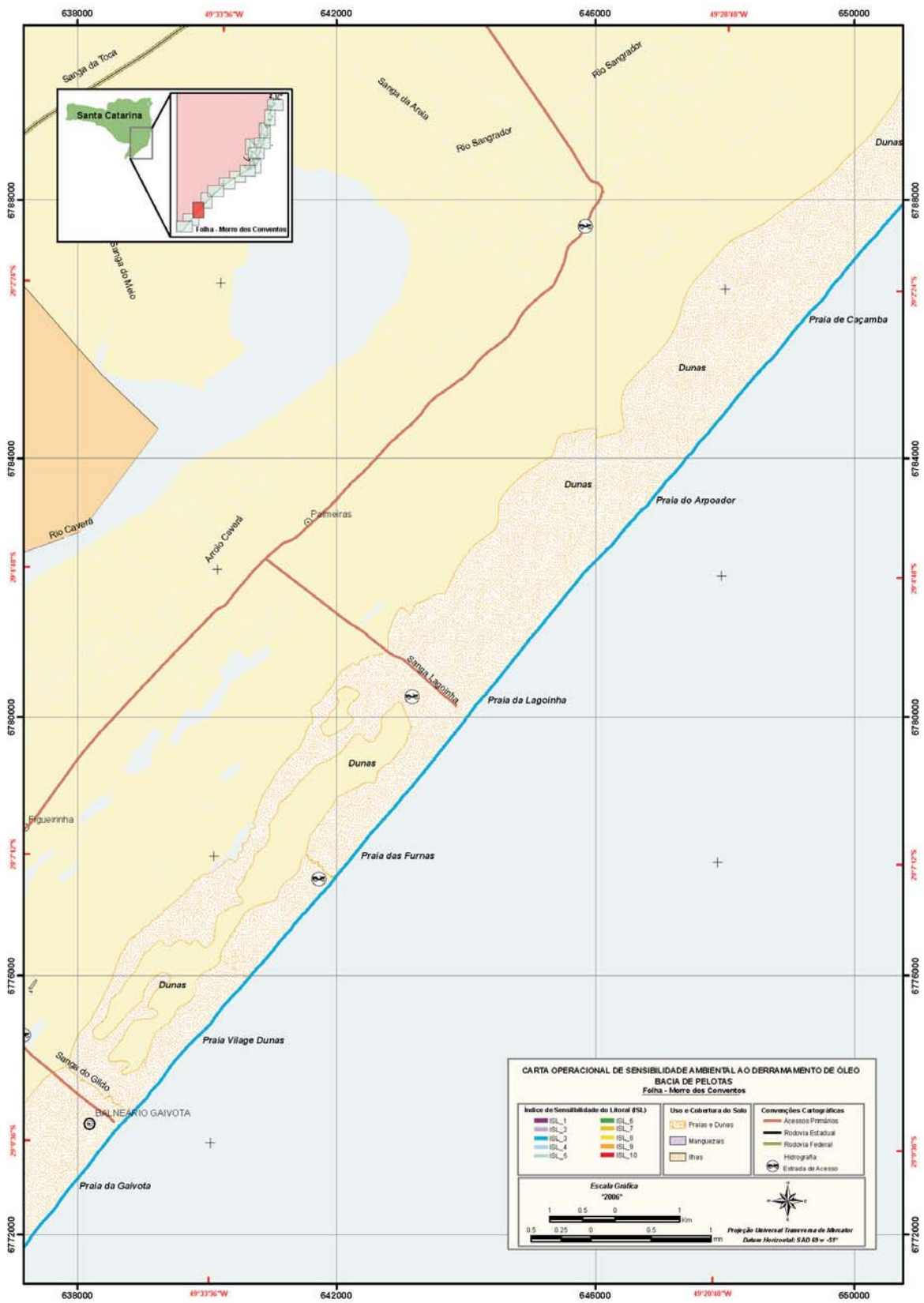
Anexo 10 – Folia Urucanga Velha.



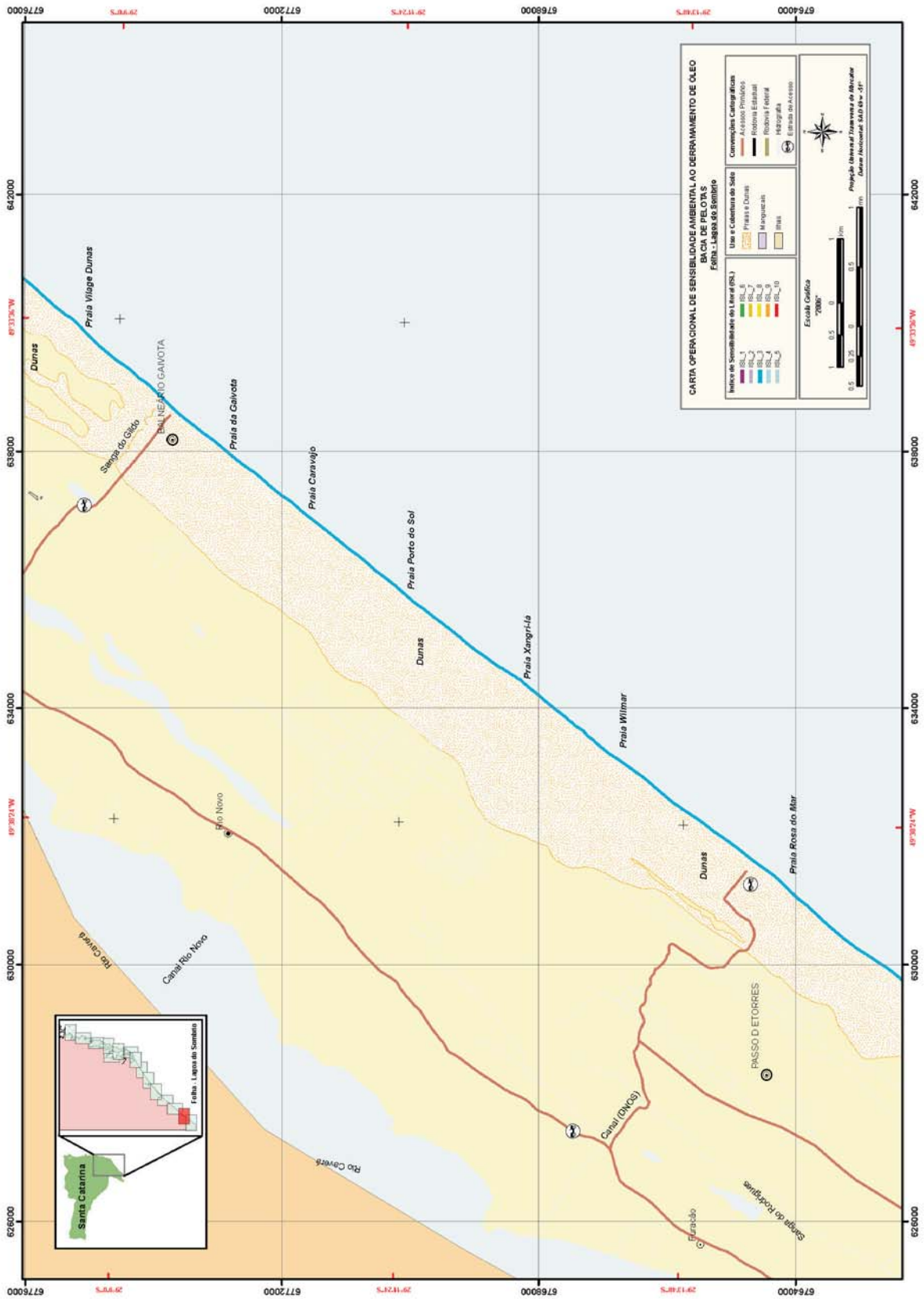
Anexo 11 – Folha Rio Araranguá.



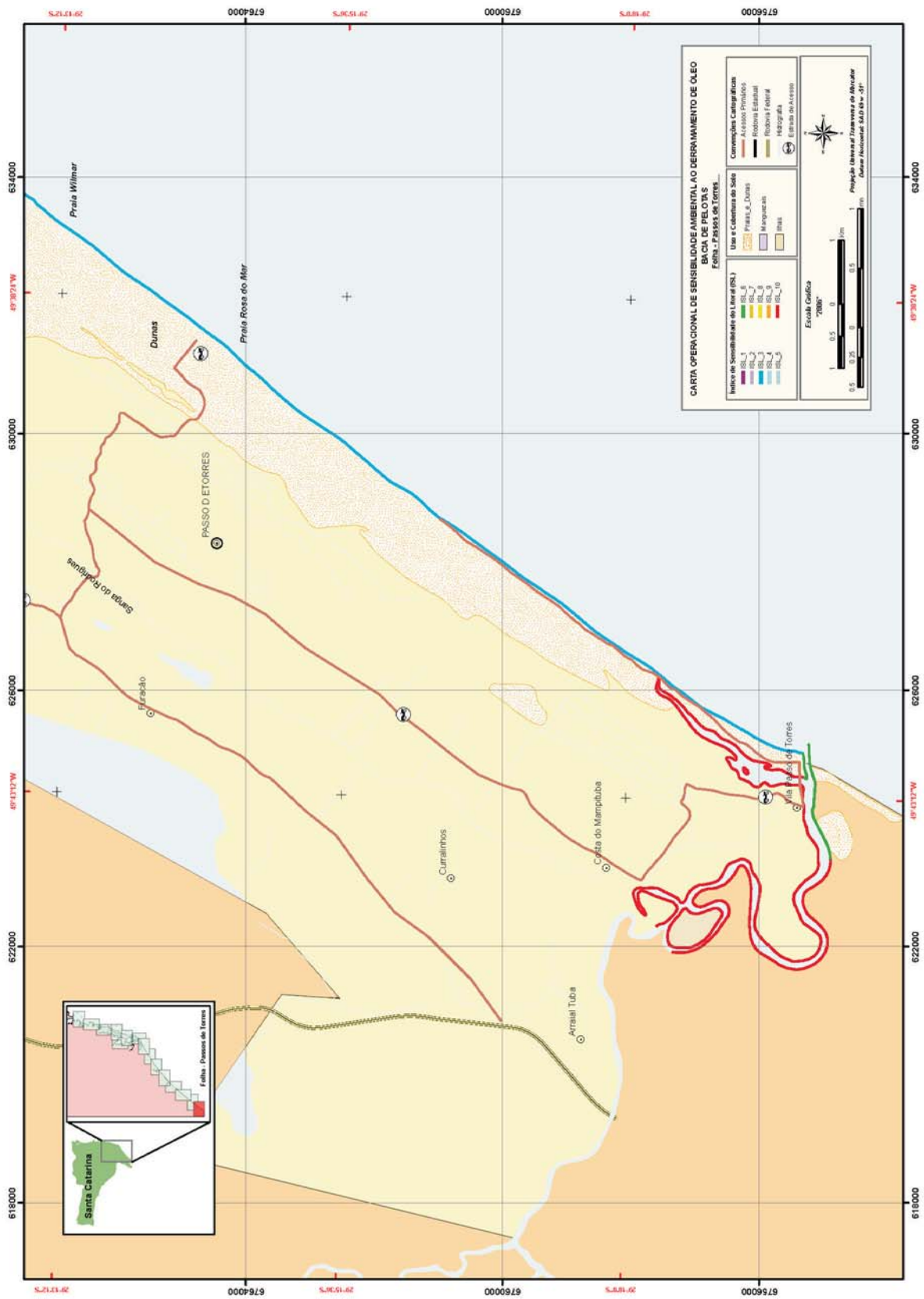
Anexo 12 – Folha Arroyo do Silva.



Anexo 13 – Folha Morro dos Conventos.



Anexo 14 – Folha Lagoa do Sombrio.



Anexo 15 – Folha Passos de Torres.