

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
CENTRO ESTADUAL DE PESQUISAS EM SENSORIAMENTO REMOTO  
E METEOROLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO

Janusa Borsatto Sbruzzi

**ANÁLISE DA DINÂMICA DA EMBOCADURA DA LAGOA DO PEIXE – RS  
UTILIZANDO DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO ORBITAL**

Porto Alegre, novembro de 2015

Janusa Borsatto Sbruzzi

**ANÁLISE DA DINÂMICA DA EMBOCADURA DA LAGOA DO PEIXE – RS  
UTILIZANDO DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO ORBITAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito para obtenção do grau de Mestre em Sensoriamento Remoto.

Orientadora: Profa. Dra. Eliana Lima da Fonseca

Porto Alegre, novembro de 2015

Janusa Borsatto Sbruzzi

**ANÁLISE DA DINÂMICA DA EMBOCADURA DA LAGOA DO PEIXE – RS  
UTILIZANDO DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO ORBITAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito para obtenção do grau de Mestre em Sensoriamento Remoto.

Aprovada em:

---

Profa. Dra. Eliana Lima da Fonseca- orientadora

---

Profa. Dra. Dejanira Luderitz Saldanha (UFRGS)

---

Prof. Dr. Sérgio Florêncio de Souza (UFRGS)

---

Prof. Dr. Luís Alberto Basso (UFRGS)

## **UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**

**Reitor:** Carlos Alexandre Netto

**Vice-Reitor:** Rui Vicente Oppermann

### **INSTITUTO DE GEOCÊNCIAS**

**Diretor:** André Sampaio Mexias

**Vice-Diretor:** Nelson Luiz Sambaqui Gruber

Sbruzzi, Janusa Borsatto

Análise da dinâmica da embocadura da Lagoa do Peixe – RS utilizando dados de sensoriamento remoto orbital. / Janusa Borsatto Sbruzzi. - Porto Alegre : IGEO/UFRGS, 2015.  
[66 f.] il.

Dissertação (Mestrado). - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia. Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto. Porto Alegre, RS - BR, 2015.

Orientador: Eliana Lima da Fonseca

1. Sensoriamento Remoto. 2. Embocadura da lagoa.
3. Canal da Lagoa do Peixe. 4. Precipitação. 5. Classificação de imagens. I. Título.

---

Catálogo na Publicação  
Biblioteca Geociências - UFRGS  
Renata Cristina Grun CRB 10/1113

*Dedico aos meus pais, Jandir Sbruzzi e  
Neusa Maria Sbruzzi.*

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais e aos meus irmãos, pelo amor, carinho e apoio incondicional.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul e ao Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto, pela possibilidade de cursar um ensino superior gratuito e de qualidade.

Aos professores e colegas do curso de pós-graduação em Sensoriamento Remoto, e em especial ao colega Henrique Cunha pelas dúvidas sanadas com o software. À professora Dejanira Saldanha pelo carinho, atenção e paciência e à minha orientadora Eliana Fonseca, responsável pela criação do projeto e orientação do trabalho, a quem sou grata pela oportunidade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de pós-graduação.

Ao INPE, professores, colegas e amigos, pela estrutura disponibilizada, pela recepção, hospitalidade e contribuição durante o período de intercâmbio em São José dos Campos/SP, em especial à Luciane Favareto e Mainara Biazati Gouveia.

Ao namorado Anderson Almeida e aos amigos que sempre estiveram presentes, apoiando em todos os momentos.

A todos que de alguma forma contribuíram na realização deste trabalho.

E por fim, mas não menos importante, a Deus.

***“Não é no conhecimento que está o fruto, é na arte de aprendê-lo.”***

**Bernardo de Claravel**

## RESUMO

As zonas costeiras são regiões do planeta de elevada dinâmica geomorfológica, nas quais processos de erosão e deposição atuam em escalas temporais distintas. A abertura e fechamento sazonal do canal da Lagoa do Peixe - RS, têm influência direta sobre a biota aquática e terrestre bem como a agricultura e pecuária dos arredores deste corpo d'água. O objetivo geral desse trabalho foi analisar o processo de ligação da Lagoa do Peixe com o oceano Atlântico, utilizando imagens multitemporais de sensores orbitais visando identificar e quantificar as alterações espaciais e avaliar essa dinâmica com base na precipitação pluvial da região. Foram utilizadas imagens de satélite adquiridas entre 1985 a 2014 para gerar mapas temáticos da região do canal da Lagoa do Peixe. Os mapas foram feitos utilizando a técnica de fatiamento de imagens, gerando mapas temáticos binários com as classes água e não água. Verificou-se que existe relação direta entre a abertura natural do canal com a precipitação mensal acima da média, principalmente na estação da primavera. A precipitação pluvial mostrou influir diretamente na área alagada do canal, porém, a intervenção humana, por motivos econômicos, ainda é a principal causa das mudanças volumétricas e da abertura do canal.

**Palavras-chave:** geomorfologia, hidrologia, fatiamento de imagens



## **ABSTRACT**

The coastal zones are regions of great geomorphological dynamic where erosion and deposition processes operating on different time scales. The seasonal opening and closing of the Lagoa do Peixe channel (Brazil- RS), have a direct influence on aquatic and terrestrial biota as well as agriculture and livestock activities. The aim of this study were to analyze the connection process between Lagoa do Peixe and the Atlantic Ocean, using multi-temporal images of orbital sensors to identify and quantify the spatial changes and its dynamic based on the rainfall in the region. Satellite images acquired between 1985 to 2014 were used to generate thematic maps of Lagoa do Peixe channel. These maps were made using the slicing images technique, generating a binary thematic maps dataset with two classes, water and no water. It was found a direct relationship between the natural opening and monthly rainfall above the average, especially in springtime. Rainfall showed directly influence the flooded channel area, however, the human intervention, for economic reasons, it is still the leading cause of volumetric changes and channel opening.

**Keywords:** geomorphology, hydrology, image sliced

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	12
1.1. Objetivos .....	13
1.2. Justificativa.....	13
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
2.1 Lagoas costeiras .....	15
2.1.1 Lagoas Intermitentes .....	16
2.1.1.1 Lagoas intermitentes no Rio Grande do Sul .....	17
2.2. Sensoriamento remoto aplicado aos ambientes costeiros .....	18
2.2.1. Comportamento espectral de alvos naturais.....	19
2.2.1.1 Comportamento espectral dos corpos d' água .....	20
2.3. Geração de mapas temáticos a partir da técnica de fatiamento .....	20
2.4. Sensores orbitais de alta resolução com livre distribuição de imagens no Brasil .....	20
3. ÁREA DE ESTUDO.....	23
3.1. Descrição do local.....	23
3.2. O clima da área de estudo .....	25
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	27
4.1. Período de estudo.....	27
4.2. Dados de sensoriamento remoto orbital .....	27
4.2.1. Georreferenciamento .....	28
4.2.2. Geração dos mapas temáticos e cálculo de áreas .....	29
4.3. Dados meteorológicos .....	30
4.4. Trabalho em campo .....	31
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
5.1 Morfologia do canal da Lagoa do Peixe .....	34
5.2. Influência da precipitação pluvial na área do canal.....	36
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	41
BIBLIOGRAFIA .....	43
APÊNDICE A.....	51
APÊNDICE B.....	52

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Classificação geomorfológica das lagoas costeiras. ....	16
<b>Figura 2.</b> Lagoas costeiras do Rio Grande do Sul.....	18
<b>Figura 3.</b> Reflectância espectral dos alvos naturais .....	19
<b>Figura 4.</b> Mapa de localização da área de estudo.....	23
<b>Figura 5.</b> Fotografia aérea da desembocadura da Lagoa do Peixe-RS.....	24
<b>Figura 6.</b> Fluxograma da metodologia utilizada.....	28
<b>Figura 7.</b> Exemplo de mapa gerado sobre a área da embocadura do canal. ....	29
<b>Figura 8.</b> Imagem da margem norte da desembocadura da Lagoa do Peixe-RS.....	31
<b>Figura 9.</b> Imagem da margem sul da desembocadura da Lagoa do Peixe-RS. ....	31
<b>Figura 10.</b> Mapas temáticos da abertura natural do canal da Lagoa do Peixe-RS...	35
<b>Figura 11.</b> Gráfico da área do canal da Lagoa do Peixe em relação à precipitação no município de Mostardas/RS .....	37
<b>Figura 12.</b> Gráficos anuais da relação entre o estado do canal da Lagoa do Peixe e a precipitação do município de Mostardas .....	39

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Resoluções dos sensores CCD, TM, ETM+,OLI e LISS-3.....	22
<b>Tabela 2.</b> Dados mensais de abertura e fechamento do canal da Lagoa do Peixe no período de 1985 a 2014 .....	33
<b>Tabela 3.</b> Número de observações do estado do canal da Lagoa do Peixe e a porcentagem mensal correspondente no período de 1985 a 2014 .....	34

## 1. INTRODUÇÃO

As zonas costeiras são regiões do planeta de elevada dinâmica nas quais processos (ondas, vento, precipitação entre outros) atuam em escalas temporais distintas, modificando o arranjo espacial destes locais. No Rio Grande do Sul, encontramos nestas zonas um sistema lagunar holocênico composto por corpos aquáticos costeiros (lagos e lagoas), sistemas aluviais (rios meandantes e canais inter-lagunares), sistemas deltaicos e sistemas paludais (TOMAZELLI; VILLWOCK, 1991). Aliaume et al. (2007) enfatiza o importante papel ecológico dos corpos lagunares como ecossistemas produtivos, fontes de uma rica biodiversidade. Esses ambientes são abrigos para desova de peixes e invertebrados marinhos além de área de descanso para muitas espécies de aves migratórias.

Algumas lagoas costeiras são intermitentes e, portanto, não mantêm a ligação permanente com o mar, a qual vai depender das variações sazonais do fluxo de água entre o ambiente marinho e o estuarino. Em épocas de seca, devido à baixa vazão da lagoa, a embocadura permanece rasa, ficando total ou parcialmente obstruída por sedimento. Nas estações chuvosas a conexão com o mar reabre, amplia e aprofunda a medida que o volume lagunar aumenta e força a saída da água pelo canal (BIRD, 1994).

A Lagoa do Peixe, no litoral médio do Rio Grande do Sul, enquadra-se nas condições acima mencionadas, porém, a abertura do canal raramente é natural. Atualmente, existem apenas três pontos de ligação entre as águas continentais e oceânicas no estado do Rio Grande do Sul. O primeiro ponto é o rio Mampituba, localizado no litoral norte, o segundo a Lagoa do Peixe, no litoral médio e, por fim, o terceiro ponto mais ao sul, a Lagoa dos Patos. Como no rio Mampituba e na Lagoa dos Patos foi realizada a construção de molhes para fixação do canal, o canal da Lagoa do Peixe permanece como o único em contato intermitente com o mar.

Durante o inverno as chuvas intensificam e os agricultores e pecuaristas próximos exigem, do IBAMA e da prefeitura, a abertura artificial do canal da Lagoa do Peixe como forma de escoar a água acumulada em suas propriedades. As causas do bloqueio do canal são conhecidas e descritas por alguns autores (SCHOSSLER, 2011; AREJANO, 2006; KNAK, 1999) os quais apontam a deriva

litorânea de sedimentos e os ventos predominantemente norte e nordeste como os responsáveis pela deposição de areia na desembocadura. Entretanto, não existem estudos que caracterizem as mudanças da área desse canal ao longo do tempo, o que facilitaria o gerenciamento do local.

A ligação do canal da Lagoa do Peixe com o mar é de extrema importância para manutenção da biota local, muitas das quais dependem da migração entre os dois ambientes para completar seu ciclo de vida. Por esse motivo é importante entender todos os processos que envolvem esse corpo lagunar. No ano de 1986 na área da Lagoa do Peixe e arredores foi criado um Parque Nacional, o Parque Nacional da Lagoa do Peixe (PNLP) (BRASIL,1996), proibindo dessa forma as modificações ambientais e a interferência humana direta, gerando dessa forma um conflito de interesses entre a sociedade e os órgãos de proteção ambiental.

### **1.1. Objetivos**

#### **Objetivo geral:**

- Analisar o processo de ligação da Lagoa do Peixe com o oceano Atlântico.

#### **Objetivos específicos:**

- Delimitar a área correspondente a embocadura do canal da Lagoa do Peixe utilizando imagens multitemporais de sensores orbitais.
- Interpretar e quantificar as alterações espaciais ocorridas na embocadura da Lagoa do Peixe.
- Avaliar a dinâmica da abertura e fechamento da barra da Lagoa do Peixe com base na precipitação pluvial da região.

### **1.2. Justificativa**

As planícies costeiras são áreas extremamente sensíveis à degradação de seus recursos naturais em decorrência da atividade antrópica. Conhecer a dinâmica dos corpos hídricos e os processos que resultaram nas feições hoje observadas faz das informações geomorfológicas e geológicas um instrumento fundamental para a gestão sustentável da zona costeira. A utilização de imagens de satélite no gerenciamento das zonas costeiras, através da geração de mapas temáticos, facilita o planejamento e as ações a serem conduzidas nesses setores. Com base em uma

série temporal de imagens de satélite é possível avaliar o ciclo dinâmico do corpo hídrico e utilizar esses dados como subsídio para o gerenciamento do Parque Nacional da Lagoa do Peixe. Tal necessidade é ratificada pelo plano de manejo do Parque, o qual aponta como uma das problemáticas o processo de gestão a pesquisa limitada nas áreas envolvendo a hidrologia e hidrodinâmica da lagoa.

Importante salientar que Esteves (2011) e Suguio (1998) explicam que a maioria das lagunas ao longo da costa brasileira são denominadas erroneamente de lagoa, como exemplo a Lagoa de Araruama-RJ, a Lagoa dos Patos-RS e a Lagoa do Peixe-RS. A definição de laguna é encontrada de forma semelhante nos dicionários de geologia (NEUENDORF et al., 2011) e trabalhos científicos (TOMAZELLI, 1990; TOMAZELLI; VILLWOCK, 1991). No entanto, o conceito amplamente adotado na literatura é o de Kjerfve (1994) que define as lagunas como corpos de água costeira rasos, geralmente paralelos à costa, separados do oceano por uma barreira, mas ligados a ele ao menos temporariamente por meio de um ou mais canais. O termo “lagoa”, de acordo com Tomazelli e Villwock (1991), é utilizado em mapas oficiais e publicações no Brasil como referência genérica aos corpos d’água litorâneos independente de suas dimensões, grau de afastamento ou ligação com o mar. Será mantido o termo lagoa ao longo do texto, todos em referência às lagunas, concordando com a nomenclatura oficial brasileira.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Lagoas costeiras

A zona costeira está inserida em uma área de transição entre a terra e o mar e abriga importantes habitats da biosfera. Todavia, essa região é vista como um setor estratégico para as atividades humanas, sofrendo contante degradação decorrentes de aterros, poluição, dragagens causadas pela indústria, agricultura e ocupação humana (GRUBER et al., 2003). Por se tratar de um ambiente extremamente vulnerável e complexo faz-se necessário o seu constante estudo e monitoramento.

Os sedimentos praias são uma característica comum ao longo da costa e muitas vezes agem como barreiras entre o oceano e os corpos d'água (baís, lagoas, estuários). Essas barreiras podem ter um ou mais canais relativamente estreitos (*inlets*) que ligam as duas massas de água (MAYOR-MORA, 1977). Estes canais sofrem a constante ação das ondas e correntes as quais são responsáveis pelas altas taxas de migração lateral destes canais fazendo com que estes acompanham o sentido dominante da deriva litorânea de sedimentos (VILLWOCK; TOMAZELLI, 1995).

O número de canais existentes em cada lagoa está ligado diretamente com a quantidade de água trocada com o oceano e a intensidade da ação da maré (MIRANDA et al., 2002). Para caracterizar as lagoas costeiras, Kjerfve (1986) adota uma classificação geomorfológica em três classes. Lagoa sufocada ou estrangulada (*choked*), é quando está conectada ao oceano por um único canal estreito, com uma razão pequena entre a entrada do canal e a área da seção transversal da entrada do canal com a área de superfície da lagoa (Figura 1A). São comuns em linhas de costa com média ou alta energia das ondas, sendo dominada pelos ciclos hidrológicos e tem como forçante os ventos. Lagoa restrita (*restricted*) possui dois ou mais canais, com circulação forçada pela maré (Figura 1B). Apresenta características intermediárias entre as lagoas sufocadas e abertas. Lagoa vazada ou aberta (*leaky*) possui múltiplos canais, alta razão entre a seção transversal do canal e a área da lagoa (Figura 1C). São dominadas pela influência marinha, salinidade, forte variabilidade da maré.





**Figura 1.** Classificação geomorfológica das lagoas costeiras. A) Lagoa sufocada B) Lagoa Restrita e C) Lagoa Vazada. Adaptado de Mahapatro et al. (2013).

### 2.1.1 Lagoas Intermitentes

As lagoas que não apresentam canais fixos por obras de engenharia sofrem a constante ação dos efeitos meteorológicos, como a precipitação, ventos e a ação das ondas e marés. A incidência desses fatores, dependendo das características do corpo hídrico, pode gerar uma instabilidade no canal e a ligação com o mar se torna periódica (intermitente).

A abertura do canal pode ocorrer naturalmente ou mecanicamente, como maneira de evitar ou amenizar enchentes (ROY et al., 2001; STRETCH; PARKINSON, 2006). A abertura artificial é frequentemente realizada de forma empírica, baseada em experiências anteriores, no mesmo ou em outro sistema (NAHON, 2011). A manutenção da estabilidade da embocadura depende diretamente do equilíbrio dinâmico entre os processos de transporte de areia (impulsionados pelas ondas) que tendem a fechar o canal e os fluxos de maré que tendem a manter o canal aberto (BYRNE et al., 1980).

Corpos lagunares intermitentes são encontrados em diversas partes do mundo como: Austrália (GRIFFITHS, 1999; HAINES et al., 2006, MORRIS; TURNER, 2010), Nova Zelândia (SCHALLENBERG et al., 2010), África (SMITH et al., 2014), Espanha (MORENO et al., 2010), Portugal (NAHON, 2011), Índia (RAJAWAT et al., 2007), Estados Unidos (COLLINS; MELACK, 2014), Brasil (SILVA et al., 2011; NETTO et al. 2012).

Em algumas lagoas da Nova Zelândia (N.Z.) e Estados Unidos é usado o mecanismo artificial de abertura com a mesma intenção, evitar inundações nas vias urbanas próximas. Na Lagoa Waituna (N.Z.) o canal é aberto quando atinge o nível de 1,69 m no braço oriental da lagoa, isso normalmente ocorre entre o inverno e primavera (SCHALLENBERG et al., 2010). O contrário ocorre na região costeira da Espanha, em Zara de los Antunes. Por se tratar de uma cidade turística, evita-se a

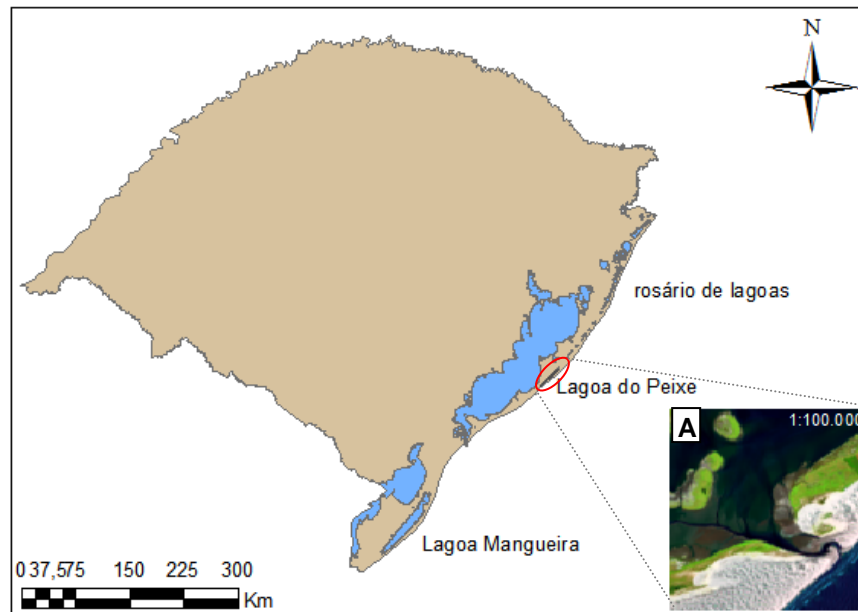
eutrofização da lagoa fazendo a abertura artificial em épocas de seca (verão). O fechamento ocorre posteriormente pela ação da deriva litorânea que transporta e deposita sedimento na desembocadura (MORENO et al, 2010).

No Brasil a Lagoa Ibiraguera (SC) mantém seu canal predominantemente fechado, sendo esporadicamente aberto para escoar as águas em época de cheias ou para facilitar a entrada de espécies marinhas de interesse à pesca artesanal (BONETTI et al., 2005). Já a abertura temporária na Lagoa do Camacho (SC) é caso de conflito entre os pescadores locais e os produtores de arroz. Pescadores exigem a desobstrução do canal para navegação durante a estação de pesca e os produtores de arroz precisam que a embocadura se mantenha fechada para uso na irrigação. A abertura artificial ocorre no período de março a setembro e a natural somente após episódios de alta energia, associadas às tempestades (SILVA et al, 2011). No Rio de Janeiro a barra da Lagoa de Saquarema passa pelo mesmo processo, abertura natural e artificial. Os interesses sociais e as condições ambientais (marés, vento, nível da lagoa e presença de cardumes) são levadas em consideração para a ação da desobstrução mecânica. Em épocas de estiagem e de baixo volume hídrico não são realizadas intervenções antrópicas (OLIVEIRA; KRAU, 1955).

#### **2.1.1.1 Lagoas intermitentes no Rio Grande do Sul**

Os corpos lagunares presentes na região costeira do Rio Grande do Sul formaram-se há aproximadamente 400 mil anos (VILLWOCK; TOMAZELLI, 1995, TOMAZELLI; VILLWOCK, 2000), em terrenos baixos, resultante de sucessivas transgressões e regressões marinhas (VILLWOCK, 1972; VILLWOCK; TOMAZELLI, 1995). Os maiores sistemas lagunares são a Lagoa dos Patos e a Lagoa Mirim, os quais têm origem há 125 mil anos, no período Pleistocênico.

Os corpos hídricos mais recentes têm origem no Holoceno, na última transgressão marinha, e constitui-se na sua essência por areias praias e eólicas quartzosas de granulação fina a muito fina (VILLWOCK; TOMAZELLI, 1995; TOMAZELLI; VILLWOCK, 2000). Nesse período se formaram grandes corpos lagunares entre eles a Lagoa Mangueira ao Sul, a Lagoa do Peixe na região média e o rosário de lagoas ao norte do Estado (Figura 2).



**Figura 2.** Lagoas costeiras do Rio Grande do Sul (em azul). A) Imagem de satélite mostrando o canal de ligação da Lagoa do Peixe com o oceano.

## 2.2. Sensoriamento remoto aplicado aos ambientes costeiros

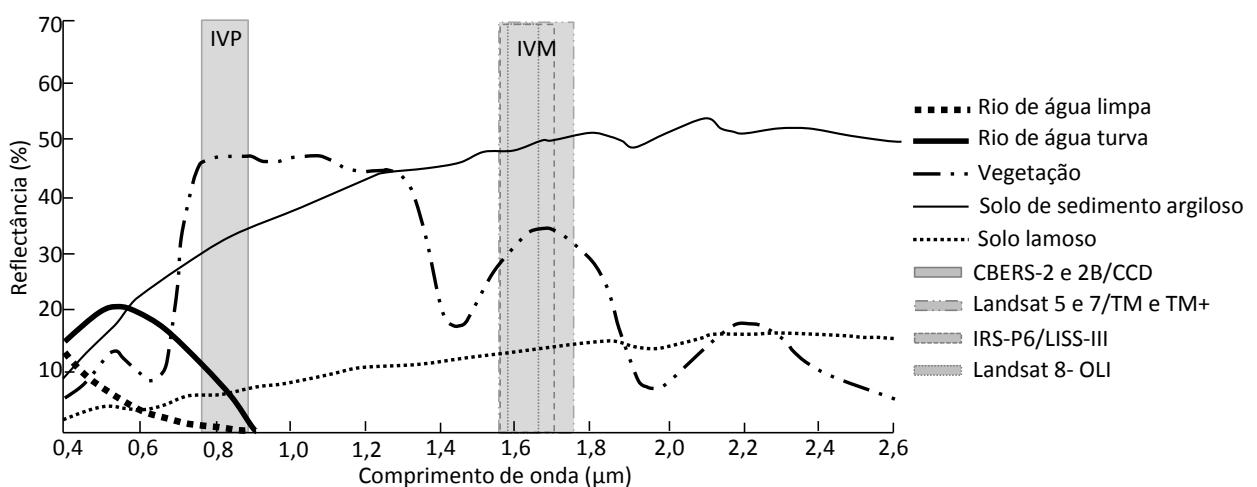
O sensoriamento remoto é uma tecnologia muito eficaz para avaliar a dinâmica do sistema costeiro, já que oferece uma visão ampla desse sistema em diferentes escalas espaciais e temporais (LIRA et al., 2014). A interpretação visual de imagens de satélites de sensoriamento remoto, voltada para o mapeamento temático da superfície terrestre, é compreendida como a forma mais comum de uso dos produtos de sensoriamento remoto (SILVA et al., 2008). Os diferentes objetos nas imagens de satélites orbitais podem ser identificados pelo seu padrão de reflexão e emissão de radiação eletromagnética nos diferentes comprimentos de onda. Portanto, as técnicas de sensoriamento remoto são desenvolvidas para captar e identificar as energias manifestadas pelos diferentes objetos (LIU, 2006).

Outras técnicas de sensoriamento remoto também são utilizadas para avaliação e monitoramento de ambientes costeiros. Allen (2011) comparou as mudanças ocorridas em duas áreas úmidas, no litoral da Louisiana (EUA), classificando 78 imagens Landsat binariamente (água e não água) com a técnica de limiarização da banda Infravermelho (IVM). Manalavan et al. (1993) também utilizaram a mesma técnica em imagens Landsat-5/TM para mapeamento de reservatórios de água no sudoeste da Índia. Matos (2012) acompanhou as alterações ambientais dos lagos do Cinturão Lacustre Meridional da Reserva Biológica do Lago Piratuba, no Estado do

Amapá. Para delimitação das diferentes unidades de paisagens e do traçado das drenagens o autor utilizou os de índices de razões de bandas *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) e *Normalized Difference Water Index* (NDWI). Petta et al. (2008) realizaram a análise da dinâmica espacial e temporal na área estuarina do rio Curimataú (Baía Formosa-RN) utilizando fotografias e imagens de satélite dos anos de 1997 e 2003, com a utilização da classificação supervisionada, identificando a agricultura e carcinocultura como as principais e mais impactantes atividades econômicas no estuário.

### 2.2.1. Comportamento espectral de alvos naturais

A radiação solar incidente na superfície terrestre interage de modo diferente com cada tipo de alvo. Esta diferença é determinada principalmente pelas diferentes composições físico-químicas dos objetos ou feições terrestres. Por essa razão, cada objeto tem um padrão de resposta referente a energia refletida nas diferentes bandas do espectro eletromagnético, permitindo a sua identificação e diferenciação (LIU,2006). A Figura 3 apresenta diferentes padrões de resposta espectral de alvos naturais da superfície da Terra. Observa-se que a vegetação se caracteriza pela alta reflectância na faixa do infravermelho próximo (0,75 a 0,90  $\mu\text{m}$ ) e baixa reflectância na faixa do visível (0,4 a 0,68  $\mu\text{m}$ ) com picos de absorção no infravermelho médio (1,45 e 1,95  $\mu\text{m}$ ). A água tem baixa reflectância, 5% na faixa de 0,5 a 0,7  $\mu\text{m}$  e nula acima de 0,75  $\mu\text{m}$ . A reflectância do solo aumenta linearmente com o aumento do comprimento de onda (LIU,2006).



**Figura 3.** Reflectância espectral dos alvos naturais. Adaptado de SWAIN; DAVIS, (1978).

### **2.2.1.1 Comportamento espectral dos corpos d' água**

Os corpos de água absorvem aproximadamente toda energia incidente nos comprimentos de onda do infravermelho próximo e médio, mesmo quando a água é muito rasa. Por esse motivo essas bandas são utilizadas para localização e o delineamento dos corpos de água por sensoriamento remoto, pois nessas faixas espectrais a água se distingue dos demais alvos (SWAIN; DAVIS, 1978; RYU et al., 2002; LILLESAND, 2008; FITZ, 2008; ALLEN, 2011). Em sua maioria os corpos de água contêm uma variedade de materiais orgânicos e inorgânicos dissolvidos e em suspensão. Esses materiais causam espalhamento e absorção da energia incidente e conseqüentemente causam variações significativas na transmissão da energia através da água. A energia refletida no intervalo espectral de 0,6 a 0,7  $\mu\text{m}$  está mais relacionada com o nível de turbidez dos corpos de água. A concentração de clorofila também afeta a resposta espectral da água, apenas na faixa visível, ocorrendo um declínio significativo da energia refletida no comprimento de onda azul e um aumento na faixa do verde (SWAIN; DAVIS, 1978).

### **2.3. Geração de mapas temáticos a partir da técnica de fatiamento**

O fatiamento é uma técnica na qual os níveis de cinza distribuídos ao longo do histograma de imagem são divididos em uma série de intervalos ou fatias especificadas pelo analista. Todos os níveis de cinza que se enquadram em um dado intervalo da imagem de entrada (inicial) são apresentados com um único nível digital (nível de cinza) na imagem de saída (final) (LILLESAND, 2008).

Esta técnica foi utilizada por Frazier e Page (2000), para comparar duas técnicas para mapeamento de corpos d' água na Austrália, utilizando dados Landsat-5/TM, a classificação de imagem com classificado supervisionado e o fatiamento de uma única banda espectral, do infravermelho médio, sendo o fatiamento a técnica que apresentou melhor acurácia. Overton (2005) também faz uso da técnica de fatiamento de imagens infravermelho médio Landsat/TM para discriminar áreas de inundação no Rio Murray na Austrália.

### **2.4. Sensores orbitais de alta resolução com livre distribuição de imagens no Brasil**

A câmera imageadora CCD (*High Resolution CCD Camera*) é um dos três sensores a bordo dos satélites CBERS-1, 2 e 2B. Estes satélites são resultado do

acordo realizado em 1988 entre os governos do Brasil e da China para construção de satélites de sensoriamento remoto. Da parceria entre o INPE e a CAST (*China Academy of Space Technology*) foi desenvolvido o programa de construção de satélites CBERS (*China-Brazil Earth Resources Satellite*) que resultou, até hoje, em cinco equipamentos enviados para o espaço, quatro deles com sucesso (INPE, 2015).

Os sensores TM (*Thematic Mapper*), TM+ (*Thematic Mapper Plus*) e OLI (*Operational Land Imager*) estão integrados nos satélites Landsat 5, 7 e 8 respectivamente. O Programa Landsat é uma série de missões de satélites de observação da Terra iniciado em 1965 e coordenados pela NASA (*Aeronautics and Space Administration*) e pelo USGS. O primeiro satélite foi lançado em 1972 com o ERTS-1 (*Earth Resources Satellite Technology*) porém, mais tarde, foi renomeado Landsat-1. A missão mais recente colocou em órbita no dia 11 de fevereiro de 2013 o último satélite, denominado Landsat 8 (USGS, 2015).

O sensor LISS-3 é uma das três câmeras imageadoras a bordo do satélite IRS-P6 (*IRS- Indian Remote Sensing satellite*) ou Resourcesat-1. O satélite fabricado pelo governo da Índia (ISRO- *India Space Reserch Organisation*) foi lançado em 17 de outubro de 2003 com a intenção de melhorar as aplicações de sensoriamento remoto, principalmente, nas áreas de agricultura, terra, gestão dos recursos hídricos e gestão de desastres (ISRO, 2015).

As resoluções temporal, espectral espacial e radiométrica dos sensores descritos estão apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Resoluções dos sensores CCD, TM, ETM+, OLI e LISS-3.

SATÉLITE	SENSORES	RESOLUÇÃO ESPECTRAL (um)	RESOLUÇÃO ESPACIAL(m)	RESOLUÇÃO TEMPORAL (dias)	RESOLUÇÃO RADIOMÉTRICA (bits)		
CBERS	2	0,51 - 0,73 (pan)	20	26			
		0,45 - 0,52 (azul)					
	0,52 - 0,59 (verde)						
	2B	0,63 - 0,69 (vermelho)					
	0,77 - 0,89 (infravermelho próximo)						
Landsat	5	0,45 - 0,52 (azul)	30	16	8		
		0,52 - 0,60 (verde)					
		0,63 - 0,69 (vermelho)					
		0,76 - 0,90 (infravermelho próximo)					
		1,55 - 1,75 (infravermelho médio)					
		10,4 - 12,5 (infravermelho termal)				120*	
	2,08 - 2,35 (infravermelho médio)	30					
	7	ETM+	0,45 - 0,51 (azul)			30	
			0,52 - 0,60 (verde)				
			0,63 - 0,69 (vermelho)				
			0,76 - 0,90 (infravermelho próximo)				
			1,55 - 1,75 (infravermelho médio)				
			10,4 - 12,5 (infravermelho termal)				
			2,09 - 2,35 (infravermelho médio)				60**
			0,52 - 0,90 (pancromático)				15
	8	OLI	0,43 - 0,45 (aerossol costeiro)			30	
			0,45 - 0,51 (azul)				
0,52 - 0,60 (verde)							
0,63 - 0,68 (vermelho)							
0,84 - 0,88 (infravermelho próximo)							
1,56 - 1,66 (infravermelho médio)							
2,10 - 2,30 (infravermelho médio)							
0,50 - 0,68 (pancromático)			15				
1,36 - 1,39 (Cirrus)			30				
Resourcesat (IRS-P6)	1	LISS-III	0,52 - 0,59 (verde)	23,5	7		
			0,62 - 0,68 (vermelho)				
			0,77 - 0,86 (infravermelho próximo)				
			1,55 - 1,70 (infravermelho médio)				

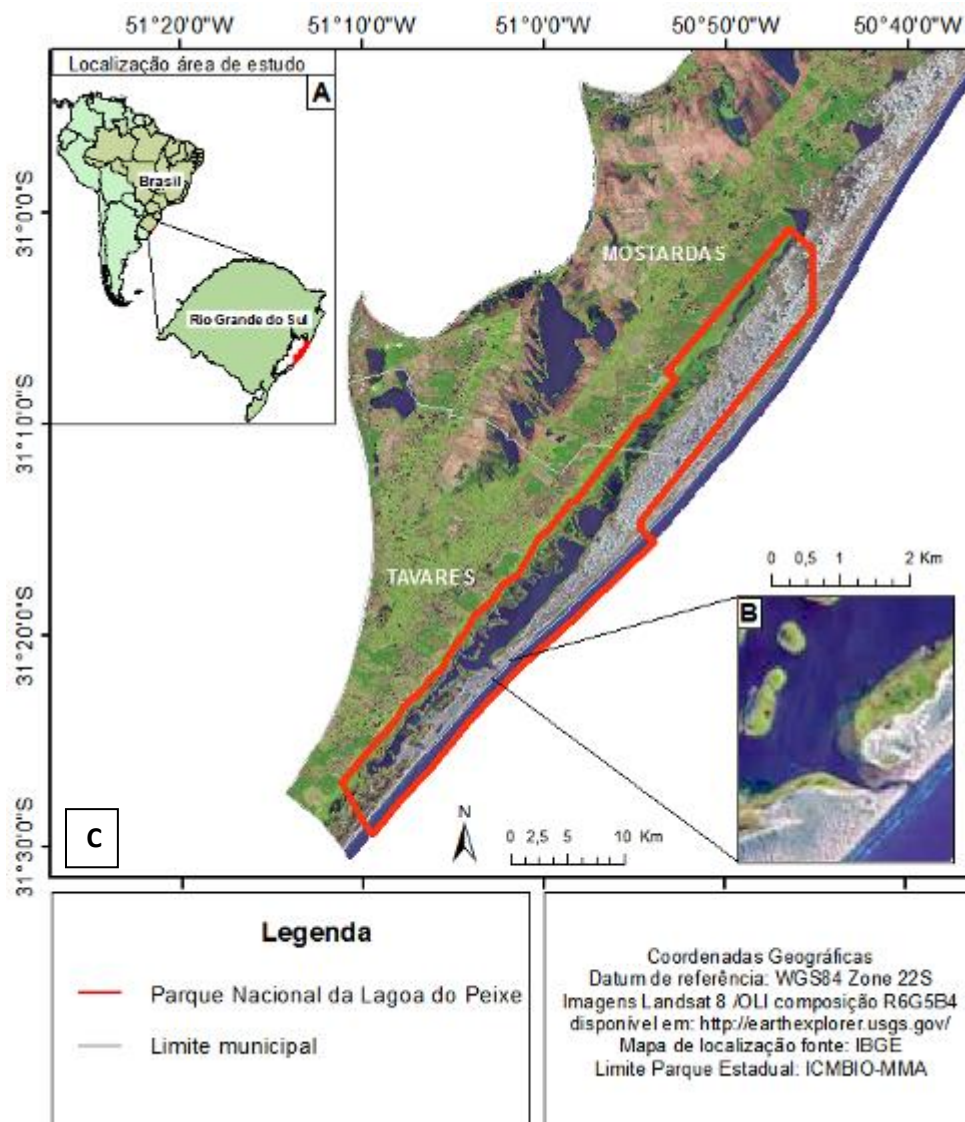
\*Imagens adquiridas com resolução de 120 m, mas os produtos datados anteriores a 25 de fevereiro de 2010 são redefinidos para 60 m. Os produtos posteriores a essa data são redefinidos para 30 m.

\*\* Imagens adquiridas com resolução de 60 m. Os produtos com data após 25 de fevereiro 2010 são redefinidos para 30 m.

### 3. ÁREA DE ESTUDO

#### 3.1. Descrição do local

O Parque Nacional da Lagoa do Peixe (Figura 4C), criado pelo Decreto Federal nº 93.546 de 1986, com área de 367 km<sup>2</sup>, sendo 65% pertencente ao município de Tavares e 35% de Mostardas. Limita-se as coordenadas geográficas 31°00'46" a 31°29'00" de latitude sul e 50°46'31" a 51°09'51" longitude oeste. Nessa dissertação as análises têm foco na dinâmica da embocadura da Lagoa do Peixe (Figura 4B).



**Figura 4.** Mapa de localização da área de estudo (A), em destaque o canal da Lagoa do Peixe (B), pertencente ao Parque Nacional da Lagoa do Peixe (C).



A Lagoa do Peixe é uma lagoa sufocada, apresenta apenas uma única ligação com o oceano localizado na porção média do seu comprimento (Figuras 4 e 5). As águas salobras, resultantes dessa ligação, são ideais para o desenvolvimento de siris, camarões, peixes e aves (SANTOS, 2000). Esses organismos, de interesse comercial, são alimentos para aves regionais e migratórias que utilizam o ambiente da lagoa para descanso ou reprodução (KNAK, 1999). Todavia, o canal não é fixo por intervenções de engenharia, precisando, ser aberto artificialmente para que ocorra a ligação entre os dois ambientes (SCHWARZBOLD & SCHÄFER 1984).



**Figura 5.** Fotografia aérea da desembocadura da Lagoa do Peixe-RS. Fonte: Blog Parna da Lagoa do Peixe.

A comunicação da lagoa com o mar ocorre normalmente durante os meses de inverno e primavera e permanece até o verão (dezembro ou janeiro), quando os ventos N e NE transportam e fecham com sedimento arenoso a barra. No inverno, próximo a agosto, os níveis de precipitação tornam-se mais elevados e alagam os marismas e campos as margens da lagoa, incluindo áreas de plantio e pasto. Por essa razão, agricultores e pecuaristas exigem do IBAMA e da Prefeitura de Tavares a abertura artificial do canal, a qual é, então, realizada nesse período. A abertura natural da barra é rara ocorrendo apenas em anos de pluviosidade anômala em que a forte drenagem continental impede a deposição sedimentar na desembocadura (KNAK, 1999).

Os dados de campo coletados por AREJANO (2006) demonstram que a profundidade da lagoa varia de 0 a 65 cm com média de 29,7 cm, exceto o canal que pode chegar a valores próximos a 2m no inverno. Quanto à natureza composicional e textural dos sedimentos do corpo hídrico, ele a descreve como pouco variável. Praticamente todas as margens, bancos e planos de maré são

formados por areias finas quartzosas, ocorrendo alguma concentração de areia média na porção marginal do canal de ligação com o mar.

A dinâmica sedimentar na embocadura da lagoa é detalhada por SCHOSSLER (2011), ao explicar o fechamento da barra pela formação de pontais arenosos por deriva litorânea. Durante o inverno e primavera, ocorre na barra o crescimento de um pontal a partir da margem SW em direção a NE e conseqüente erosão e migração da outra margem sentido NE. Com a inversão da corrente litorânea no verão, inicia-se a formação do segundo pontal na margem NE e a conseqüente erosão da margem oposta. Ao final do processo ambos os pontais se unem, obstruindo então o canal. A mesma autora conclui que a instabilidade do canal da Lagoa do Peixe é atribuída à dinâmica sedimentar proporcionada pela deriva litorânea, baixa cota do terreno na embocadura, regime de precipitação pluviométrico e mobilidade da linha de praia.

### **3.2. O clima da área de estudo**

Segundo a classificação de Köppen (1948) o litoral médio do Rio Grande do Sul enquadra-se no clima subtropical, de verões quentes (Cfa). Para Rossato (2011) o domínio desse tipo climático na porção litorânea faz com que a região sofra uma maior influência de sistemas polares (45-48% dos dias do ano), seguido por uma menor influência dos sistemas tropicais marítimos e sistemas frontais. Dentre estes, os sistemas frontais são os responsáveis pela maior parte das chuvas ao longo do ano. A precipitação pluvial média para a região corresponde a 1253 mm anual e 104,4 mm mensal (INMET, 2014; Cordeiro, 2014), Esse regime é mais característico de latitudes médias, com chuvas relativamente mais fortes no inverno, mais especificamente no trimestre jul-ago-set. (CAVALCANTI, 2009) e mínimas durante o verão (NIMER, 1979).

Grimm (1998) indica o Sul do Brasil como uma das regiões subtropicais mais afetadas por eventos climáticos El Niño e La Niña, gerando anomalias de precipitação pluvial no Atlântico principalmente no inverno posterior ao evento. O El Niño na região sul do Brasil é associado a excesso de chuva, que ocasiona enchentes e alagamentos nos centros urbanos. Estas chuvas intensas ocorrem de maio a julho, com frentes frias que vêm do Sul e que permanecem estacionadas por vários dias sobre a região. Os efeitos da La Niña se apresentam como passagens

rápidas de frentes frias sobre a região sul, com tendência a diminuição de precipitação nos meses de junho a fevereiro (OLIVEIRA, 1999).

A temperatura média anual fica entre 17-20° C com a média do mês mais frio oscilando entre 14-17°C e do mês mais quente variando entre 23-26°C (NIMER, 1979). Quanto ao regime de ventos, Tomazelli (1993) afirma predominar ventos NE, com maior intensidade nos meses de primavera e verão. Nos meses de inverno os domínios são dos ventos W-SW, os quais são responsáveis pela migração das dunas no mesmo sentido.

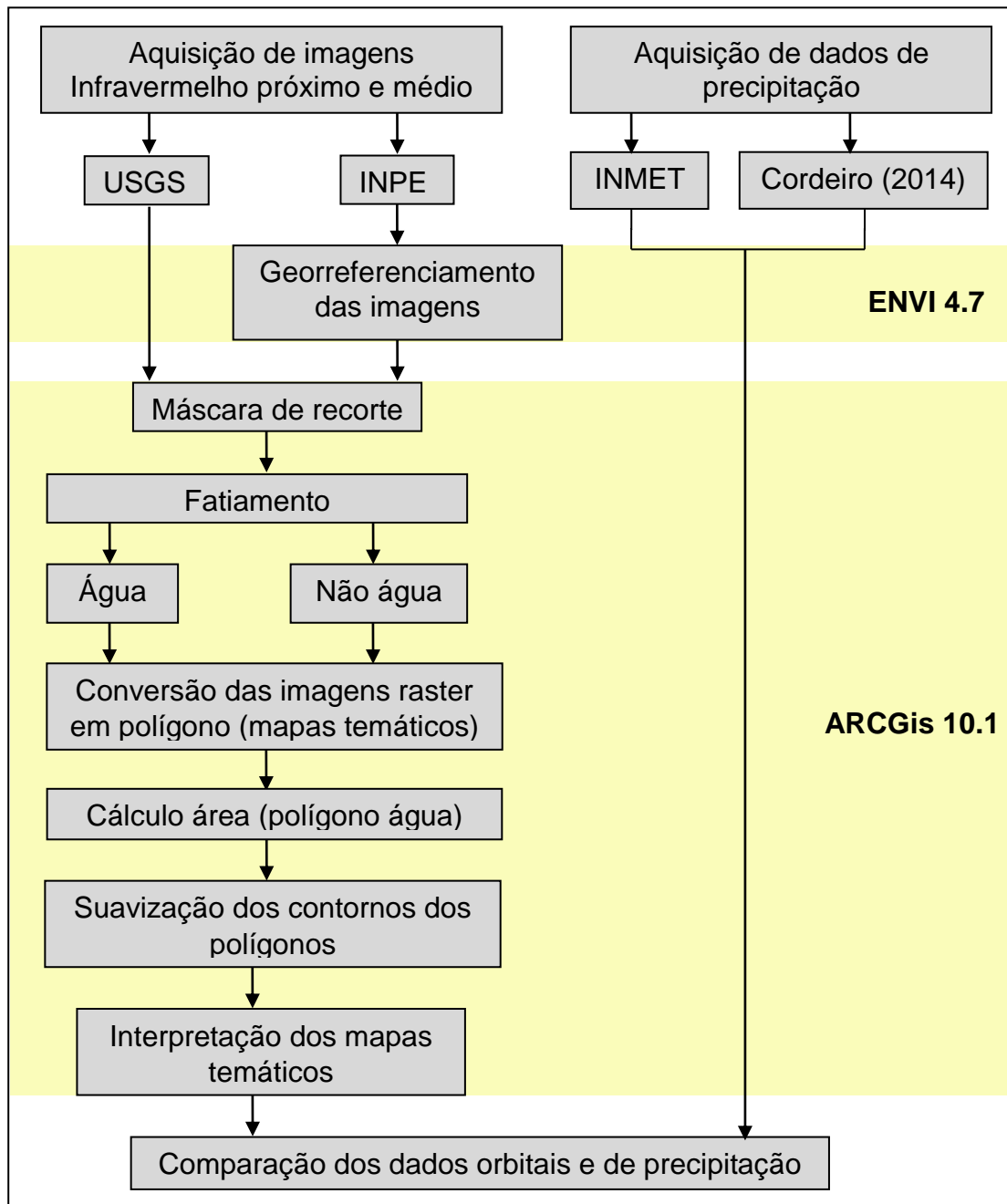
## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. Período de estudo

O período de estudo se inicia do mês de janeiro de 1985 e finaliza no dezembro de 2014 (30 anos). Esse período foi definido em função da disponibilidade de imagens de satélites orbitais disponíveis livremente para acesso.

### 4.2. Dados de sensoriamento remoto orbital

A Figura 6 apresenta o fluxograma da aquisição e processamento do banco de dados. Foram adquiridas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2015) e do Serviço Geológico norte americano (USGS, 2015) 422 imagens dos satélites Landsat 5, 7, 8, CBERS 2 e 2B e IRS-P6. Foi analisada uma imagem por mês em cada um dos anos, sempre que havia imagens disponíveis, livre de nuvens sobre a área do canal da Lagoa do Peixe. As imagens passaram por uma seleção visual e foram excluídas aquelas que apresentavam algum tipo de ruído ou nuvem que impediam a identificação dos contornos do canal, bem como imagens do mesmo mês que não apresentaram alteração morfológica significativa, totalizando 234 imagens analisadas (Apêndice A). Para possibilitar uma melhor visualização do canal foram utilizadas bandas correspondentes ao comprimento de onda do infravermelho médio dos satélites Landsat 5, 7 e 8 e na ausência banda espectral nessa faixa de comprimento de onda, foi utilizado o infravermelho próximo (CBERS e IRS-P6). Na faixa espectral do infravermelho médio (1,55-1,75  $\mu\text{m}$ ) a água apresenta alta absorção da radiação eletromagnética, portanto baixa reflectância, já o solo apresenta alta reflectância, por essa razão, esta banda é utilizada para a demarcação dos corpos d'água e drenagens (WANG, 2002; YAMANO, 2006; FITZ, 2008; JENSEN, 2009).



**Figura 6.** Fluxograma da metodologia utilizada.

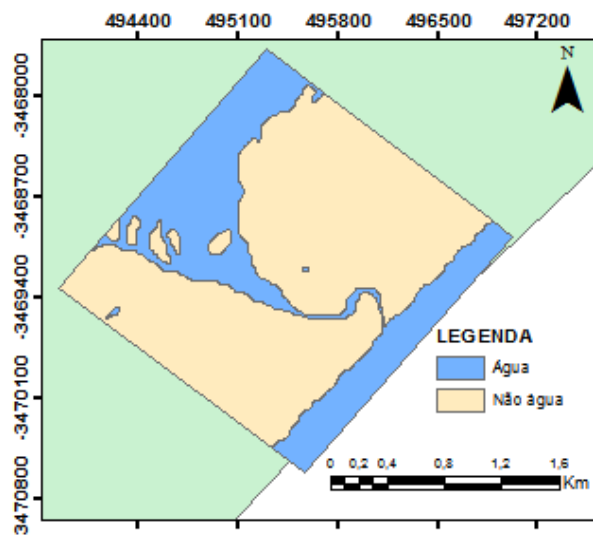
#### 4.2.1. Georreferenciamento

As imagens disponibilizadas pela USGS apresentam registro espacial preciso (USGS, 2015a), portanto não foi preciso realizar nenhum procedimento de georreferenciamento ou registro das mesmas. As imagens cedidas pelo INPE são disponibilizadas com calibração radiométrica e geométrica aplicada, chamada correção de sistema (INPE, 2015a). Os dados resultantes desse processo apresentam um erro de posicionamento atribuído à ausência de pontos de controle.

Por esta razão, essas imagens foram georreferenciadas utilizando a ferramenta ENVI versão 4.7 (2014). Por se tratar de uma área pequena, inferior a 5km<sup>2</sup>, e plana foram escolhidos 10 pontos de controle para o registro, levando em consideração um erro médio quadrático (RMS) inferior a 0,5 pixel. O algoritmo aplicado para o mapeamento das coordenadas, e que apresentou menor distorção das imagens, foi o polinômio de primeiro grau. Os níveis digitais atribuídos à imagem registrada se deram pela reamostragem por interpolação do vizinho mais próximo. O extenso período dos dados e as mudanças físicas do meio ambiente ao longo das décadas fizeram necessário o uso de nove imagens de referência para o georreferenciamento, são elas Landsat 5/TM órbita/ponto 220/82, de 21/11/2005 e 24/03/2010; órbita/ponto 221/082 imagens de 21/04/2003, 01/10/2007, 21/01/2008, 29/04/2009, 06/11/2011 e Landsat 7/ETM+, órbita/ponto 220/82 imagens de 30/10/2000 e órbita ponto 221/82 18/08/2000.

#### 4.2.2. Geração dos mapas temáticos e cálculo de áreas

A embocadura da lagoa foi analisada por meio das imagens com o uso do programa ArcGis versão 10.1 (ESRI, 2014). No software foi criada e aplicada sobre todas as imagens uma máscara de recorte para manter apenas os 4,7m<sup>2</sup> referente à área de estudo (Figura 7), a embocadura da Lagoa do Peixe.



**Figura 7.** Exemplo de mapa gerado sobre a área da embocadura do canal.

Os dados foram posteriormente classificados binariamente com base no intervalo da resposta espectral dos elementos de interesse: “água” e “não-água”. O

processo foi executado com a ferramenta fatiamento na qual à classe “água” foram atribuídos todos os pixels com valor de nível digital no intervalo ente zero e 35, para imagens 8 bits e 5021 e 7703, para imagens 16 bits. Em razão da resposta espectral diferenciada na presença de neblina, turbidez da água ou demais interferências, os valores máximos dos ND variaram, conforme cada imagem, alcançando o valor de 150 (8 bits) e 8452 (16 bits). No Apêndice A estão apresentados os limiares para cada uma das imagens analisadas. Os demais níveis digitais foram atribuídos à classe “não água”.

Através da tabela de atributos da classe temática “água”, no software ArcGis foi obtido valor da área do canal da Lagoa do Peixe para cada uma das imagens. Apenas com o objetivo de melhorar a apresentação visual dos mapas temáticos, realizou-se, posteriormente ao cálculo da área, uma suavização das bordas da lagoa (70m), amenizando o aspecto quadriculado dos pixels.

#### **4.3. Dados meteorológicos**

Dados históricos de pluviosidade anual do município de Mostardas, correspondentes ao período de abril de 2008 a dezembro de 2014, foram adquiridos da estação automática nº86994 do Instituto Nacional de Pesquisas Meteorológicas (INMET). A inexistência de dados anteriores obrigou a aquisição dos mesmos da estação meteorológica convencional nº83995 de Rio Grande, sendo esta a mais próxima, pertencente à mesma região ecoclimática (litoral) e apresenta altitude semelhante à Tavares. As falhas existentes nos dados de precipitação pluvial da estação meteorológica de Rio Grande foram preenchidas com os dados da mesma área, fornecidos por Cordeiro (2014), que completou as informações utilizando estações meteorológicas próximas e interpolação.

Como a abertura artificial da embocadura ocorre entre junho e setembro (ICMBIO, 2014), o período utilizado para o cálculo de precipitação pluvial anual é de junho do ano anterior até maio do ano em questão. Considerando a precipitação anual de 1985, esta tem início em junho de 1984 e término em maio de 1985, e assim sucessivamente. Em conjunto com dados calculados de precipitação mensal e sazonal média, as informações foram comparadas com a área e a situação (aberto/fechado) do canal da Lagoa do Peixe.

#### 4.4. Trabalho em campo

A situação do canal foi registrada também presencialmente (Figuras 8 e 9), na saída de campo realizada dia 01 de setembro de 2014. O reconhecimento da área foi realizado com o apoio do Parque Nacional da Lagoa do Peixe. Na ocasião, a lagoa apresentava-se com o canal de ligação com o mar aberto.



**Figura 8.** Imagem da margem norte da desembocadura da Lagoa do Peixe-RS. A seta vermelha indica o limite com o oceano.



**Figura 9.** Imagem da margem sul da desembocadura da Lagoa do Peixe-RS, apontada pelas setas vermelhas.



## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os anos de 1985 a 2014 foram gerados mapas temáticos (Apêndice B), que apresentam a situação da embocadura da Lagoa do Peixe. A análise e interpretação dos mapas temáticos, juntamente com informações fornecidos pelo ICMBIO (2014), deram origem aos dados da ligação da lagoa com o mar, identificando se o canal estava aberto ou fechado. Nessa análise, apresentada no Tabela 2, são identificados os meses em que o canal estava aberto ou fechado. A situação do canal apresentada nas células brancas foi determinada a partir da visualização das imagens de satélite. A situação apresentada nas células amarelas foram deduzidas pela extensão da lagoa nos meses anterior e posterior, observado nas imagens de satélite. As células vermelhas indicam a abertura artificial e as azuis a abertura natural da barra da lagoa, baseado nos dados fornecidos pelo ICMBIO. Nos meses em que as células estão vazias não foi possível obter informações sobre a situação do canal.

**Tabela 2.** Dados mensais de abertura e fechamento do canal da Lagoa do Peixe no período de 1985 a 2014.

ESTADO DO CANAL DA LAGOA DO PEIXE																															
A/M	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	
Jan	F			A		F	F	F	F	A			F		A		A	A	A	F	A	A	A	A	F		F			F	
Fev	F	F		A	F	F			F	A		F	F				A	A	A	F	F	A	A	A	F	F	F		F	F	
Mar	F			A		F	F		F	A			F			F	F	A	A	F	F	F	A	F	F	A	F		F	F	
Abr	F		A	A		F	F	F	F	A	F		F			F	F	A	A	F	F	F	F	F	F	A	F		F	F	
Mai			A	A		F	F		F	A	F		F		F	F	F	A	A	F	F	F	A	F	F	A	F		F	F	
Jun		A	A			F	F		F	A			F	A	A	F		A	A	F	F	F	F	F	F	F	A	F		F	F
Jul		F	A		F	A	F					F	F	A	A	F	A	A	A	F	F	F	A	F	F	A	F		F	A	
Ago	A	F		F	F	A	A		A		A		A	A	A	A	A	A	A	F	A	F	A	F	A	A	A	A	A	A	
Set	A	F					F	A	A					A	A	A	A	A	A	A	A	A	F	F	A	F	F		A	A	
Out		F	A		F		A	A	F		F				A	A	A	A	A	A	A	F	F	A	A	A	A		F	A	
Nov	F	F	A	A			A	A	A						F	A	A	A	A	A	A	F	A		F	A	F		F	A	
Dez	F	A	A	F		F	A	A	A		F	F		F	A	A	A	A	F	F	A	F	A	F	A			A	A	F	

Situação verificada nas imagens satélite
Situação deduzida pelas imagens satélite de períodos anteriores e posteriores
Aberto artificialmente (ICMBIO, 2014)
Aberto naturalmente (ICMBIO, 2014)

A = Aberto
F = Fechado

A Tabela 3 resume as informações apresentadas na Tabela 2, apresentando o número de observações do estado do canal da Lagoa do Peixe e a porcentagem mensal correspondente. Verificou-se que entre fevereiro a junho é o período com maior número de observações do canal fechado (62,5 a 76,5%). Os meses de agosto a novembro são apontados com maior número de observações do canal aberto (60 a 66,7%). Nos meses de dezembro, janeiro e julho o número de observações do canal aberto e fechado foram semelhantes (43,5 a 56,5%), indicando um provável período de transição do estado do canal. Entre os meses de maior ocorrência da abertura natural estão: dezembro (36,4%), outubro (27,3%), janeiro (18,2%), março e novembro (9,05%).

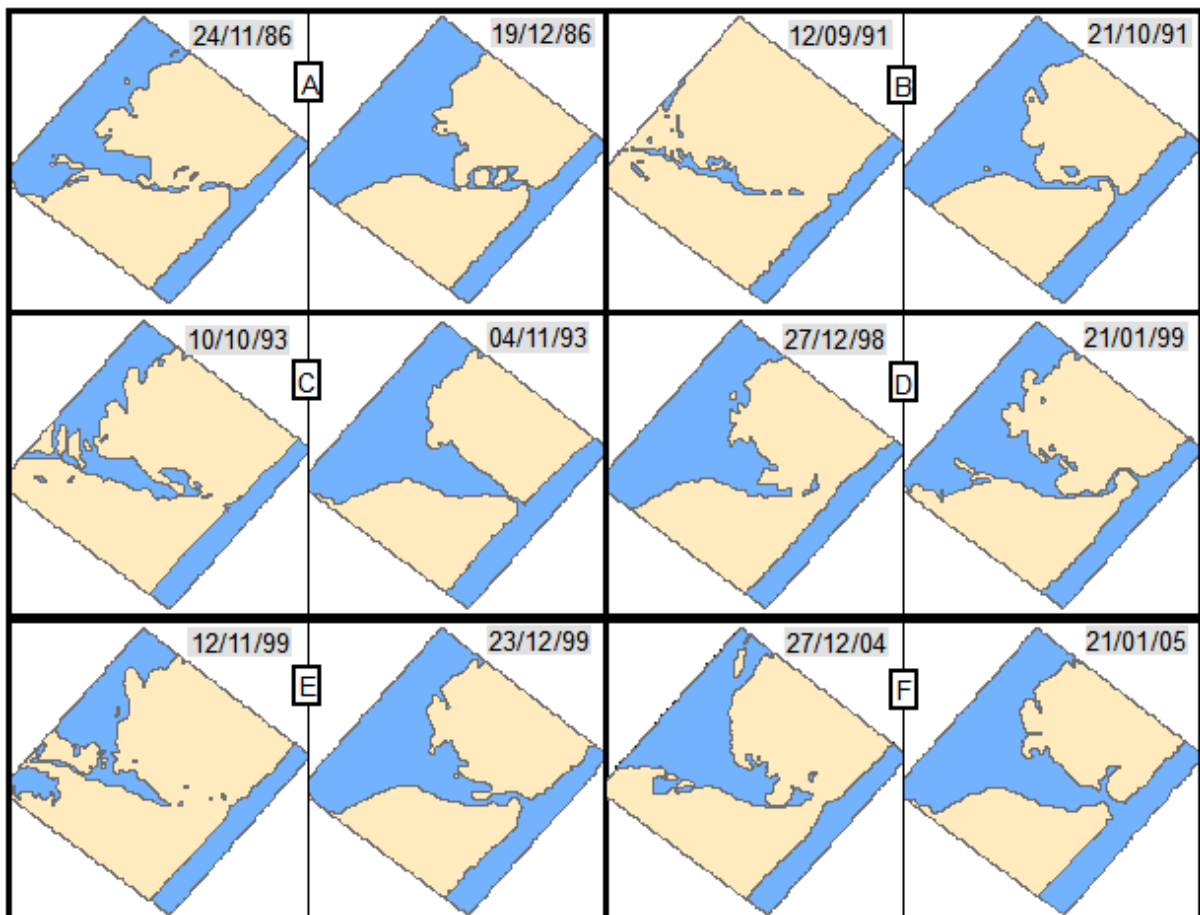
**Tabela 3.** Número de observações do estado do canal da Lagoa do Peixe e a porcentagem mensal correspondente no período de 1985 a 2014.

Canal/Mês	Número de Observações		Soma	Período (%)	
	Aberto	Fechado		Aberto	Fechado
<b>Janeiro</b>	10	13	23	43,5	56,5
<b>Fevereiro</b>	4	13	17	23,5	76,5
<b>Março</b>	4	13	17	23,5	76,5
<b>Abril</b>	5	14	19	26,3	73,7
<b>Mai</b>	5	16	21	23,8	76,2
<b>Junho</b>	6	10	16	37,5	62,5
<b>Julho</b>	8	10	18	44,4	55,6
<b>Agosto</b>	12	8	20	60,0	40,0
<b>Setembro</b>	11	8	19	57,9	42,1
<b>Outubro</b>	14	7	21	66,7	33,3
<b>Novembro</b>	12	7	19	63,2	36,8
<b>Dezembro</b>	12	12	24	50,0	50,0

### 5.1 Morfologia do canal da Lagoa do Peixe

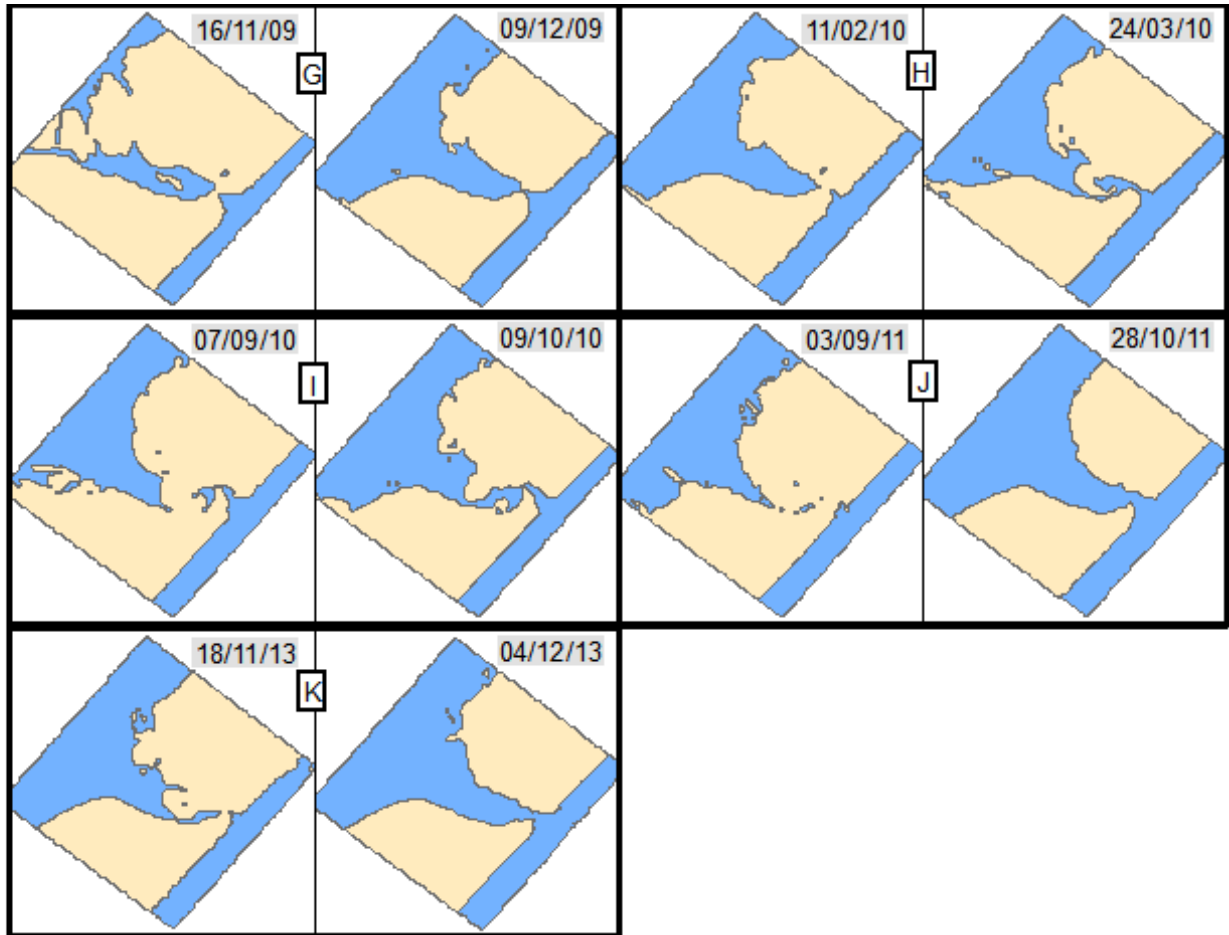
A morfologia do canal da Lagoa do Peixe sofre constantes mudanças na sua forma decorrentes das flutuações do seu nível hídrico, as quais podem ser identificadas a partir das imagens de satélite. Para analisar essa situação foram selecionados alguns mapas temáticos de dois meses subsequentes nos quais o canal se apresenta, em um mês fechado e no mês seguinte aberto de forma natural (Figura 10). As Letras de A-K identificam o par de meses analisados primeiro o mês que

antecede e segundo o mês que registra a abertura do canal da lagoa aberto naturalmente. Observa-se que dos onze casos selecionados, em nove deles (81,8%) a extensão da água no canal da Lagoa do Peixe se encontra maior no mês de abertura do canal e menor no mês que o antecede (Figura 10 A, B, C, E, F, G, I, J, K). O grande volume de água no estuário acumula e expande forçando o rompimento da barreira arenosa que limita o ambiente lagunar (SCHOSSLER, 2011). Sabendo-se que as áreas alagadas de qualquer ambiente aquático estão diretamente ligadas ao ciclo hidrológico e que o balanço hídrico depende do fluxo de entrada (precipitação pluvial) e saída (evaporação e escoamento) de água (COLLISCHONN; DORNELLES, 2013), podemos supor que os menores volumes são decorrentes do já realizado esvaziamento do corpo hídrico em direção ao mar. Também podem ser reflexo das altas taxas de evaporação, que costumam exceder a taxa de precipitação no período de verão e primavera (SERPA, 2008) ou mesmo a baixa precipitação pluvial na região.



**Figura 10.** Mapas temáticos da abertura natural do canal da Lagoa do Peixe-RS. Letras de A-K identificam o par de meses sendo primeiro o mês que antecede e segundo o mês que registra a abertura do canal da lagoa.

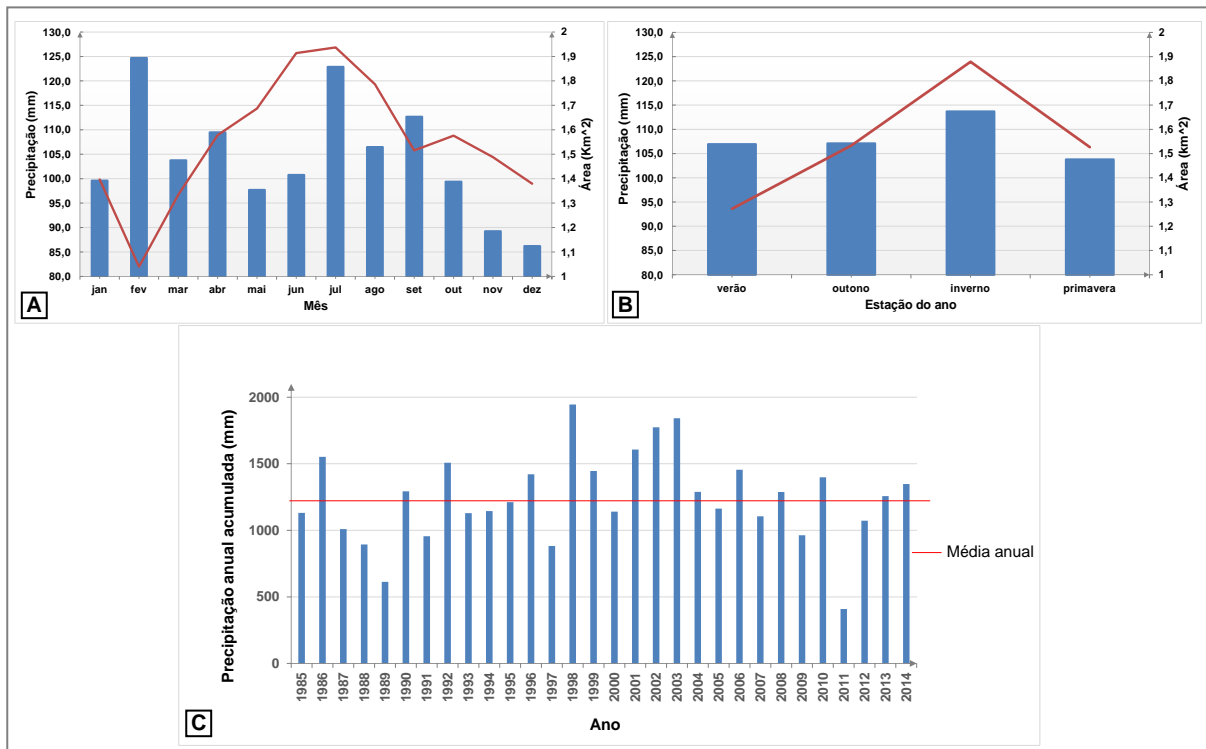
(Continuação)



## 5.2. Influência da precipitação pluvial na área do canal

Para a área do canal da Lagoa do Peixe foi todas as datas avaliadas pelas imagens de satélite. Os valores foram agrupados em médias mensais e sazonais (Figuras 11A e 11B). O gráfico mensal da área do canal aponta os meses junho, julho e agosto como os meses de maior área alagada na Lagoa do Peixe, com 1,914; 1,937 e 1,786 km<sup>2</sup> respectivamente. O gráfico sazonal da área do canal corrobora indicando a estação do inverno como as máximas extensões d'água no canal, com 1,879 km<sup>2</sup>. Esses valores comparados com a precipitação pluvial da localidade, as quais também foram agrupadas em médias mensal, sazonal e também o total acumulado anual (Figuras 11A, 11B e 11C). O gráfico mensal mostra dois picos de precipitação, o primeiro no mês de fevereiro (124,7 mm) e o segundo no mês de julho (122,9 mm). O gráfico sazonal apresenta valores similares em todas

as estações do ano, apresentando um valor um pouco mais elevado no inverno, estando de acordo com os períodos descritos na literatura (RAO et al., 2015) como períodos de maior intensidade de chuva na região, no qual predominam os meses de inverno.



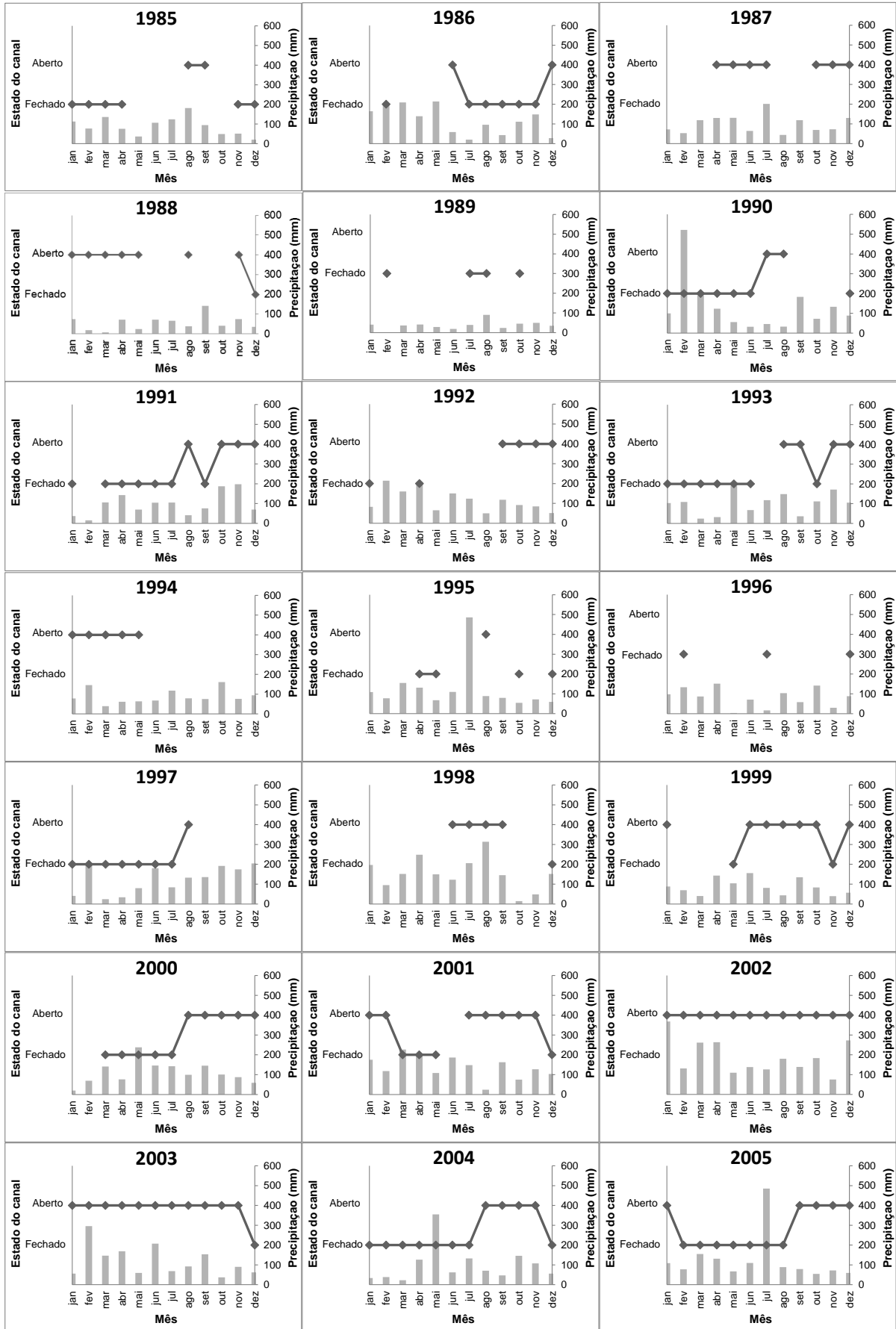
**Figura 11.** Gráfico da área do canal (linha vermelha) da Lagoa do Peixe em relação à precipitação (barra azul) no município de Mostardas/RS. A) Área do canal e precipitação média mensal B) Área do canal e precipitação média sazonal e C) Precipitação acumulada anual de 1985-2014.

Verificou-se que o aumento dos valores das áreas calculadas para o canal da Lagoa do Peixe, está diretamente relacionado ao aumento da precipitação pluvial média mensal e sazonal do município de Mostardas. Essa informação mostra que as áreas alagadas estão diretamente ligadas a precipitação pluvial mensal. Tais dados são confirmados no trabalho de Schossler (2011) que afirma ser a precipitação pluvial é a principal responsável pelo fluxo hidrodinâmico da lagoa, visto que a lagoa não recebe afluentes de rios e nem está ligada a redes de drenagem costeiras. As intensas chuvas na estação de verão não apresentaram relação com as áreas alagadas, o motivo pode estar relacionado a ação de outras forças, com a evaporação intensa, recorrente no verão (SERPA, 2008).

Na precipitação pluvial acumulada anual (Figura 11 C) é possível identificar que dos 30 anos analisados 15 apresentam valores acima da média anual (1253

mm). Porém, considerando os registros do ICMBio (2014) e as imagens de satélite utilizadas para o presente estudo, apenas em 3 anos (1986, 1999 e 2013) ocorreu a abertura natural do canal em anos de precipitação acima da média. Isso demonstra que a precipitação pluvial acumulada anual não está ligada a abertura do canal da Lagoa do Peixe.

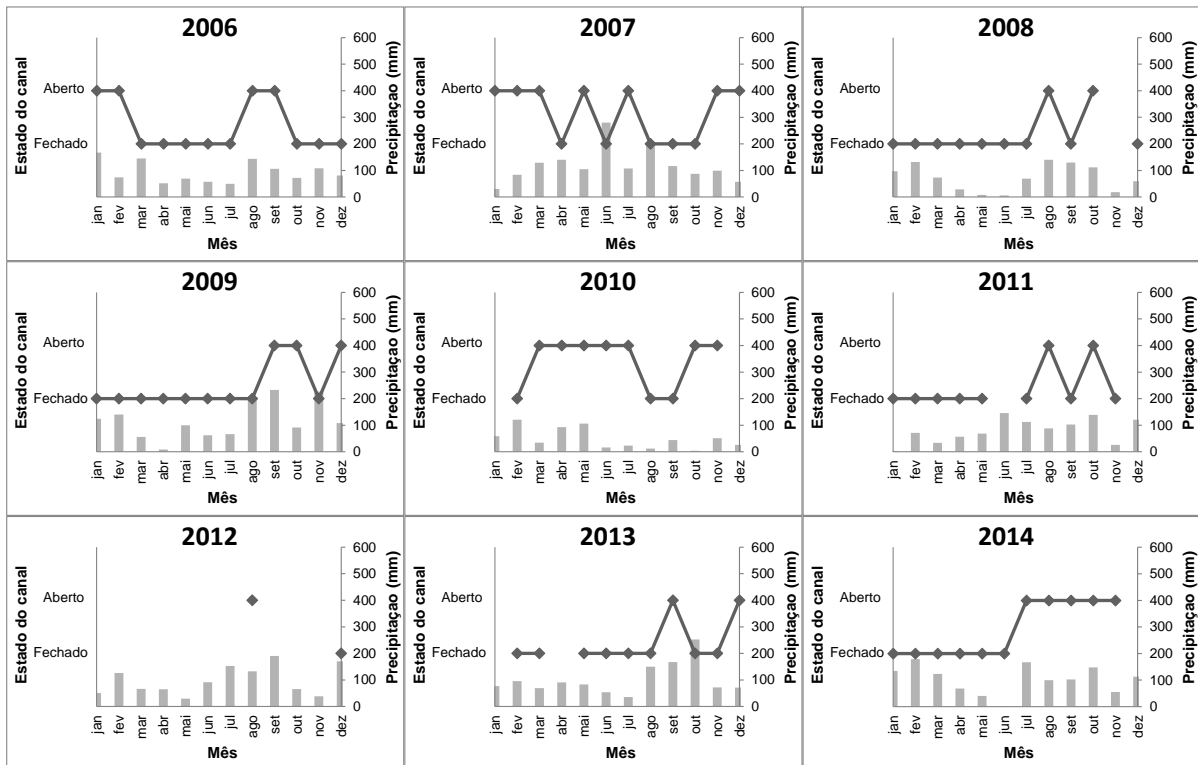
Os dados de precipitação mensal e abertura/fechamento do canal da Lagoa do Peixe deram origem à série de gráficos apresentados na Figura 12. Pode-se observar que dos 30 anos, dez apresentaram mais de uma abertura do canal no mesmo ano, que ocorreram em 1986, 1991, 1993, 1999, 2005, 2007, 2009, 2010, 2011 e 2013. A primeira abertura, normalmente no período de junho a setembro, de origem antrópica. A segunda abertura ocorreu no período de outubro a dezembro, mas não é possível afirmar se a mesma foi com origem natural. Nos anos de 1999 e 2007 houveram mais de duas aberturas registradas distribuídas ao longo do ano. Os dados estão de acordo com Knak (1994). A autora descreve que a comunicação com o mar ocorre normalmente durante os meses de inverno e primavera mantendo-se até o verão (fim de dezembro, início de janeiro). A oclusão da barra ocorre pela deposição de areia na sua desembocadura realizada por ventos de Norte e Nordeste. Segundo Schossler (2011) a obstrução ocorre nos meses subsequentes a estação de maior precipitação na área da lagoa. Com a diminuição das chuvas o transporte eólico é ativado e um maior volume de areia é mobilizado para embocadura, formando pontais arenosos. A baixa pluviosidade, o transporte eólico, a baixa cota do terreno juntamente à deriva litorânea atuante na área, fazem com que ocorra o assoreamento total do canal. No inverno (normalmente em agosto), quando os níveis de precipitação elevam, ocorre a inundação das marismas e campos às margens da lagoa. É durante este período que se realiza a abertura artificial da embocadura com o uso de máquinas, sendo a abertura natural esporádica. A desobstrução artificial ocorre por pressão dos agricultores e pecuaristas da região sobre o IBAMA e a Prefeitura de Tavares visto que estes têm grandes prejuízos com a inundação das suas áreas de pasto e de plantio (KNAK, 2011).



**Figura 12.** Gráficos anuais da relação entre o estado do canal da Lagoa do Peixe e a precipitação do município de Mostardas.



## (Continuação)



Schossler (2011) ainda afirma que a Lagoa do Peixe, por não possuir tributários, é alimentada exclusivamente pela precipitação pluvial local. Quaisquer alterações mensais ou anuais podem aumentar de forma expressiva o volume do corpo hídrico. O volume tem a capacidade de forçar a abertura das barreiras arenosas em canais intermitentes, como a Lagoa Peixe. Apesar da maior contribuição da precipitação e da ação humana existem outras forçantes (variáveis impulsionadoras) que interferem nos fluxos e, por consequência, na abertura e fechamento do canal da lagoa. Conforme Kjerfve (1994) a entrada de rios, o vento, atuando sobre os sedimentos ou gerando ondas, as oscilações de marés, o balanço entre precipitação e evaporação, e o balanço do calor de superfície podem interferir na região costeira e esta responderá diferentemente à cada uma das forçantes. Anomalias ocasionadas por eventos climáticos globais como o caso do El Niño Oscilação Sul (ENOS) também podem interferir na Lagoa do Peixe. Autores como Grimm (1998) e Diaz (1998) também apontam em seus estudos que as anomalias de precipitação no sul do Brasil estão fortemente associadas aos fenômenos El Niño e La Niña.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na Lagoa do Peixe a abertura ou fechamento do canal, e por consequência, a extensão da área alagada do mesmo, se mostrou mais relacionada a questões econômicas, políticas e sociais do município do que a interferência única da precipitação pluvial ou demais eventos climáticos. O município de Tavares está alicerçado no pilar agricultura e pecuária e os poucos moradores do entorno da lagoa do Peixe têm seu sustento baseado na pesca (tainha, camarão e papa-terra). Esses grupos exigem da prefeitura de Tavares e do IBAMA a abertura mecânica da barra da lagoa em meses de inverno para evitar o alagamento das áreas de plantio e criação de gado bem como permitir a entrada de camarão e tainha no estuário.

As informações dos volumes pluviométricos mensais e sazonais médios apresentaram uma relação direta com a área alagada do canal da Lagoa do Peixe. Na estação do inverno as chuvas são mais intensas ocasionando o preenchimento da lagoa, e por consequência aumentando sua área alagada. Nesse período são registradas a maior parte das aberturas de origem artificial, realizadas pelo IBAMA e prefeitura de Tavares. A ligação entre precipitação e área alagada do canal ficou mais evidente nas situações que se considera apenas a abertura natural do canal. Quanto a pluviosidade anual acumulada, não foi encontrada relação entre a abertura natural do canal e a precipitação acima da média, podendo ser justificado pelo fato da abertura artificial ter se tornado constante, impedindo a atuação natural do canal.

Apesar da maior contribuição da precipitação pluvial e da ação humana existem outras forçantes que interferem nos fluxos e, por consequência, na abertura e fechamento do canal da lagoa. Por isso, entende-se que os dados discordantes observados são resultado de fatores locais ou de outros fenômenos de grande escala que podem estar envolvidos. Variáveis como o vento, as ondas, as oscilações de marés, o balanço entre precipitação e evaporação, e o balanço do calor de superfície podem interferir na região costeira e esta responderá diferentemente à cada uma destas forçantes.

O entendimento das consequências de demais fatores locais (ex. vento, evaporação) e globais, como o ENOS, na Lagoa do Peixe é fundamental para a previsão do comportamento da embocadura do canal e para o planejamento e tomada de decisões pela administração do Parque Nacional da Lagoa do Peixe

(ICMBIO). Se existem dúvidas quanto à necessidade ou não de fixação da barra e sobre a escolha do local para implantação de estradas para acesso ao parque, as mesmas só poderão ser dirimidas com estudos aprofundados da área.

## BIBLIOGRAFIA

ALIAUME, C. et al. **Coastal lagoons of Southern Europe: recent changes and future scenarios**. Transitional Waters Monographs, Università del Salento – SIBA, 1., 12007. p. 1-12.

ALLEN, Y.C. et al. Using Multitemporal Remote Sensing Imagery and Inundation Measures to Improve Land Change Estimates in Coastal Wetlands. *Estuaries and Coasts*. **Estuaries**. Springer, set. 2011.

AREJANO, T. B. **Geologia e evolução holocênica do sistema lagunar da Lagoa do Peixe, litoral médio do Rio Grande do Sul, Brasil**. 2006. 88f. Tese (Doutorado em Geociências)- Instituto de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2006.

BIRD, E. C.F. Physical Setting and geomorphology of coastal lagoons In: KJERFVE, B (Ed.). **Coastal lagoon process**. Amsterdam: Elsevier Oceanographic Series. v. 60, 1994. p. 9-36.

BLOG PARNA DA LAGOA DO PEIXE. Fotografia aérea da desembocadura da Lagoa do Peixe/Mostardas-RS. Disponível em:  
<<http://parnalagoadopeixe.blogspot.com.br/>> Acesso em: 12 de ago. 2015.

BONETTI, C. BONETTI, J. BELTRAME. E. Mudanças nas características composicionais das águas da Lagoa de Ibiraquera (SC) em resposta a dinâmica de abertura e fechamento de sua desembocadura. **Braz. J. Aquat. Sci. Technol.** v. 9, n.2, p.39-47, 2005.

BRASIL. Decreto n.º 93.546, de 06 de novembro de 1986. Cria o Parque Nacional da Lagoa do Peixe. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 07 nov. 1986.

BYRNE, R.J., GAMMISCH, R.A., THOMAS, G.R. Tidal Prism-Inlet Area Relations For Small Tidal Inlets. Proc. 17th **Coastal Eng. Conf**, ASCE Press, NY, p. 2517-2533, 1980.

CAVALCANTI, I. F. A. **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 463 p.

COLLINS, D.G., MELACK, J.M., Biological and chemical responses in a temporarily open/ closed estuary to variable freshwater inputs. **Hydrobiologia**, v. 734, p.97–113, 2014.

COLLISCHONN, W., DORNELLES, F. **Hidrologia para engenharia e ciências ambientais**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2013. 350p.

CORDEIRO, A. P. A. **Padrões de índice de vegetação associados à variabilidade climática do Estado do Rio Grande do Sul**. 2014. xv, 154 f. : il. Tese (doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Agronomia. Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Porto Alegre, BR-RS, 2014.

DAI, X., KHORRAM, S. The Effects of Image Misregistration on the Accuracy of Remotely Sensed Change Detection. **IEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**. v. 36 n. 5, p. 1566-1577, 1998.

DIAZ, A. F., STUDZINSKI, C.D., MECHOSO, C.R. Relationships between Precipitation Anomalies in Uruguay and Southern Brazil and Sea Surface Temperature in the Pacific and Atlantic Oceans. **Journal of Climate**. v. 11, p.251-271, 1998.

ENVI. Software. Disponível em: <<http://www.envi.com.br/>>. Acesso em: 05 mar. 2014.

Environmental Systems Research Institute (ESRI). Disponível em:<<https://www.arcgis.com/features/>>. Acesso em: 24 out. 2014.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 790p.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 160 p.

FRAZIER, P.S.; PAGE, K.J. Water body detection and delineation with landsat TM data. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**. v. 66, n. 12, p. 1461-1467, 2000.

GRIFFITHS S. P. Consequences of artificially opening coastal lagoons on their fish assemblages. **International Journal of Salt Lake Research**, v.8, p.307-327. 1999.

GRIMM, A.M. Climate Variability in Southern South America Associated with El Niño and La Niña Events. **Journal of Climate**. v. 13. p.35-58. 2000.

GRUBER, N.L.S.; BARBOZA, E.G.; NICOLODI, J.L. Geografia dos sistemas costeiros e oceanográficos: subsídios para gestão integrada da zona costeira. **Gravel**. n. 1, p.81-89, 2003.

HAINES P.E., TOMLINSON R.B., THOM B. G. Morphometric assessment of intermittently open/closed coastal lagoons in New South Wales, Australia. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v.67, p. 321-332, 2006.

Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO). Unidade Parna da Lagoa do Peixe. Dados de abertura e fechamento da barra da lagoa. 2014.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Catálogo de imagens. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em: 06 jul. 2013.

\_\_\_\_\_. Histórico. Disponível em: <[http://www.cbbers.inpe.br/sobre\\_satelite/historico.php](http://www.cbbers.inpe.br/sobre_satelite/historico.php)>. Acesso em: 12 nov. 2015.

\_\_\_\_\_. Câmeras imageadoras. Disponível em: <[http://www.cbbers.inpe.br/sobre\\_satelite/cameras\\_imageadoras\\_cbbers1e2e2b.php](http://www.cbbers.inpe.br/sobre_satelite/cameras_imageadoras_cbbers1e2e2b.php)>. Acesso em: 12 nov. 2015a.

\_\_\_\_\_. Manual do Usuário. Produtos de sensoriamento remoto. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/FTP-pub/docs/ManUsu.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2015b.

ISRO. Indian Space Research Organization. IRS-P6 / ResourceSat-1. Disponível em: <<http://www.isro.gov.in/Spacecraft/irs-p6-resourcesat-1>>. Acesso em: 12 nov. 2015.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. Tradução de José Carlos Neves Epiphanyo (Coord.). 4. ed. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 598 p.

KJERFVE, B., Comparative oceanography of coastal lagoons. In: WOLFE, D.A., **Estuarine Variability**, Ed., Academic Press, New York, p.63-81, 1986.

KJERFVE, B. Coastal lagoon processes In: KJERFVE, B. (Ed.) **Coastal lagoon process**. Amsterdam: Elsevier Oceanographic Series. v.60. 1994. p.1-7.

KNAK, R. B. (Org). **Plano de Manejo do Parque Nacional da Lagoa do Peixe: Fase 2**, IBAMA/FNMA/FURG/NEMA/UFPel, 1999.465p.

KÖPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. México: Fondo de Cultura Económica, 1948. 479p.

LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W.; CHIPMAN, J. W. **Remote sensing and image interpretation**. 6 ed. EUA: Wiley, 2008. 756p.

LIRA, C., TABORDA, R. Advances in Applied Remote Sensing to Coastal Environments Using Free Satellite Imagery. In: Remote Sensing and Modeling. Ed. FINKL, W.; MAKOWSKI, C. **Coastal Research Library** v. 9. Springer International Publishing Switzerland, 2014.

LIU, W.T.H. **Aplicações de sensoriamento remoto**. Campo Grande, MS: UNIDERP, 2007. 881 p.

MAHAPATRO et al., Coastal Lagoon: Present Status and Future Challenges, **International Journal of Marine Science**, v.3, n.23, p.178-186. 2013.

MANAVALAN, P., SATHYANATH, P., RAJEGOWDA, G.L. Digital Image analysis techniques to estimate waterspread for capacity evaluations of reservoirs. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 59, n. 9, p. 1389-1395, 1993.

MATOS, M.F.A. et al. Análise multitemporal da morfodinâmica dos lagos meridionais da Reserva Biológica do Lago Piratuba, planície costeira do Amapá, norte do Brasil. **Revista de Geologia**. **Revista de Geologia** (UFC). v. 25, p.95-110. 2012.

MAYOR-MORA, R. E. 1977. **Laboratory investigation of tidal inlets on sandy coasts**. U.S Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Mississippi, *GITI Report 11*.

MIRANDA, L.B., CASTRO, B.M., KJERFVE, B. **Princípios de oceanografia física de estuários**. São Paulo, EDUSP, 2002. 414 p.

MORENO, I. M.; ÁVILA, A.; LOSADA, M. A. Morphodynamics of intermittent coastal lagoons in southern Spain: Zahara de los Atunes. **Geomorphology**, 121, n. 3/4, p. 305-316, 2010.

MORRIS, B. D., TURNER, I. L. Morphodynamics of intermittently open-closed coastal lagoon entrances: new insights and a conceptual model. **Marine Geology**, v. 271, n. 1, p. 55-66, 2010.

NAHON, A. *et al.* Modelação numérica da abertura e fecho de uma embocadura artificial (Lagoa de Santo André, Portugal). **Revista da Gestão Costeira Integrada**, v.11, n.3, p.341-353, 2011.

NETTO, S.A.; DOMINGOS; A. M., KURTZ, M.N. Effects of Artificial Breaching of a Temporarily Open/Closed Estuary on Benthic Macroinvertebrates (Camacho Lagoon, Southern Brazil). **Estuaries and Coasts**, v.35, p.1069–1081, 2012.

NEUENDORF, K. K. E., MEHL JUNIOR, J. P., LINKJACKSON, J. A. **Glossary of geology**. 5 ed. American Geological Institute, 2011. 783 p.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. SUPREN/IBGE. Rio de Janeiro, v.4, 1979.

OLIVEIRA, G. S. **O El Niño e você: o fenômeno climático**. São José dos Campos: TRANSTEC, 1999. 116 p.

OLIVEIRA, L., KRAU, L. Observações biogeográficas durante a abertura da Barra da Lagoa de Saquarema. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**. v. 53, n. 2,3 e 4. p.435-456. 1955.

OVERTON, I. C. Modelling floodplain inundation on a regulated river: integrating GIS, remote sensing and hydrological models. **River Res. Applic.** v. 21, p.991–1001, 2005.

PETTA, R.A.; FERNANDES, R.C.; NASCIMENTO, P.S.R. Detecção automática da dinâmica da cobertura da terra por sensoriamento remoto. **Geografia**, v. 17, n. 1, 2008

RAJAWAT, A. S. *et al.* Impact of new mouth opening on morphology and water quality of the Chilika Lagoon – a study based on Resourcesat-1 LISS-III and AWiFS and IRS-1D LISS-III data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 28, n.5, p. 905-923, 2007.



ROY, P.S. et al., Structure and Function of South-east Australian Estuaries **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 53, n.3, p. 351-384, 2001.

ROSSATO, M. S. **Os climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologia**. 2011. 240f. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2011.

RYU, J.;WON J.-S.;MIN, K.D. Waterline extraction from Landsat TM data in a tidal flat A case study in Gomso Bay, Korea. **Remote Sensing of Environment**, v. 83, n. 3, p. 442-456, 2002.

SANTOS, S. et. al. Composição e distribuição dos Crustacea (Decapoda) na Lagoa do Peixe, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**. v. 17, n. 1, p. 213-223, 2000.

SCHALLENBERG, M. et al. Contrasting effects of managed opening regimes on water quality in two intermittently closed and open coastal lakes. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v.86, p. 587–597, 2010.

SCHOSSLER, V. **Morfodinâmica da embocadura da Lagoa do Peixe e da linha de praia adjacente**. 2011. 91f. Dissertação (Mestrado em Geociências)-Instituto de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2011.

SCHWARZBOLD, A.; SCHÄFER, A. Gênese das lagoas costeiras do Rio Grande do Sul.**Amazoniana**, Manaus, v.9, n.1, p. 84-104, 1984.

SERPA, C.G. **Estudo da influência dos fatores climáticos e hidrológicos no ciclo morfodinâmico praias de um sangradouro intermitente, Praia do Cassino, Brasil**.2008. 97f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica)- Escola de Engenharia, Curso de Pós Graduação em Engenharia Oceânica, Universidade Federal de Rio Grande, Rio Grande. 2008.

SILVA, D.R.V; AMARO, V.E. Integração entre dados ópticos e radar (SRTM) para a caracterização geoambiental da costa setentrional do Rio Grande do Norte. **Rev. Geogr. Acadêmica**. v.2, n. 2. p.111-123. 2008.

SILVA, G.V.; CARVALHO, J.L.B; KLEIN, A.H.F. Camacho inlet southern Brazil e Instability causes and user conflicts. **Ocean & Coastal Management**. v. 54, p. 569-576, 2011.

SMITH, A.M. et al. Forecasting cyclic coastal erosion on a multi-annual to multi-decadal scale: Southeast African coast. *Estuarine, Coastal & Shelf Science*, v. 150(PA), p.86-91, 2014.

SUGUIO, K. **Dicionário de geologia sedimentar e áreas afins**. Rio de Janeiro: Bertran Brasil, 1998. 1222p.

STRETCH, D.; PARKINSON, M. The breaching of and barriers at perched, temporary open/closed estuaries- a model study. **Coastal Engineering Journal**, v. 48, n. 1, p. 13–30. 2006.

SWAIN, P.H., DAVIS, S. **Remote sensing: the quantitative approach**. New York : McGraw-Hill Book, 1978, 396 p.

TOMAZELLI, L.J. **Contribuição ao estudo dos sistemas deposicionais holocênicos do nordeste da Província Costeira do Rio Grande do Sul- com ênfase no sistema eólico**. 1990. 270f. Tese (Doutorado em Geociências)-Instituto de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 1990.

TOMAZELLI, L.J. O regime de ventos e a taxa de migração das dunas eólicas costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas**. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Geociências, v.20, n.1, p.18-26, 1993.

TOMAZELLI, L. J.; VILLWOCK, J. A. Geologia do Sistema lagunar holocênico do litoral norte do Rio Grande do Sul. **Pesquisas**. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Geociências, v.18, n.1, p.13-24, 1991.

TOMAZELLI, L. J. & VILLWOCK, J. A. Considerações sobre o ambiente praial e a deriva litorânea de sedimentos ao longo do Litoral Norte do Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas**, v.19, n.1, p.3-12,1992.

TOMAZELLI, L. J.; VILLWOCK, J. A. O Cenozóico no Rio Grande do Sul: Geologia da Planície Costeira. In: HOLZ, M.; DE ROS, L. F. (Ed.). **Geologia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: CIGO/UFRGS, p. 375-406, 2000.

United States Geology Service (USGS). Banco de dados Landsat. Disponível em: < <http://earthexplorer.usgs.gov/> > Acesso em: 20 de junho de 2013.

\_\_\_\_\_. Histórico. Disponível em: <[http://landsat.usgs.gov/what\\_is\\_landsat.php](http://landsat.usgs.gov/what_is_landsat.php) > . Acesso em: 12 nov. 2015.

\_\_\_\_\_. Sensores Landsat. Disponível em:<[http://landsat.usgs.gov/band\\_designations\\_landsat\\_satellites.php](http://landsat.usgs.gov/band_designations_landsat_satellites.php)>. Acesso em: 12 nov. 2015a.

\_\_\_\_\_. Processamento imagens Landsat. Disponível em:<[http://landsat.usgs.gov/Landsat\\_Processing\\_Details.php](http://landsat.usgs.gov/Landsat_Processing_Details.php)> Acesso em: 20 de junho de 2015b.

VILLWOCK, J. A.; **Contribuição a Geologia do Holoceno da Província Costeira do Rio Grande do Sul** - Brasil. 1972. 133f. Dissertação (Mestrado em Geociências)- Instituto de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.1972.

VILLWOCK, J. A.; TOMAZELLI, L. J. Geologia costeira do Rio Grande do Sul. In: **Notas Técnicas**: Ceco/UFRGS. Porto Alegre. v. 8., 45 p., 1995.

WANG, Y.; COLBY, J. D.; MULCAHY, K. A. An efficient method for mapping flood extent in a coastal floodplain using Landsat TM and DEM data. **International Journal of Remote Sensing**. v. 23, n. 18, p.3681–3696, 2012.

YAMANO, H. et al. Evaluation of various satellite sensors for waterline extraction in a coral reef environment: Majuro Atoll, Marshall Islands. **Geomorphology**, v. 82, p. 398–411, 2006.

## APÊNDICE A

Tabela com os dados das imagens orbitais utilizadas no estudo e o intervalo do valor do pixel correspondente à detecção da classe temática “água”.

DATA	SATÉLITE/SENSOR	ÓRBITA/PONTO	VALOR PIXEL ÁGUA	
			MENOR	MAIOR
05/01/1985	LANDSAT 5/TM	221/82	5	40
14/01/1985	LANDSAT 5/TM	220/82	8	34
06/02/1985	LANDSAT 5/TM	221/82	0	37
26/03/1985	LANDSAT 5/TM	221/82	1	30
27/04/1985	LANDSAT 5/TM	221/82	0	32
17/08/1985	LANDSAT 5/TM	221/82	3	150
02/09/1985	LANDSAT 5/TM	221/82	0	38
05/11/1985	LANDSAT 5/TM	221/82	0	35
07/12/1985	LANDSAT 5/TM	221/82	0	33
18/02/1986	LANDSAT 5/TM	220/82	0	29
01/06/1986	LANDSAT 5/TM	221/82	0	24
03/07/1986	LANDSAT 5/TM	221/82	0	33
20/08/1986	LANDSAT 5/TM	221/82	0	30
30/09/1986	LANDSAT 5/TM	220/82	0	28
16/10/1986	LANDSAT 5/TM	220/82	0	24
24/11/1986	LANDSAT 5/TM	221/82	0	56
19/12/1986	LANDSAT 5/TM	220/82	3	30
26/04/1987	LANDSAT 5/TM	220/82	3	28
28/05/1987	LANDSAT 5/TM	220/82	4	26
20/06/1987	LANDSAT 5/TM	221/82	0	30
06/07/1987	LANDSAT 5/TM	221/82	0	32
03/10/1987	LANDSAT 5/TM	220/82	0	30
11/11/1987	LANDSAT 5/TM	221/82	0	30
13/12/1987	LANDSAT 5/TM	221/82	0	33
07/01/1988	LANDSAT 5/TM	220/82	0	31
14/05/1988	LANDSAT 5/TM	220/82	14	44
18/08/1988	LANDSAT 5/TM	220/82	6	20
13/11/1988	LANDSAT 5/TM	221/82	0	27
24/12/1988	LANDSAT 5/TM	220/82	0	22
01/02/1989	LANDSAT 5/TM	221/83	0	21
11/07/1989	LANDSAT 5/TM	221/82	3	32
28/08/1989	LANDSAT 5/TM	221/82	1	34
24/10/1989	LANDSAT 5/TM	220/82	77	136
03/01/1990	LANDSAT 5/TM	221/82	0	35
04/02/1990	LANDSAT 5/TM	221/82	0	24
01/03/1990	LANDSAT 5/TM	220/82	0	32
18/04/1990	LANDSAT 5/TM	220/82	0	21
11/05/1990	LANDSAT 5/TM	220/82	0	16
12/06/1990	LANDSAT 5/TM	221/82	20	138
14/07/1990	LANDSAT 5/TM	221/82	0	16
24/08/1990	LANDSAT 5/TM	220/82	0	45
05/12/1990	LANDSAT 5/TM	221/82	6	38

22/01/1991	LANDSAT 5/TM	221/82	0	23
27/03/1991	LANDSAT 5/TM	221/82	0	18
28/04/1991	LANDSAT 5/TM	221/82	0	34
07/05/1991	LANDSAT 5/TM	220/82	0	25
24/06/1991	LANDSAT 5/TM	220/82	0	22
26/07/1991	LANDSAT 5/TM	220/82	0	34
02/08/1991	LANDSAT 5/TM	221/82	0	16
12/09/1991	LANDSAT 5/TM	220/82	0	19
21/10/1991	LANDSAT 5/TM	221/82	0	36
01/12/1991	LANDSAT 5/TM	220/82	0	22
09/01/1992	LANDSAT 5/TM	221/82	0	33
30/04/1992	LANDSAT 5/TM	221/82	0	17
30/09/1992	LANDSAT 5/TM	220/82	8	47
07/10/1992	LANDSAT 5/TM	221/82	0	25
19/12/1992	LANDSAT 5/TM	220/82	3	44
11/01/1993	LANDSAT 5/TM	221/82	0	32
05/02/1993	LANDSAT 5/TM	220/82	0	25
09/03/1993	LANDSAT 5/TM	220/82	0	16
10/04/1993	LANDSAT 5/TM	220/82	0	22
28/05/1993	LANDSAT 5/TM	220/82	0	26
13/06/1993	LANDSAT 5/TM	220/82	0	57
16/08/1993	LANDSAT 5/TM	220/82	0	14
08/09/1993	LANDSAT 5/TM	221/82	0	15
10/10/1993	LANDSAT 5/TM	221/82	0	12
04/11/1993	LANDSAT 5/TM	220/82	0	13
14/01/1994	LANDSAT 5/TM	221/82	0	11
20/04/1994	LANDSAT 5/TM	221/82	0	17
15/05/1994	LANDSAT 5/TM	220/82	4	58
07/06/1994	LANDSAT 5/TM	221/82	0	29
23/04/1995	LANDSAT 5/TM	221/82	0	15
09/05/1995	LANDSAT 5/TM	221/82	0	12
29/08/1995	LANDSAT 5/TM	221/82	0	32
16/10/1995	LANDSAT 5/TM	221/82	0	27
19/12/1995	LANDSAT 5/TM	221/82	0	16
05/02/1996	LANDSAT 5/TM	221/82	0	23
30/07/1996	LANDSAT 5/TM	221/82	0	17
21/12/1996	LANDSAT 5/TM	221/82	0	29
06/01/1997	LANDSAT 5/TM	221/82	0	33
30/05/1997	LANDSAT 5/TM	221/82	0	24
01/07/1997	LANDSAT 5/TM	221/82	0	31
27/08/1997	LANDSAT 5/TM	220/82	0	17
27/06/1998	LANDSAT 5/TM	220/82	0	31
20/07/1998	LANDSAT 5/TM	221/82	0	40
30/08/1998	LANDSAT 5/TM	220/82	0	22
06/09/1998	LANDSAT 5/TM	221/82	0	33
27/12/1998	LANDSAT 5/TM	221/82	0	28
21/01/1999	LANDSAT 5/TM	220/82	0	36
13/05/1999	LANDSAT 5/TM	220/82	0	15

30/06/1999	LANDSAT 5/TM	220/82	0	38
23/07/1999	LANDSAT 5/TM	221/82	0	33
25/08/1999	LANDSAT 7/ETM	220/82	0	15
17/09/1999	LANDSAT 7/ETM	221/82	0	36
19/10/1999	LANDSAT 7/ETM	221/82	0	17
12/11/1999	LANDSAT 5/TM	221/82	0	19
23/12/1999	LANDSAT 5/TM	220/82	0	21
28/03/2000	LANDSAT 5/TM	220/82	0	13
22/05/2000	LANDSAT 5/TM	221/82	0	13
23/06/2000	LANDSAT 5/TM	221/82	0	14
18/07/2000	LANDSAT 5/TM	220/82	0	21
03/08/2000	LANDSAT 5/TM	220/82	0	27
28/09/2000	LANDSAT 7/TM	220/82	0	27
30/10/2000	LANDSAT 7/TM	220/82	10	24
14/11/2000	LANDSAT 5/TM	221/82	0	19
17/12/2000	LANDSAT 7/TM	220/82	11	19
02/01/2001	LANDSAT 7/TM	220/82	13	45
19/02/2001	LANDSAT 7/TM	220/82	8	31
30/03/2001	LANDSAT 7/TM	221/82	10	21
07/04/2001	LANDSAT 5/TM	221/82	0	27
26/05/2001	LANDSAT 7/TM	220/82	8	17
13/07/2001	LANDSAT 7/TM	220/82	7	13
15/09/2001	LANDSAT 7/TM	220/82	8	21
25/10/2001	LANDSAT 5/TM	220/82	0	30
09/11/2001	LANDSAT 7/TM	221/82	19	48
20/12/2001	LANDSAT 7/TM	220/82	9	34
27/12/2001	LANDSAT 7/TM	221/82	11	55
28/01/2002	LANDSAT 7/TM	221/82	10	37
06/02/2002	LANDSAT 7/TM	220/82	10	30
10/03/2002	LANDSAT 7/TM	220/82	8	26
02/04/2002	LANDSAT 7/TM	221/82	8	22
14/06/2002	LANDSAT 7/TM	220/82	8	17
16/07/2002	LANDSAT 7/TM	220/82	7	24
09/09/2002	LANDSAT 7/TM	221/82	9	28
05/11/2002	LANDSAT 7/TM	220/82	11	28
08/01/2003	LANDSAT 7/TM	220/82	12	27
31/01/2003	LANDSAT 7/TM	221/82	10	30
13/03/2003	LANDSAT 7/TM	220/82	11	27
21/04/2003	LANDSAT 7/TM	221/82	8	22
02/07/2003	LANDSAT 5/TM	221/82	0	78
19/08/2003	LANDSAT 5/TM	221/82	0	35
20/09/2003	LANDSAT 5/TM	221/82	0	77
15/10/2003	LANDSAT 5/TM	220/82	3	37
07/11/2003	LANDSAT 5/TM	221/82	0	53
18/12/2003	LANDSAT 5/TM	220/82	0	33
26/01/2004	LANDSAT 5/TM	221/82	2	14
20/02/2004	LANDSAT 5/TM	220/82	0	23
30/03/2004	LANDSAT 5/TM	221/82	0	35

01/05/2004	LANDSAT 5/TM	221/82	0	32
17/05/2004	LANDSAT 5/TM	221/82	0	21
18/06/2004	LANDSAT 5/TM	221/82	0	24
21/07/2004	CBERS 2/CCD	156/135	0	23
05/08/2004	LANDSAT 5/TM	221/82	31	76
30/08/2004	LANDSAT 5/TM	220/82	0	24
06/09/2004	LANDSAT 5/TM	221/82	0	26
24/10/2004	LANDSAT 5/TM	221/82	1	23
02/11/2004	LANDSAT 5/TM	220/82	0	28
27/12/2004	LANDSAT 5/TM	221/82	0	35
12/01/2005	LANDSAT 5/TM	221/82	0	28
21/01/2005	LANDSAT 5/TM	220/82	0	21
13/02/2005	LANDSAT 5/TM	221/82	0	30
10/03/2005	LANDSAT 5/TM	220/82	0	35
27/04/2005	LANDSAT 5/TM	220/82	0	30
04/05/2005	LANDSAT 5/TM	221/82	0	33
21/06/2005	LANDSAT 5/TM	221/82	0	28
07/07/2005	LANDSAT 5/TM	221/82	0	28
17/08/2005	LANDSAT 5/TM	220/82	2	32
07/09/2005	CBERS 2/CCD	157/135	0	12
20/10/2005	LANDSAT 5/TM	220/82	0	25
21/11/2005	LANSAT_GLS	220/82	4	36
31/01/2006	LANDSAT 5/TM	221/82	0	22
09/02/2006	LANDSAT 5/TM	220/82	0	24
13/03/2006	LANDSAT 5/TM	220/82	0	30
05/04/2006	LANDSAT 5/TM	221/82	0	31
23/05/2006	LANDSAT 5/TM	221/82	0	24
24/06/2006	LANDSAT 5/TM	221/82	0	21
23/10/2006	LANDSAT 5/TM	220/82	0	35
15/11/2006	LANDSAT 5/TM	221/82	0	23
01/12/2006	LANSAT_GLS	221/82	14	56
27/01/2007	LANDSAT 5/TM	220/82	0	25
03/02/2007	LANDSAT 5/TM	221/82	0	38
23/03/2007	LANDSAT 5/TM	221/82	0	28
08/04/2007	LANDSAT 5/TM	221/82	0	38
26/05/2007	LANDSAT 5/TM	221/82	0	20
20/06/2007	LANDSAT 5/TM	220/82	0	29
29/07/2007	LANDSAT 5/TM	221/82	0	24
14/08/2007	LANDSAT 5/TM	221/82	0	33
01/10/2007	LANDSAT 5/TM	221/82	6	33
13/11/2007	CBERS 2B/CCD	156/135	34	97
09/12/2007	CBERS 2B/CCD	156/135	0	13
21/01/2008	LANDSAT 5/TM	221/82	5	29
15/02/2008	LANDSAT 5/TM	220/82	0	24
25/03/2008	LANDSAT 5/TM	221/82	0	27
17/04/2008	CBERS 2B/CCD	156/135	0	19
10/05/2008	CBERS 2B/CCD	157/135	0	16
17/09/2008	LANDSAT 5/TM	221/82	0	31

28/10/2008	LANDSAT 5/TM	220/82	0	20
06/12/2008	LANDSAT 5/TM	221/82	0	23
07/01/2009	LANDSAT 5/TM	221/82	0	24
24/02/2009	LANDSAT 5/TM	221/82	0	26
12/03/2009	LANDSAT 5/TM	221/82	0	24
29/04/2009	LANDSAT 5/TM	221/82	3	23
21/06/2009	CBERS 2B/CCD	156/135	0	69
27/07/2009	LANDSAT 5/TM	220/82	0	20
28/08/2009	LANDSAT 5/TM	220/82	2	16
20/09/2009	LANDSAT 5/TM	221/82	6	15
22/10/2009	LANDSAT 5/TM	221/82	5	30
16/11/2009	LANDSAT 5/TM	220/82	0	23
09/12/2009	LANDSAT 5/TM	221/82	17	46
11/02/2010	LANDSAT 5/TM	221/82	0	19
24/03/2010	LANDSAT 5/TM	220/82	2	21
09/04/2010	LANDSAT 5/TM	220/82	0	19
02/05/2010	LANDSAT 5/TM	221/82	0	27
22/08/2010	LANDSAT 5/TM	221/82	0	25
07/09/2010	LANDSAT 5/TM	221/82	0	20
09/10/2010	LANDSAT 5/TM	221/82	0	18
26/11/2010	LANDSAT 5/TM	221/82	0	22
29/01/2011	LANDSAT 5/TM	221/82	0	19
28/04/2011	LANDSAT 5/TM	220/82	0	22
05/05/2011	LANDSAT 5/TM	221/82	0	22
03/09/2011	LANDSAT 5/TM	220/82	4	27
28/10/2011	LANDSAT 5/TM	221/82	0	19
06/11/2011	LANDSAT 5/TM	220/82	9	32
25/12/2012	P6/LISS3	329/101	0	33
11/02/2013	P6/LISS3	329/101	10	38
07/03/2013	P6/LISS3	329/101	0	23
26/05/2013	LANDSAT 8/OLI	221/82	5142	5790
27/06/2013	LANDSAT 8/OLI	221/82	4914	5215
30/08/2013	LANDSAT 8/OLI	221/82	5021	5400
08/09/2013	LANDSAT 8/OLI	220/83	7437	8230
01/10/2013	LANDSAT 8/OLI	221/82	5305	6096
18/11/2013	LANDSAT 8/OLI	221/82	5502	8452
04/12/2013	LANDSAT 8/OLI	221/82	5610	7575
29/12/2013	LANDSAT 8/OLI	220/82	5499	7463
14/01/2014	LANDSAT 8/OLI	220/82	5195	6713
22/02/2014	LANDSAT 8/OLI	221/82	5174	6577
26/03/2014	LANDSAT 8/OLI	221/82	5177	6310
20/04/2014	LANDSAT 8/OLI	220/82	5098	6012
29/05/2014	LANDSAT 8/OLI	221/82	5092	5498
16/07/2014	LANDSAT 8/OLI	221/82	5285	5684
11/09/2014	LANDSAT 8/OLI	220/82	5599	6088
29/10/2014	LANDSAT 8/OLI	220/82	5363	7434
05/11/2014	LANDSAT 8/OLI	221/82	5303	7057
07/12/2014	LANDSAT 8/OLI	221/82	5192	7703



**APÊNDICE B**

Figura com os mapas temáticos da embocadura da Lagoa do Peixe/RS no período de 1985 a 2014.

