

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
COMISSÃO DE GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**Análise Sazonal de Sedimentos nas lagoas do Estuário de Tramandaí –
Tramandaí - RS**

BRUNO PONZONI GELAIN

Porto Alegre, 2018

BRUNO PONZONI GELAIN

**Análise Sazonal de Sedimentos nas lagoas do Estuário de Tramandaí –
Tramandaí - RS**

Orientador: Prof. Dr. Laurindo Antonio Guasselli

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito à obtenção do título de Bacharel em Geografia, no curso de Geografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Luis Alberto Basso - UFRGS

Prof. Dr. Ulisses Franz Bremer - UFRGS

**Porto Alegre
2018**

CIP - Catalogação na Publicação

Gelain, Bruno Ponzoni
Análise Sazonal de Sedimentos nas lagoas do
Estuário de Tramandaí - Tramandaí - RS / Bruno Ponzoni
Gelain. -- 2017.
48 f.
Orientador: Laurindo Antonio Guasselli.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto
de Geociências, Bacharelado em Geografia, Porto
Alegre, BR-RS, 2017.

1. sazonalidade. 2. sedimentos. 3. lagoas
costeiras. I. Guasselli, Laurindo Antonio, orient.
II. Título.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) pela excelência de ensino em todos esses anos de graduação.

A todos os professores do Instituto de Geociências que contribuíram na minha formação como geógrafo.

Ao professor Laurindo pela oportunidade de orientação, sem a qual esse trabalho não teria sido realizado.

A todo pessoal do DAEF pelos momentos de descontração durante o meu tempo na UFRGS, e todos os amigos que eu fiz por lá.

A todas as amigadas que construí durante meu tempo em Porto Alegre.

A minha família que foi de maior importância para a realização do meu curso superior.

A todas as pessoas que talvez se sintam esquecidas, eu lembro de todos vocês, e todos os momentos que me ajudaram.

RESUMO

Estudos sobre as dinâmicas e qualidade ambiental das lagoas costeiras ainda são limitados para o litoral norte do Rio Grande do Sul. Com o aumento populacional, estudos ambientais e que expliquem as dinâmicas da planície costeira tornam-se essenciais para a manutenção da biodiversidade e vida da região. Este trabalho dispõe-se a analisar a variação sazonal da quantidade de sedimentos nas lagoas do Estuário de Tramandaí – Lagoa de Tramandaí e Lagoa do Armazém – através de dados coletados pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM) e a análise de reflexão da radiação utilizando as ferramentas de sensoriamento remoto, criando gráficos e mapas temáticos para a visualização dos padrões de sólidos totais, turbidez e transparência da água no estuário. Os resultados obtidos mostram uma correlação entre a variação de sedimentos de maneira sazonal (período chuvoso e período seco) de acordo com o regime hídrico da região do município de Tramandaí.

PALAVRAS-CHAVE: Lagoas costeiras, sazonalidade, limnologia, sólidos totais

ABSTRACT

Studies about dynamics and ambiental quality of coastal lagoons are limited to the litoral of Rio Grande do Sul. With the populacional increase, ambiental studies to explain the coastal plain dynamics become essential to management of biodiversity and life of the region. This study analisys the sazonal variation of the amount of sediments in the Estuário de Tramandaí lagoons – Tramandaí Lagoon and Armazém Lagoon – through collected data of State Foundation of Ambiental Protection (SFAP) and the analysis of radiation and reflection by Remote Sensing, creating graphics and thematic maps to visualize patterns of total solids, turbidity and water transparency in the estuary. The results obtained show the correlation between sediments variation seasonally (rain season and dry season) and the hidric regime in the municipal region of Tramandaí.

KEYWORDS: Coastal Lagoon, seasonality, limnology, total sediments.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 : Mapa de localização.....	13
Figura 2 : Localização das Lagoas.....	13
Figura 3 : Reflectância Residual de Material Inorgânico.....	18
Figura 4 : Pontos de coleta da FEPAM.....	22
Figura 5 : Reflectância período chuvoso 1993.....	36
Figura 6 : Reflectância período chuvoso 1994.....	36
Figura 7 : Reflectância período chuvoso 1995.....	37
Figura 8 : Reflectância período seco 1997.....	37
Figura 9 : Reflectância período chuvoso 1998.....	37
Figura 10 : Reflectância período chuvoso 1999.....	37
Figura 11 : Reflectância período seco 2000.....	38
Figura 12 : Reflectância período chuvoso 2000.....	38
Figura 13 : Reflectância período seco 2001.....	38
Figura 14 : Reflectância período chuvoso 2001.....	38
Figura 15 : Reflectância período seco 2002.....	39
Figura 16 : Reflectância período seco 2003.....	39
Figura 17 : Reflectância período chuvoso 2003.....	39
Figura 18 : Reflectância período chuvoso 2004.....	39
Figura 19 : Reflectância período seco 2005.....	40
Figura 20 : Reflectância período chuvoso 2006.....	40
Figura 21 : Reflectância período chuvoso 2007.....	40
Figura 22 : Reflectância período seco 2008.....	40
Figura 23 : Reflectância período seco 2009.....	41
Figura 24 : Reflectância período chuvoso 2009.....	41
Figura 25 : Reflectância período seco 2010.....	41
Figura 26 : Reflectância período chuvoso 2010.....	41
Figura 27 : Reflectância período chuvoso 2011.....	42
Figura 28 : Reflectância período seco 2013.....	42
Figura 29 : Reflectância período chuvoso 2013.....	42

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 : Sólidos Totais, ponto de coleta Ger 15, entre 2006 e 2013.....	24
Gráfico 2 : Sólidos Totais, ponto de coleta Ger 16, entre 2006 e 2013.....	25
Gráfico 3 : Sólidos Totais, ponto de coleta Ger 19, entre 2006 e 2013.....	26
Gráfico 4 : Sólidos Totais, ponto de coleta Ger 20, entre 2006 e 2013.....	27
Gráfico 5 : Turbidez, Ponto Ger 15, entre 2005 e 2013.....	28
Gráfico 6 : Turbidez no Ponto Ger 16, entre 1997 e 2013.....	29
Gráfico 7 : Turbidez no Ponto Ger 19, entre 1997 e 2013.....	29
Gráfico 8 : Turbidez no Ponto Ger 20, entre 1997 e 2013.....	30
Gráfico 9 : Profundidade e Transparência ponto Ger 15, entre 2006 e 2013.....	31
Gráfico 10 : Profundidade e Transparência ponto Ger 16, entre 2006 e 2013.....	32
Gráfico 11 : Profundidade e Transparência ponto Ger 19, entre 2006 e 2013.....	32
Gráfico 12 : Profundidade e Transparência ponto Ger 20, entre 2006 e 2013.....	33
Gráfico 13 : Correlação Sólidos Totais e Transparência ponto Ger 15.....	34
Gráfico 14 : Correlação Sólidos Totais e Transparência ponto Ger 16.....	34
Gráfico 15 : Correlação Sólidos Totais e Transparência ponto Ger 19.....	35
Gráfico 16 : Correlação Sólidos Totais e Transparência ponto Ger 20.....	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

IQA – Índice de Qualidade da Água

NSF – National Sanitation Foundation

NTU - Unidade Nefelométrica de Turbidez (Nephelometric Turbidity Units)

USGS – United States Geological Survey

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO.....	10
1.2 – OBJETIVOS.....	12
1.3 – JUSTIFICATIVA.....	12
1.4 – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	13
2 – REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1 – GÊNESE E FORMAÇÃO.....	14
2.2 – ESTUDOS DE QUALIDADE DA ÁGUA.....	15
2.3 – SENSORIAMENTO REMOTO.....	17
2.4 – MAPEAMENTO E ESTUDOS AMBIENTAIS.....	19
3 – METODOLOGIA.....	21
4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	24
4.1 – ANÁLISE GRÁFICA DOS SEDIMENTOS TOTAIS.....	24
4.2 – NÍVEIS DE TURBIDEZ.....	27
4.3 – PROFUNDIDADE E TRANSPARÊNCIA DA ÁGUA.....	30
4.4 – CORRELAÇÃO ENTRE SÓLIDOS TOTAIS E TRANSPARÊNCIA.....	33
4.5 – ANÁLISE DOS SEDIMENTOS DAS LAGOAS DO ESTUÁRIO DE TRAMANDAÍ ATRÁVES DO SENSORIAMENTO REMOTO.....	36
5 – CONCLUSÃO.....	45
6 – REFERÊNCIAS.....	46

1. INTRODUÇÃO

Lagoas costeiras estão presentes ao longo do litoral brasileiro. No Rio Grande do Sul, ao longo de todo litoral há diversos corpos lacustres caracterizados como lagoas costeiras, que de maneira geral apresentam algumas características semelhantes como, por exemplo, uma baixa profundidade (SCHAFER, 1985).

Embora de gênese comum durante as transgressões e regressões das águas do oceano Atlântico durante o Holoceno (SCHAFER, 1985), cada lagoa possui características individuais devido as relações e dinâmicas dos locais que estão inseridas. As lagoas possuem peculiaridades de acordo com a morfologia, regime climático da região, intereção ou não com as águas do mar, regime de ventos, dentro outros fatores que tornam a análise das lagoas um trabalho individual para se estabelecer relações ambientais entre suas dinâmicas (CALIMAN et al., 2010).

Devido as lagoas possuírem características únicas (SCHAFFER, 1988; CALIMAN et al., 2010) o estudo das lagoas costeiras na Planície Costeira do Rio Grande do Sul ainda requer o estudo individual de sua dinâmica espaço-temporal em relação aos seus constituintes, e a avaliação de possíveis impactos em relação ao uso e ocupação do solo na área da bacia hidrográfica do rio Tramandaí.

Algumas dessas lagoas possuem algum tipo de monitoramento sobre parâmetros de qualidade das águas realizados por órgãos estaduais ou municipais (HAASE et al., 2003). Entretanto, na maioria das vezes a coleta de dados é apenas semestral quando não anual (HAASE et al., 2003), dificultando uma análise ambiental sobre os padrões nas lagoas ao longo do tempo. Mesmo os dados disponíveis ainda não contemplam todos os aspectos relevantes para a elaboração de planos de proteção ambiental em relação as atividades humanas exercidas no entorno das lagoas (HENNEMANN, 2010; RAMOS; LANZER; SCHAFER, 2012). Além disso, estudos acadêmicos ainda são poucos nas lagoas costeiras do Rio Grande do Sul.

Problemas que podem surgir nas lagoas devido a falta de monitoramento podem incluir a eutrofização (HENNEMANN, 2010), assoreamento e poluição por agentes químicos despejados nas lagoas. Esses problemas impactam a biodiversidade e a vida da população (RAMOS; LANZER; SCHAFER, 2012) que

dependem das lagoas para diversos fins, a exemplo da disponibilidade de água potável (MACHADO; BAPTISTA, 2016).

O Estuário de Tramandaí é composto por duas lagoas: a lagoa de Tramandaí ao norte e a lagoa do Armazém ao Sul. O estuário está localizado entre os municípios de Tramandaí, Imbé e Osório, e está inserido na bacia hidrográfica do rio Tramandaí. Tem como afluente um rio de mesmo nome ao norte, e ao sul o arroio Camarões que é uma ligação entre a lagoa do Armazém e a Lagoa da Custódia. A lagoa possui uma saída para o oceano Atlântico, uma das cinco saídas no estado do Rio Grande do Sul. A área do canal ao longo do tempo sofreu retificações (SILVA; TOLDO JR; WESCHENFELDER, 2016).

Técnicas de sensoriamento remoto podem responder questões relativas as dinâmicas dos corpos hídricos costeiros (CALIMAN et al., 2010; SCHAFER et al., 2014). Estudos utilizam imagens para identificar níveis tróficos, quantidade de sedimentos em suspensão, assoreamento e outras interações de lagoas no ambiente costeiro (HENNEMANN, 2010; LONDO; NOVO; CALIJURI, 2011; VALERIO; STECH; KAMPEL, 2011). A utilização do geoprocessamento permite uma análise do Estuário de Tramandaí utilizando imagens Landsat 5 e Landsat 7. As ferramentas de geoprocessamento associado com trabalhos de campo, permitem um novo panorama de análise das lagoas costeiras e sua relação com o ambiente antrópico que estão inseridas.

A lagoa de Tramandaí mostra-se uma área de estudo carente de entendimento de suas dinâmicas individuais, apresentando dois grandes segmentos de área lagunar e uma saída para o oceano através do rio Tramandaí, além de intensidade de atividades humanas e urbanização em seus entorno. Uma análise das condições atuais da lagoa de Tramandaí é relevante devido aos impactos do crescimento populacional (ZUANAZZI; BARTELS, 2016) da região costeira.

1.1 OBJETIVOS

O trabalho tem os seguintes objetivos:

Objetivo geral:

Analisar a variação da carga sedimentar nas lagoas do estuário de Tramandaí.

Objetivos específicos:

- Analisar os dados de sólidos totais, índice de turbidez, profundidade e transparência da água;
- Analisar a carga de sedimentos em suspensão numa escala espaço-temporal utilizando imagem de satélite;
- Elaborar mapas temáticos indicando os índices de sedimentos em suspensão e padrões de sazonalidade.

1.2 JUSTIFICATIVA

A carência de estudos sobre as lagoas da planície costeira incentiva análises dos impactos recentes que a urbanização do litoral tem sobre suas lagoas. Como áreas ambientais de importância para a vida humana da região, estudos mais detalhados sobre as condições e dinâmicas sazonais são necessários para a preservação das lagoas e seu entorno. Políticas ambientais por vezes são insuficientes sem um monitoramento e entendimento dos componentes que influenciam a caracterização ambiental das lagoas. A lagoa de Tramandaí tem importante papel na região.

1.3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM), caracteriza as águas da lagoa de Tramandaí como salobras, devido a presença do canal que liga a lagoa com o mar, com salinidade média de 6,5 por milhar e média de 3,2 por milhar nos pontos analisados pela FEPAM (HAASE et al., 2003).

As lagoas do município de Tramandaí estão inseridas na formação geológica da bacia sedimentar de Pelotas. Tem como principal afluente o rio Tramandaí, que possui a foz ao norte do município Tramandaí na divisa com o município de Imbé.

As lagoas do estuário passaram por uma série de interferências antrópicas como, por exemplo, a retificação do canal que faz ligação com o oceano (SILVA, TOLDO JR, WESCHENFELDER, 2016), o estuário possui uma área total de 18,27 km² , e uma profundidade média de 1,40 metros (SILVA, TOLDO JR, WESCHENFELDER, 2016).

Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) a região do litoral norte possui um clima subtropical úmido, com o período de menor precipitação (período seco) no verão e uma estação com maior precipitação no inverno (período chuvoso)



Figura 1: Mapa de localização



Figura 2: Localização das Lagoas

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico utilizado para a elaboração deste trabalho foi composto de uma análise sobre a formação das lagoas costeiras e suas características, estudos de qualidade da água, determinação de padrões espaciais sobre corpos hídricos utilizando o sensoriamento remoto, mapeamentos e estudos ambientais já realizados em outros ambientes lagunares.

A relação bibliográfica serve como indicador para os parâmetros utilizados para a análise das variações sazonais de sólidos totais, índice de turbidez e profundidade e transparência da água.

2.1 Formação e Características das Lagoas Costeiras

A gênese da formação das lagoas costeiras no Rio Grande do Sul, se dá ao final da última glaciação do holoceno com a geração dos sistemas laguna-barreira. As lagoas são relictos do avanço e recuo do mar (SCHAFER, 1985). Processos exógenos das glaciações os ambientes costeiros e a relação aos processos hidrológicos, de erosão e deposição eólica isolando as lagoas da região costeira (SCHAFER, 1985)

Lagoas costeiras possuem uma baixa profundidade e alta dinâmica dependendo da morfologia da região onde estão inseridas, tendo suas variáveis como tamanho, turbidez, salinidade e temperatura afetadas pelo ambiente inserido na planície costeira. (SCHAFER et al., 2014).

Embora existam relações entre o tamanho e a profundidade das lagoas, considera-se como padrão que elas possuam profundidade média entorno de 3,5 metros, não ultrapassando 7 metros (SCHAFFER, 1988), contendo uma relação entre o tamanho das lagoas e sua profundidade (SCHAFER, 1988).

Devido a baixa profundidade, a forte presença dos ventos mantêm constantemente os sedimentos em suspensão (SCHAFER et al., 2014). De forma geral as lagoas tem um aspecto turvo e de baixa transparência (SCHAFER et al., 2014). Dada as similaridades entre profundidade e a sua dinâmica (SCHAFFER, 1988), cada lagoa possui interações únicas com o meio onde está inserida variando

de acordo com a localidade, apresentando padrões diferentes para mesmas variáveis de acordo com o meio inserido (CALIMAN et al., 2010).

O Sistema Lagunar de Tramandaí é formado por corpos d'água rasos, em forma de lente, com contorno cordiforme, refletindo o efeito dinâmico da ação eólica, com direção de ventos predominantes de NE-SW (SCHWARZBOLD & SCHAFER, 1984 apud CARDOSO & MARQUES, 2006).

De acordo com Cardoso & Marques (2006) a mistura total de massas de água pode gerar altos valores de turbidez, portanto

O efeito do vento atuando na região é bastante intenso, portanto o “fetch” efetivo de cada uma destas lagoas costeiras do RS deve ser considerado como um fator físico determinante nos processos de ressuspensão de partículas” (CARDOSO & MARQUES, 2006, pg. 132).

2.2 Estudos de Qualidade da Água

Schafer (1985) ressalta a importância do equilíbrio ecológico em águas continentais, explicando que a relação de influências externas e internas na dinâmica nas lagoas é importante para a manutenção saudável dos ecossistemas. Lagoas costeiras são caracterizadas como um sistema aberto (SCHAFER, 1985) e, desta maneira, um sistema lagunar precisa estar em equilíbrio sobre as quantidades de água e sedimentos que recebe e que é capaz de descarregar (SCHAFER, 1985). Influências internas são parte do ecossistema natural da área da lagoa e influências externas aquelas relevantes ao ambiente antrópico do seu entorno (SCHAFER, 1985).

A manutenção e entendimento da carga de sedimentos que atinge um ambiente lagunar é um dos processos mais complicados de serem entendidos, porém um dos mais necessários para a manutenção dos seus níveis de trofia (SCHAFER, 1985).

Variações nos níveis de nitrogênio e fósforo são os mais comumente utilizados para a análise da variação do nível de trofia de uma lagoa (SCHAFER, 1985). O aumento na quantidade desses elementos no corpo da hidrôica pode

significar um acréscimo de organismos no corpo da água que não conseguem ser eliminados totalmente no escoamento das águas da lagoa de maneira a aumentar a produção de bio-organismos aquáticos que começam a se depositar no fundo da lagoa em forma de lodo orgânico iniciando o processo de assoreamento acelerado (SCHAFER, 1985). As descargas de sedimentos e compostos com nitrogênio e fósforo podem variar de efluentes de esgotos domésticos que são lançados na lagoa como por efluentes industriais e de pesticidas usados para a agricultura (ESTEVEZ, 2011).

O índice de qualidade da água (IQA) foi criado pela National Sanitation Foundation (NSF), desenvolvido em 1970 e adotado pela CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) em 1975. Atualmente é utilizado como parâmetro para estudos que envolvem a qualidade da água. Os parâmetros do IQA são: oxigênio dissolvido, coliformes termo-tolerantes, potencial hidrogênico (pH), demanda bioquímica de oxigênio, temperatura da água, nitrogênio total, fosfóforo total, turbidez e sólidos disponíveis totais (Agência Nacional de Águas, 2017)

Cardoso e Marques (2006) utilizaram parâmetros de IQA para análise das águas do Estuário de Tramandaí e a relação da população zooplanctônica como bioindicadores da qualidade da água. Cardoso e Marques (2006) caracterizam as lagoas do estuário com a classificação "ruim" durante o inverno, e no restante do tempo a classificação de "aceitável" para as outras estações do ano. A variação sazonal do IQA das águas do estuário de Tramandaí se relaciona com a intensidade dos ventos nas áreas costeiras (CARDOSO & MARQUES, 2006) . Na primavera a relação entre as comunidades bioecológicas e o IQA relaciona-se com a maior intensidade dos ventos que mantêm os sólidos disponíveis em ressuspensão aumentando o nível de turbidez da água (NTU) separando mais a comunidade zooplanctônica (CARDOSO & MARQUES, 2006). Os fatores mais relevantes para a variação do IQA e as comunidades zooplanctônicas no ambiente lagunar do Estuário de Tramandaí são turbidez, sólidos totais e quantidade de coliformes termo-tolerantes (CARDOSO, MARQUES, 2006).

Haase et al. (2003), fez uma análise da qualidade da água de todas as lagoas monitoradas pela FEPAM entre 1993 e 2002. De acordo com o Haase et al. (2003) as águas do Estuário de Tramandaí são salobras, com base na categorização do

CONAMA. A maior salinidade ocorre devido a presença do canal de ligação com o mar, aumentando a salinidade das águas da lagoa. Haase et al. (2003) constatou que os outros parâmetros ficaram dentro do normal esperado para os valores de IQA e pelas resoluções do CONOMA para a água das lagoas do Estuário de Tramandaí.

2.3 Sensoriamento Remoto e Reflectância

O comportamento espectral da água é resultado dos processos de absorção e espalhamento da radiação. A reflexão detectada pelo sensor fornece informações sobre características físico-químicas e biológicas da região estudada (CABRAL, 2003 apud FERREIRA & PEREIRA FILHO, 2009).

Um dos principais interesses do uso do sensoriamento remoto em ambientes aquáticos é verificar a variação espacial e temporal da composição da água, possibilitando investigar a origem e o deslocamento de substâncias específicas em suspensão ou dissolvidas na água (JENSEN, 2009).

A alteração da cor da água deve-se a absorção da radiação eletromagnética nos menores comprimentos de onda da faixa do visível, principalmente na região do azul. Com várias bandas de absorção sobrepondo-se, estes compostos apresentam uma curva de absorção semelhante a matéria orgânica dissolvida, com valores altos no ultravioleta e azul, decrescendo até o verde e valores muito baixos no vermelho (NOVO, 2001).

O Sensoriamento remoto pode ser utilizado para análise do nível trófico das lagoas (HENNEMANN, 2010) e em grandes reservatórios de água (LONDE; NOVO; CALIJURI, 2011; VALERIO; STECH; KAMPEL, 2011).

A falta de estudos mais específicos sobre as condições dos ambientes lagunares costeiros torna necessária uma análise sobre as características de cada lagoa individualmente (SCHAFER et al., 2014). Cada lagoa apresenta uma dinâmica própria de acordo com o regime climático e a geomorfologia de onde estão inseridas (CALIMAN et al., 2010; SCHAFER et al., 2014).

A quantidade de energia refletida pelos corpos d'água é significativamente menor que outros alvos terrestres. A maior parte da resposta espectral da água é

limitada aos comprimentos de onda do visível, já que na região do infravermelho a maior parte é absorvida (MORAES, 2002).

A água, por outro lado, apresenta um grau de absorção muito maior que os outros elementos e baixo nível de reflexão, refletindo somente parte da radiação da faixa do visível (MORAES, 2002).

Devido ao comportamento espectral da água, a sua resposta em imagens de satélite fica dependente dos elementos que estão presentes no corpo hídrico, como por exemplo: sedimentos em suspensão, vegetação aquática, reflexão do fundo do corpo hídrico dependendo de sua profundidade (MOREIRA, 2007). Tornando assim um elemento de análise que se associa os elementos presentes (MORAES, 2002).

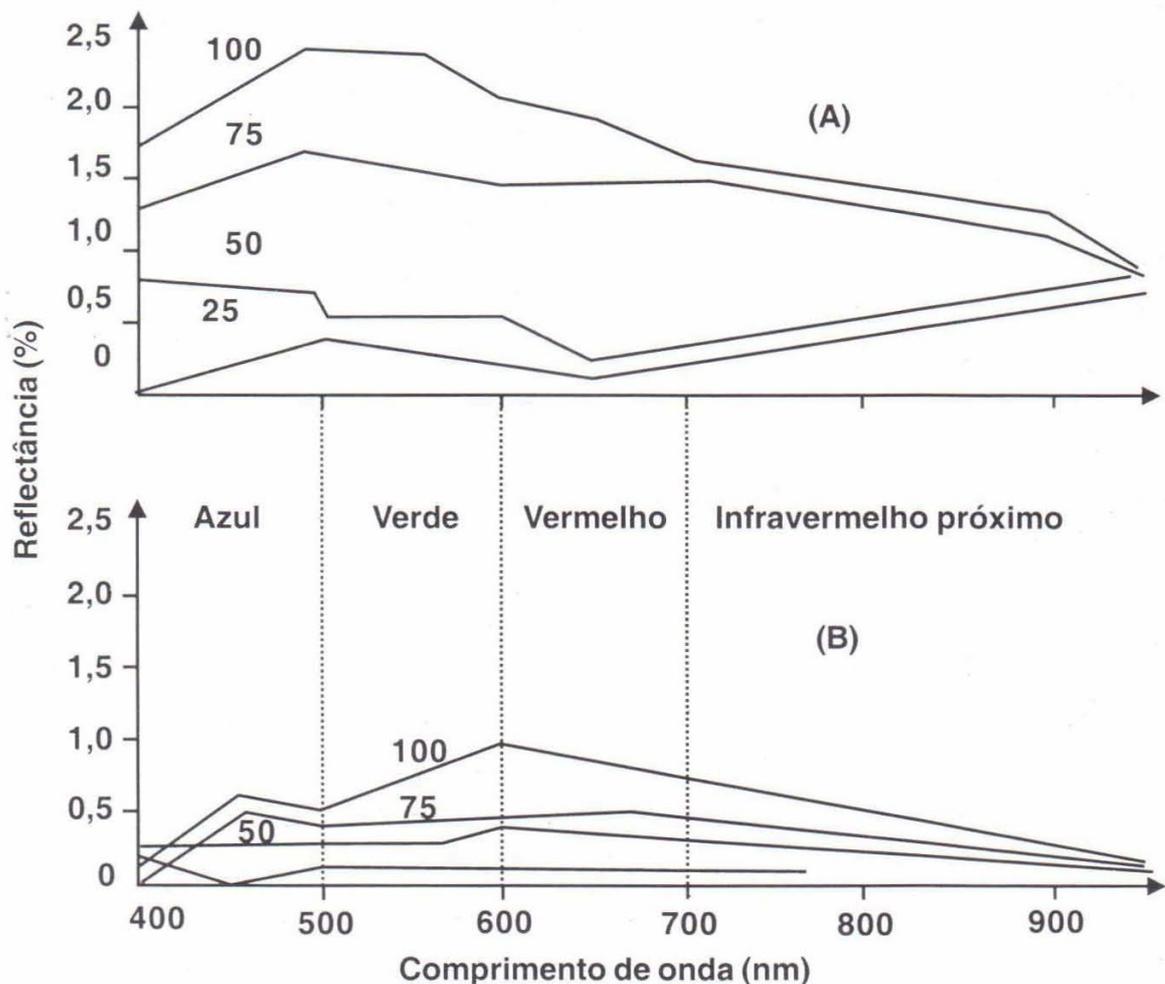


Figura 3: Reflectância Residual de Material Inorgânico: (A) Material branco com partículas entre 1 e 20 μm de tamanho nas concentrações de 25, 50, 75 e 100%; e (B) material vermelho com partícula entre 7 e 37 μm de tamanho; nas mesmas concentrações de (A). Fonte: Novo et al., 1989.

As bandas espectrais individuais podem ser utilizadas para, por exemplo, estimar a carga e/ou definir padrões da dinâmica do corpo lagunar associados a carga sedimentar (MOREIRA, 2007). As bandas que melhor relacionam-se com os sedimentos são as bandas da faixa espectral do visível em especial a banda do vermelho (MOREIRA, 2007).

2.4 Mapeamento de Lagoas e Estudos Ambientais

Estudos ambientais de Lagoas costeiras que relacionam o nível de impacto da atividade humana com o nível de preservação do ambiente natural que estão inseridas (RAMOS, LANZER, SCHAFER, 2012), são carentes de estudos e mapeamentos que relacionem suas áreas de preservação, áreas de alagamento e de proteção natural (DOMINGUES et al., 2015).

Alguns estudos relacionam os impactos ambientais e a necessidade de preservação de acordo com o nível de uso de atividades humanas no entorno das lagoas, os níveis de urbanização, utilização para o turismo e atividades econômicas (RAMOS; LANZER; SCHAFER, 2012). Assim como o nível de lançamento de esgoto sem tratamento nas águas, tem impactos na qualidade geral da água, do seu índice trófico e de poluição (MACHADO; BAPTISTA, 2016).

Domingues et al., (2015) apresentam que muitas das lagoas costeiras não possuem uma boa delimitação das suas áreas de alagamento e definição das áreas de proteção ambiental. Segundo a legislação ambiental, as áreas de proteção devem ser demarcadas e apresentadas para não utilização de atividades humanas. Associado ao crescimento populacional e urbano na planície costeira que intensificasse no período do verão, onde possui aumentos de cerca de 140% de sua população (ZUANAZZI, BARTELS, 2016), as lagoas são utilizadas para atividades humanas de lazer tornando-as uma atividade econômica comum no litoral, impactando o balanço das lagoas pelo uso intensificado (RAMOS; LANZER; SCHAFER, 2012).

Na planície costeira do Rio Grande do Sul, Schafer et al. (2014), caracteriza dezoito (18) lagoas a partir de sua morfologia e dinâmica. Associando a alta atividade eólica da região com o balanço de sedimentos em suspensão na água, o que deixa a água com aspecto turvo e dificultando a análise sobre os níveis tróficos (Schafer et al., 2014). A análise de nível trófico de um corpo hídrico é essencial para

estabelecer um padrão de qualidade do corpo estudado (SCHAFER, 1985).

A necessidade ambiental de conservação de ambientes naturais carece de medidas ambientais para mitigar os danos que a atividade humana exerce, fazendo aumentar o nível de trofia pelos despejos de lixo sólido, esgoto e erosão pelo uso de veículos na beira da lagoa entre outras atividades de turismo e lazer (RAMOS; LANZER; SCHAFER, 2012).

O estudo de Machado e Baptista (2016) analisa os impactos em relação ao nível de trofia do despejo de esgoto na lagoa de Paranoá (Distrito Federal), com a eutrofização da lagoa conforme temporalmente relacionado com a intensificação da urbanização e crescimento populacional da cidade, que apresentava níveis hipereutrófico devido à falta de saneamento e políticas de preservação de despejo de resíduos para a preservação da lagoa.

O canal do rio Tramandaí historicamente se deslocava para nordeste de acordo com a deriva litorânea e intensidade das correntes marinhas criando uma instabilidade na sua dinâmica o que poderia acarretar o assoreamento da desembocadura do canal (SILVA, TOLDO JR, WESCHENFELDER, 2016). A partir da década de 60 uma construção do tipo guia-corrente foi inserida ao longo do canal para mantê-lo estável em relação à dinâmica oceânica. Com as alterações efetuadas no canal do rio Tramandaí este encontra-se em equilíbrio não apresentando assoreamento na sua desembocadura, atualmente utilizado por embarcações pesqueiras (SILVA, TOLDO JR, WESCHENFELDER, 2016). Embora a desembocadura encontre-se estável em relação à dinâmica com as marés e as ondas, a profundidade do canal costuma variar de acordo com o aporte de sedimentos vindo da lagoa, o que acaba diminuindo sua profundidade média de 4 metros (SILVA, TOLDO JR, WESCHENFELDER, 2016).

A variação do índice trófico das lagoas é o método mais comumente utilizado para a análise ambiental. Pode-se medir através do sensoriamento remoto e análise dos sedimentos orgânicos e inorgânicos presentes, pois apresenta um retorno confiável do nível de preservação, conforme maior nível de eutrofização melhor a relação estabelecida sobre a qualidade da água (HENNEMAN, 2010; LISSNER, 2011). Proteção ambiental de lagoas são essenciais para a manutenção da biodiversidade e prevenção do envelhecimento natural acelerado (LANZER, 2005).

3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste trabalho envolve os seguintes procedimentos:

- Pesquisa bibliográfica sobre regiões costeiras do Brasil, processos limnológicos, comportamento espectral de alvos a partir de imagens de sensoriamento remoto;
- Coleta de dados sobre o Estuário de Tramandaí, composto pelas lagoas de Tramandaí e Lagoa do Armazém, existentes no site da Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM) para o período entre os anos de 1993 e 2013;
- Criação de gráficos através do programa Microsoft Excel dos dados coletados pela Fepam;
- Aquisição de imagens de satélite Landsat 5 e Landsat 7, disponibilizadas pela United States Geological Survey (USGS) e o processamento no programa Arcgis 10.3.

Os dados disponibilizados no site FEPAM correspondem a grande parte das lagoas do litoral norte do Rio Grande do Sul, sendo de interesse para o trabalho os pontos da bacia Hidrografia do Rio Tramandaí, localizados no Estuário de Tramandaí que são identificados pela nomenclatura de pontos Ger 15, Ger 16, Ger 19 e Ger 20. Cada ponto de coleta abrange dados sobre a qualidade da água, sólidos disponíveis, profundidade, turbidez, condutividade elétrica entre outros, também como caracterização de metais disponíveis no corpo hídrico.

Para o interesse de análise deste trabalho os itens selecionados envolvem a quantidade de Sólidos em Suspensão em miligramas por litro, o nível de Turbidez (NTU), a profundidade e a transparência da água no momento da coleta para cada um dos quatro pontos. Cada ponto de coleta possui dados ao longo de 20 anos, porém, nem toda coleta teve todos os parâmetros realizados, seja pela metodologia que foi sendo modificada ao longo dos anos ou por falhas mecânicas nos equipamentos. As datas de coleta respeitavam a lógica da sazonalidade da região com uma das coletas durante o período seco, no verão, e outra no período chuvoso, no inverno.



Figura 4: Pontos de Coleta da FEPAM

O ponto Ger 15 corresponde ao braço superior da foz do rio Tramandaí, localizado nas coordenadas Latitude -29,95288; Longitude -50,16403, o ponto Ger 16 no braço sul da foz do rio Tramandaí em Latitude -29,96888; Longitude -50,1387, a coleta Ger 19 na junção entre a lagoa do Armazém e a Lagoa Tramandaí em Latitude -29,98543; Longitude -50,14837 e o último ponto na foz do Rio do Camarão, na lagoa do Armazém, na Latitude -29,98748; Longitude -50,17484, com a sigla Ger 20.

Os dados de pontos Ger 15, Ger 16, Ger 19 e Ger 20 foram organizados em uma planilha do Microsoft Excel. Foram elaborados gráficos para cada ponto de coleta utilizando os parâmetros de Sólidos Totais, Turbidez, Profundidade e Transparência do período entre 1993 e 2013. Os dados foram organizados para as estações seca e chuvosa, para análise do comportamento da sazonalidade de sedimentos nas lagoas de Tramandaí e do Armazém.

As imagens de satélite Landsat 5 e Landsat 7, são disponibilizadas no site da

USGS já georreferenciadas e ortorretificadas, em 7 bandas espectrais para cada imagem. As imagens Landsat possuem resolução espacial de 30 metros de pixel e resolução temporal de 16 dias. As imagens selecionadas foram aquelas que se adequavam ao meses e anos de coleta da Fepam, cuja a cobertura de nuvens fosse mínima para a interpretação da lagoa em sua totalidade.

Para o desenvolvimento do trabalho as seguintes datas foram selecionadas para análise de sensoriamento remoto:

Período Seco	Período Chuvoso
4 de novembro de 1993	18 de julho de 1994
23 de maio de 1997	7 de setembro de 1995
9 de fevereiro de 2000	13 de julho de 1998
31 de março de 2001	1 de agosto de 1999
10 de março de 2002	26 de julho de 2000
29 de março de 2003	06 de agosto de 2001
10 de março de 2005	20 de agosto de 2003
26 de março de 2008	5 de julho de 2004
29 de março de 2009	11 de julho de 2006
16 de março de 2010	30 de julho de 2007
3 de janeiro de 2013	30 de julho de 2009
	8 de setembro de 2010
	25 de agosto de 2011
	3 de agosto de 2013

Todas imagens foram processadas no software SIG Arcgis para análise e criação de mapas temáticos, incluindo a criação de mosaicos e mapas de reflectância da banda espectral da banda do vermelho. Conforme a literatura a região do comprimento de onda do vermelho é a mais indicada para análise da carga de sedimentos inorgânico em suspensão em corpos d'água. Com as imagens recortadas em escala de 1 para 25000 para a elaboração dos mapas temáticos.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para discussão dos resultados obtidos nessa pesquisa, os resultados estão organizados de forma a discutir os dados de coleta da FEPAM, e para análise da reflectância dos sedimentos em suspensão nas lagoas do Estuário de Tramandaí a partir de imagens de satélite Landsat 5 e 7.

4.1 Sedimentos Totais

A análise da carga de Sedimentos Totais nos 4 pontos de coleta da FEPAM nas lagoas de Tramandaí e Lagoa do Armazém ilustra a variabilidade sazonal entre as estações seca e chuvosa. As coletas de sólidos totais se deu durante os meses de janeiro, março, julho, agosto e setembro para todos os pontos com variação da quantidade de sólidos de acordo com a localização.

O ponto de Coleta Ger 15, Gráfico 1, está próximo da foz do braço superior do rio Tramandaí e apresenta uma variabilidade maior entre os meses secos e chuvosos. A quantidade de sedimentos nos meses secos se mantêm quase constante em relação ao meses chuvosos devido ao aporte de água que escoar da Bacia Hidrográfica de Tramandaí para a proximidade do ponto de coleta no período chuvoso.

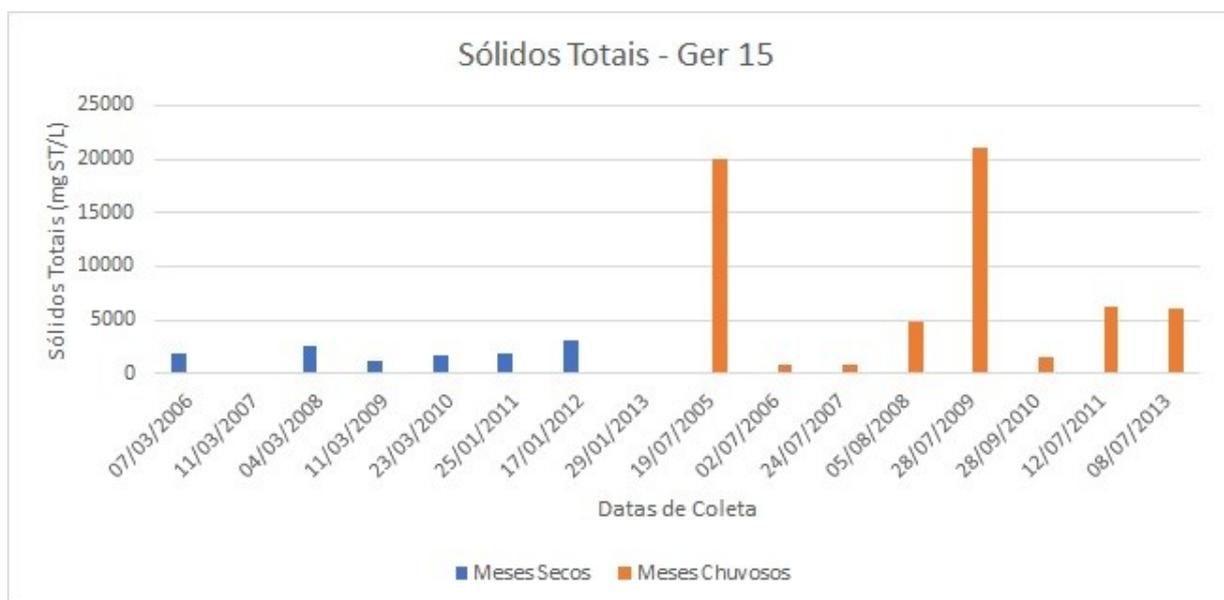


Gráfico 1. Sólidos Totais, Ponto de Coleta Ger 15, entre 2006 e 2013.

Durante o período de maior precipitação os valores ultrapassam 20000 mg de sólidos totais por litro d'água, enquanto no período seco não ultrapassam a quantidade de 5000 mg de sólidos totais por litro d'água. Os meses chuvosos apresentam uma média de sólidos totais superior ao dos meses secos. Nos anos de 2006, 2007 e 2010 observa-se que a variação é pequena de uma estação para outra caracterizando um ano com menor intensidade de chuvas na região para o mês de coleta

O ponto Ger 16, Gráfico 2, apresenta-se constante em relação a quantidade total de sólidos nas duas estações de análise. Os dados da FEPAM mostram uma baixa quantidade de sedimentos. O ano de 2009 foi exceção, quando a quantidade de sedimentos do período chuvoso mostrou-se superior a média de todos os meses coletados.

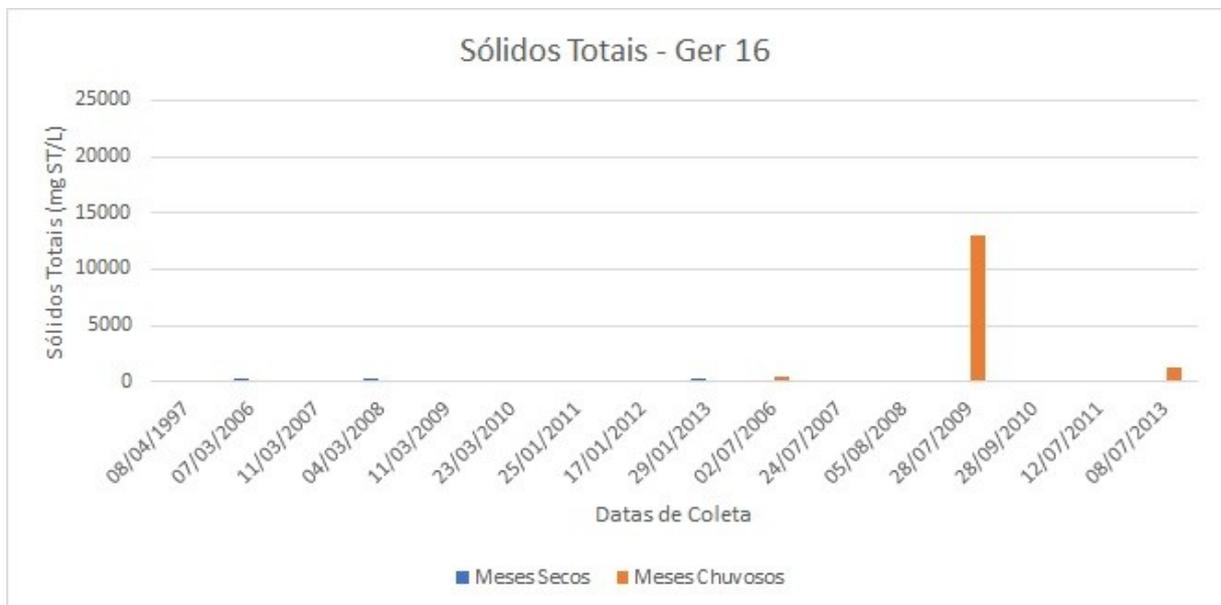


Gráfico 2. Sólidos Totais, Ponto de Coleta Ger 16, entre 2006 e 2013.

Essa variação pouco expressiva na quantidade de sólidos pode ser caracterizada pela falta de chuva próximo as datas de coleta, o que interfere no valor de sedimentos totais. O ponto Ger 16 pode também caracterizar-se como uma área pouco propícia para a acumulação de sedimentos e que acabam sendo carregados

para outras áreas, devido a alguma peculiaridade da morfologia e dinâmica da lagoa, o que acaba não sendo demonstrada nos dados da FEPAM.

O ponto de coleta Ger 19, Gráfico 3, é o ponto mais próximo entre as lagoas de Tramandaí e do Armázem, e está localizado próximo ao canal do rio Tramandaí, que faz ligação com o Oceano Atlântico. O ponto Ger 19, é identificado com o maior valor de salinidade dos quatro pontos de coleta nas lagoas do Estuário de Tramandaí (HAASE et al., 2003), explicado pela proximidade ao canal do rio Tramandaí que faz a mistura da água doce das lagoas com a água salgada do mar.

Sua variação sazonal de sedimentos mostra uma maior abundância durante o período chuvoso, porém, mesmo no período seco em alguns meses dos anos de coleta mostrou-se com uma quantidade superior de Sólidos Totais. De acordo com os dados da FEPAM, a tendência caracteriza uma quantidade mais constante que os outros pontos da sua quantidade de sólidos totais. Os maiores valores encontrados são dos meses de julho de 2005 e julho de 2009 quando a maior quantidade de chuvas da região aumenta a quantidade de sedimentos.

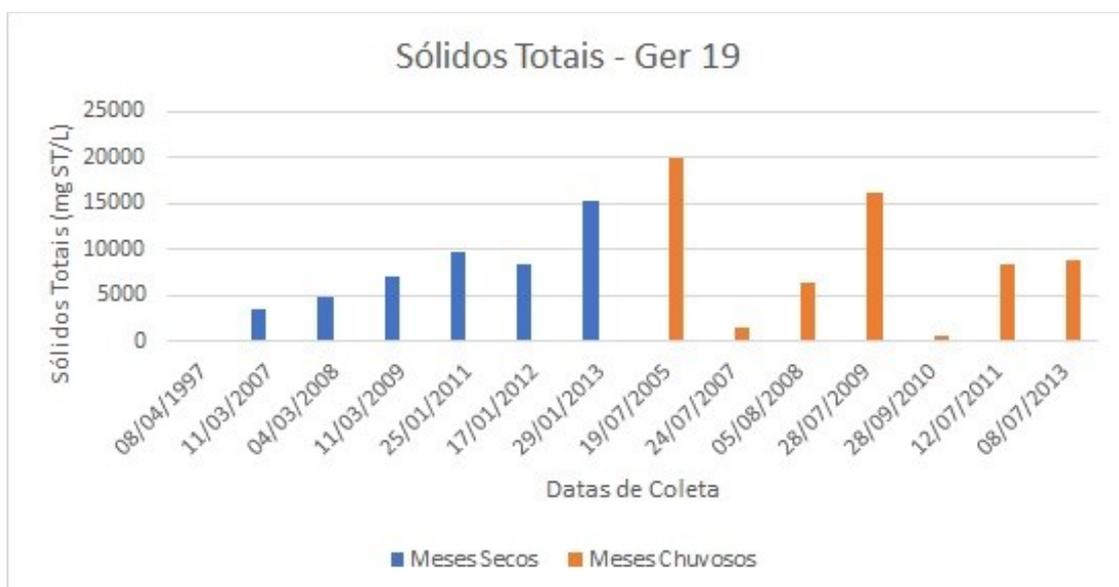


Gráfico 3. Sólidos Totais, Ponto de Coleta Ger 19, entre 2006 e 2013.

O ponto de coleta Ger 20, Gráfico 4, localizado na lagoa do Armazém com a foz do rio do Camarão apresenta similaridades entre a estação seca e a estação chuvosa. As características da quantidade de sedimentos do ponto Ger 20 são relacionadas com o seu isolamento em relação aos outros pontos, com poucos

pontos de escoamento de água para o interior da lagoa do Armazém

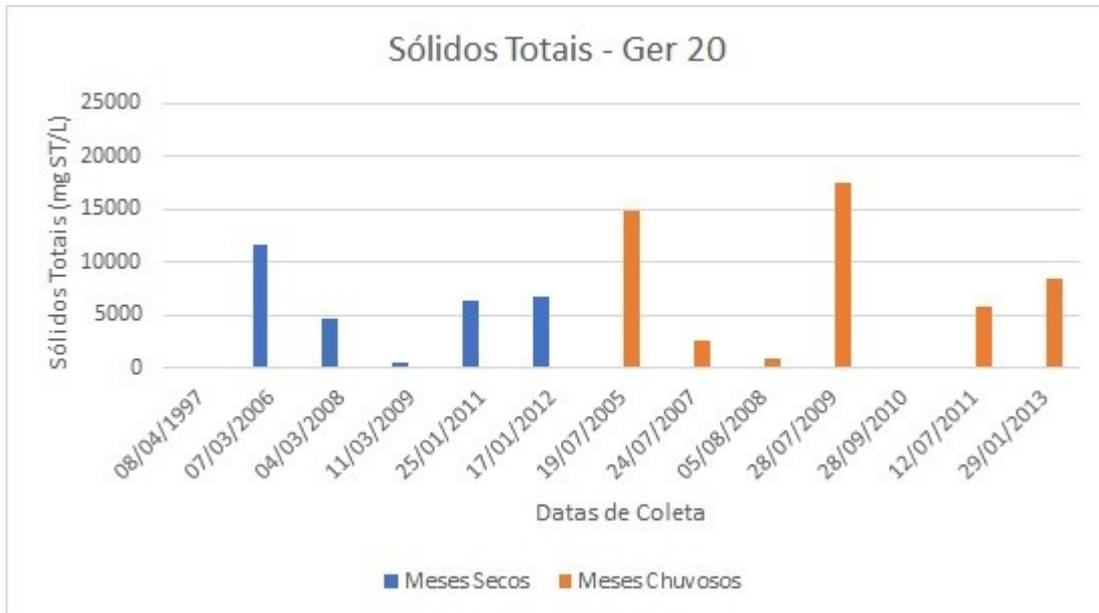


Gráfico 4. Sólidos Totais, Ponto de Coleta Ger 20, entre 2006 e 2013.

Nota-se que os meses com maior quantidade de Sólidos Totais coletados ocorre na estação chuvosa, nos meses de Julho de 2005 e 2009 com uma quantidade acima de 15000 mg de sólidos Totais por litro. Como no ponto Ger 19 a variação é menos acentuada, apresentando os anos de 2006 e 2008 uma maior quantidade de sedimentos na estação seca do que durante a estação chuvosa.

4.2 Turbidez

Os níveis de Turbidez são coletados para os quatro pontos da lagoa do Estuário de Tramandaí pela FEPAM, a partir da análise do valor de NTU.

Ao contrário dos Sólidos Totais os níveis de Turbidez não apresentam grande variação ao longo das estações secas e chuvosas mantendo-se em uma média particular para cada ponto.

O ponto de análise Ger 15, Gráfico 5, apresenta níveis maiores de Turbidez na estação seca que na chuvosa, mas em média apresenta os mesmos níveis e poucas variações nos anos de coleta. O maior nível de Turbidez encontrado no ponto Ger 15 foi de 50 NTU em março de 2007. Ao longo das outras coletas a turbidez se mantém nos valores de 10 NTU e 30 NTU, com o máximo de turbidez

encontrado para a estação chuvosa de 40 NTU em agosto de 2008.

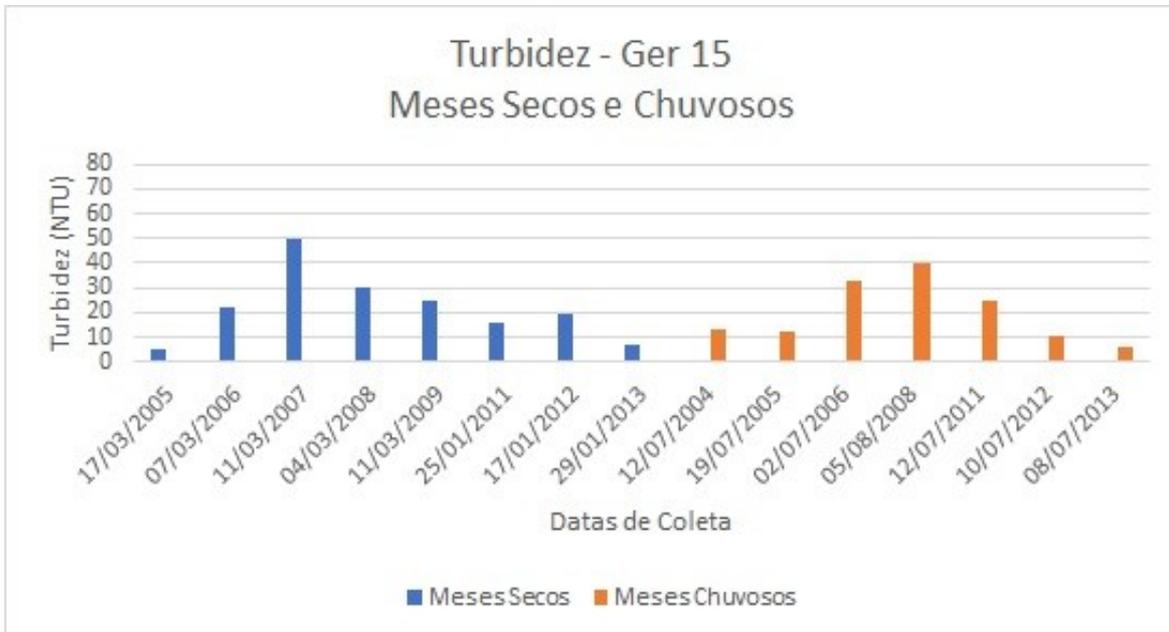


Gráfico 5 – Turbidez, Ponto Ger 15, entre 2005 e 2013.

Dos pontos de coleta da FEPAM o ponto Ger 16, Gráfico 6, é o que apresenta maiores níveis de Turbidez, tendo o máximo de Turbidez identificada no período chuvoso de agosto de 2008.

O ponto Ger 16 mostra-se de difícil interpretação em relação a quantidade de Sólidos Totais e Turbidez. Mesmo apresentando os níveis mais elevados em Turbidez apresentou quase sempre uma baixa quantidade de Sólidos Totais, caracterizando que a Turbidez da água para as lagoas do Estuário de Tramandaí relacionam-se com a ressuspensão de sedimentos decorrente da ação eólica diretamente ligada com os sedimentos em suspensão encontrados no local (CARDOSO & MARQUÊS, 2006).

As peculiaridades locais para o entendimento dessas dinâmicas das lagoas do Estuário de Tramandaí segue o que Schafer et al. (2014) descreveram como o comportamento característico de outras lagoas do litoral do Rio Grande do Sul.

Os valores elevados do nível de turbidez apresentam um máximo de 79 NTU em agosto de 2008, e permanece nos anos de coleta com valores sempre em torno de 20 NTU a 40 NTU. Em média apresenta valores mais elevados de turbidez para a estação seca do que para a estação chuvosa.



Gráfico 6 – Turbidez no Ponto Ger 16, entre 1997 e 2013

Os índices de Turbidez para os demais pontos Ger 19 e Ger 20, Figuras 7 e 8, apresentaram os valores mais baixos dos pontos analisados. Devido ao pontos Ger 15 e Ger 16 estarem mais próximos da foz do rio Tramandaí é de se esperar um aporte maior de escoamento das águas e um nível de turbidez maior, os pontos Ger 19 e Ger 20 encontram-se mais isolados no meio e no final do estuário.

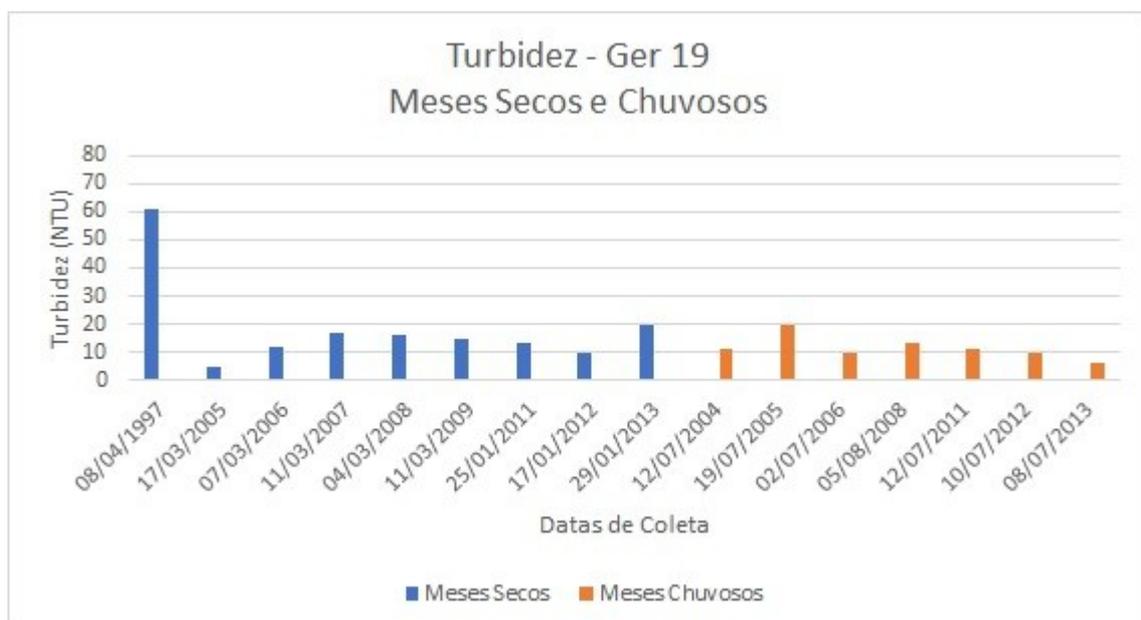


Gráfico 7 – Turbidez no Ponto Ger 19, entre 1997 e 2013

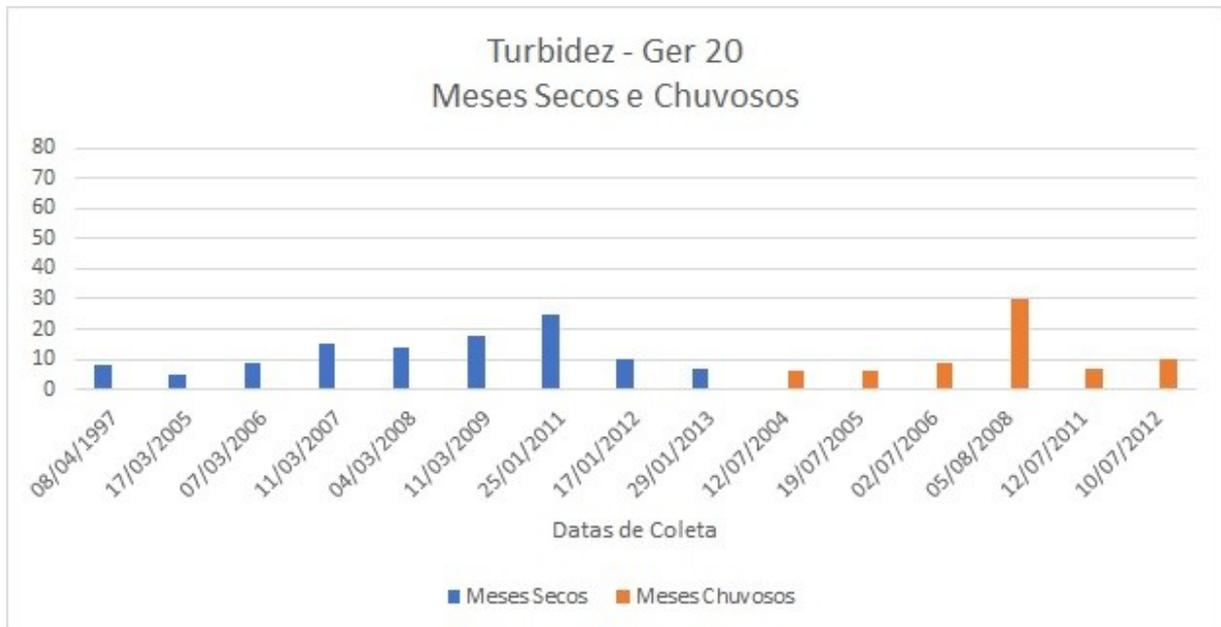


Gráfico 8 – Turbidez no Ponto Ger 20 entre 1997 e 2013

Os valores de turbidez coletados nos pontos Ger 19 e Ger 20 se caracterizam mais com a ressuspensão de sedimentos pela ação éolica do que pelo aporte de águas da bacia Hidrográfica de Tramandaí.

O ponto Ger 19 apresentou níveis mais elevados que a média dos valores de Turbidez apenas na estação seca de abril de 1997, desde então, todos os outros valores coletados apresentam-se inferiores a 20 NTU em ambas as estações, mostrando uma pequena relação sazonal da sua turbidez.

O ponto Ger 20 que se localiza na foz do arroio Camarão apresenta níveis mais elevados em média de sua turbidez para os meses da estação seca do que para os meses da estação chuvosa mas mantendo em média valores próximos a 10 NTU e ultrapassando 20 NTU somente em duas situações: agosto de 2008 e janeiro de 2011.

4.3 Profundidade e Transparência da Água

As lagoas costeiras são caracterizadas pela baixa profundidade (SCHAFER, 1985). Os dados coletados pela FEPAM demonstram essas características para as lagoas de Tramandaí e do Armazém, com profundidade máxima de 2,5 metros encontrada em 12 de agosto de 2007 no ponto Ger 16, Gráfico 10, mantendo uma

média de cerca de 1 metro de profundidade para todos os quatro pontos de coleta.

O ponto Ger 15, Gráfico 9, manteve-se quase constantemente com uma profundidade total de 1,5 metros para ambas as estações, com um máximo de profundidade de 2 metros em julho de 2004 e julho de 2013.

A transparência da água em relação a profundidade é mais acentuada no período chuvoso apresentando valores mais baixos, inferiores a 0,5 metros no período seco a transparência do ponto Ger 15 se mantém em média próximo a 0,5 metros. O aumento de chuvas durante os meses de julho, agosto e setembro é o principal fator para a maior profundidade e menor transparência devido ao maior aporte de águas chegando no estuário que colocam os sedimentos em suspensão não deixando acentarem ao fundo da lagoa.

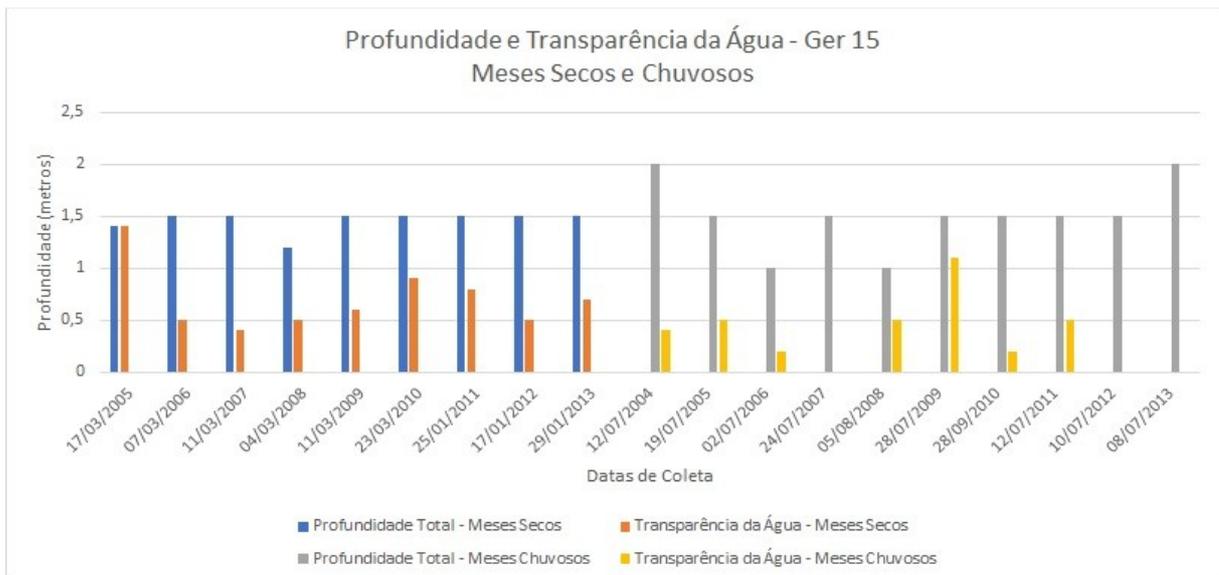


Gráfico 9. Profundidade e Transparência ponto Ger 15, entre 2006 e 2013.

O ponto Ger 16, Gráfico 10, apresenta também uma maior profundidade no período chuvoso com menor transparência da água, destaca-se que o ponto Ger 16 apresentou as menores quantidade de Sólidos Totais nas coletas realizadas pela FEPAM (Gráfico 2), concluindo que a relação da transparência com os Sólidos Totais disponíveis não é linear. O ponto apresenta a maior profundidade encontrada na lagoa de 2,5 metros em julho de 2011. O período seco também apresenta profundidades mais elevadas em relação aos outros pontos, porém com uma transparência da água maior. A relação da turbidez e a baixa transparência média do ponto estão correlacionadas através da alta dinâmica da lagoa costeira em relação

aos ventos que trabalham na ressuspensão dos sedimentos.

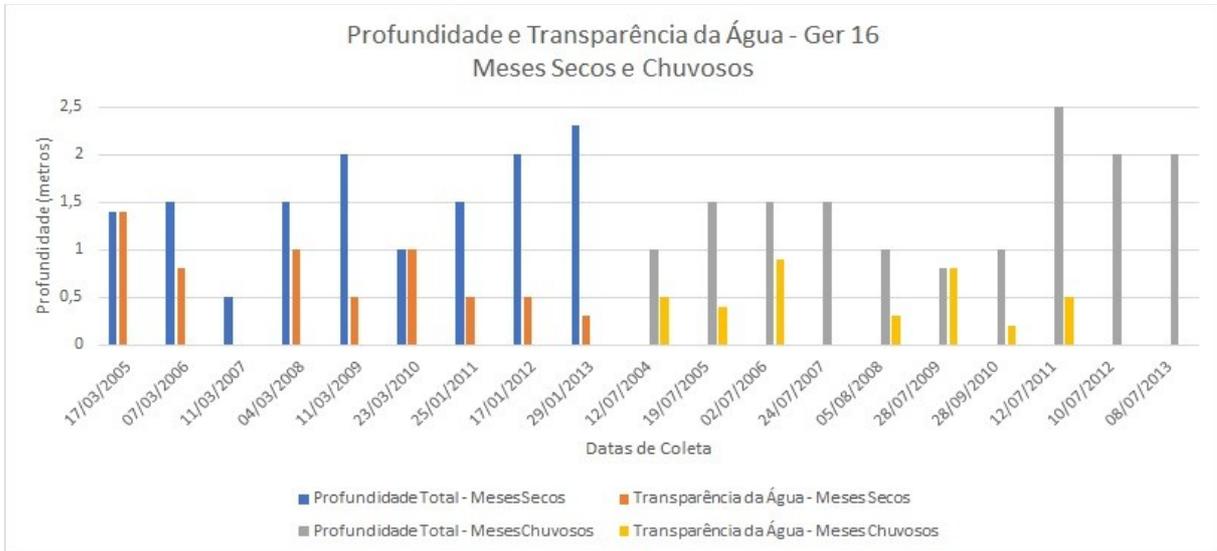


Gráfico 10. Profundidade e Transparência ponto Ger 16, entre 2006 e 2013.

O ponto Ger 19 apresenta uma profundidade média em torno de 1 metro. A transparência da água em geral se mantém igual a profundidade total. A maior profundidade encontrada nesse ponto foi de 2 metros em julho de 2011, na estação chuvosa que apresenta profundidades mais elevadas e menores níveis de transparência. Durante a estação seca se mantém abaixo de um metro de profundidade, com exceção do ano de 2005, e transparências altas..

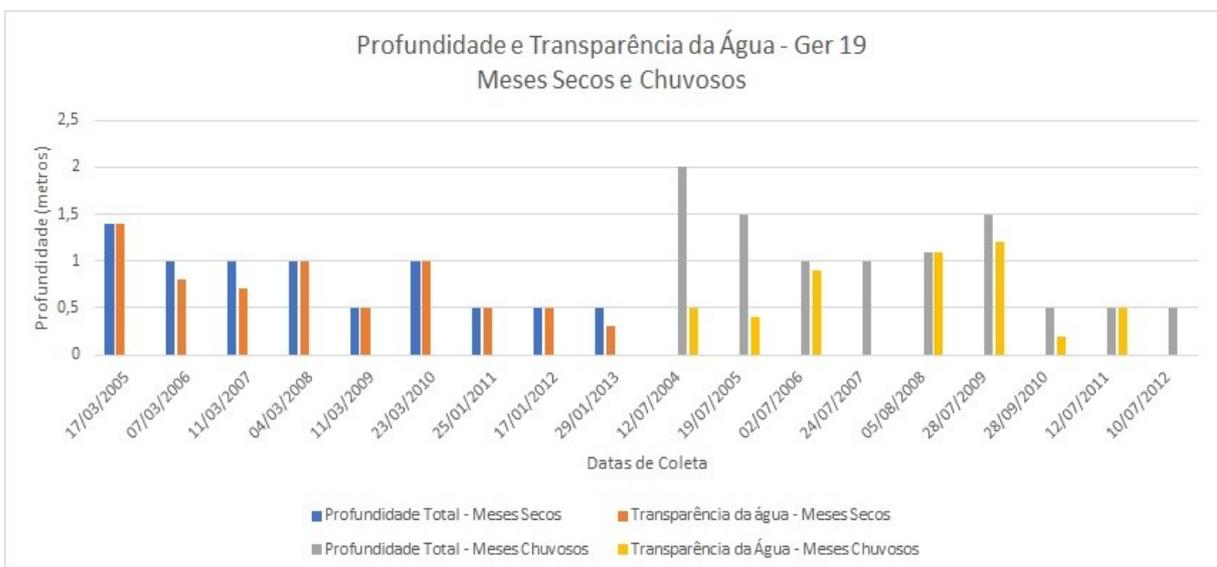


Gráfico 11. Profundidade e Transparência ponto Ger 19, entre 2006 e 2013.

A relação entre profundidade e transparência nos pontos Ger 19 e Ger 20, Gráfico 11 e 12, pode ser caracterizada pela menor quantidade dos ventos ao redor dos pontos, causando uma menor ressuspensão dos sedimentos, o que possibilita um ambiente em que os sólidos se depositar no fundo.

O ponto Ger 20, Gráfico 12, apresentou as menores profundidades totais com a transparência em níveis iguais a da profundidade, sendo em poucas situações reduzida. A profundidade total é mais acentuada na estação seca, com profundidade máxima medida em 1,5 metros. Também no período seco é quando ocorre os menores índices de transparência em relação a profundidade.

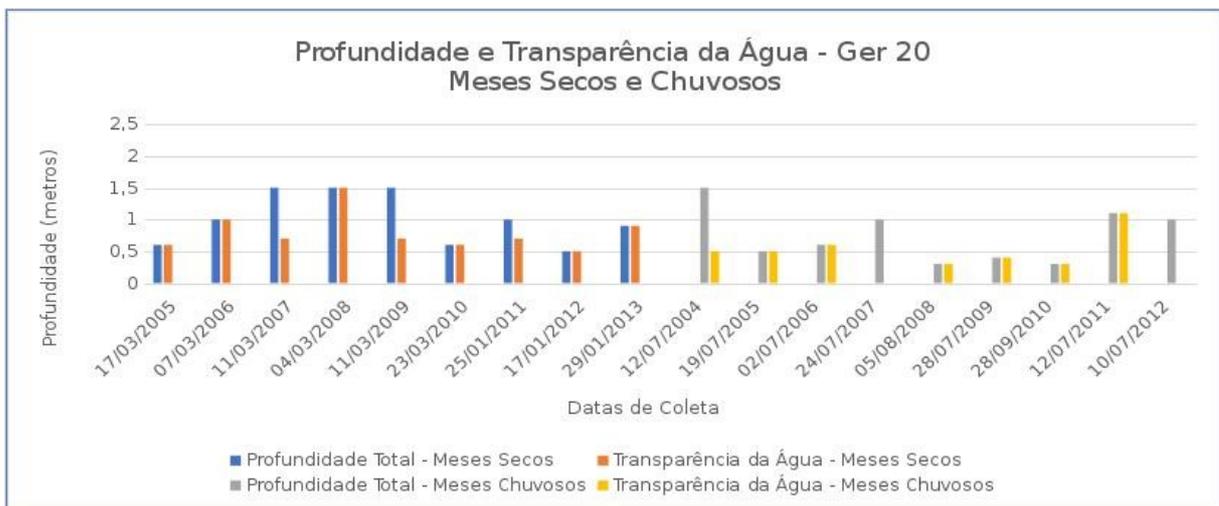


Gráfico 12. Profundidade e Transparência ponto Ger 20, entre 2006 e 2013.

4.4 Correlação entre Sólidos Totais e Transparência

Para analisar a correlação entre os sólidos totais e sedimentos com a transparência das lagoas, foram construídos gráficos ilustrando a relação dessas variáveis.

A correlação nos pontos Ger 15 e Ger 16, Gráficos 13 e 14, foram inferiores a 0,3, enquanto nos pontos Ger 19 e Ger 20, Gráficos 15 e 16, o valor da correlação ficou praticamente igual a 0.

A correlação mostra que a transparência não depende dos níveis de sólidos totais disponíveis na lagoa. A transparência da água se relaciona mais com a dinâmica das lagoas e pelo vento que sempre mantêm os sedimentos da água em

ressuspensão (CARDOSO & MARQUES, 2006; SCHAFER, 2014) do que pela quantidade total de sólidos e sedimentos.

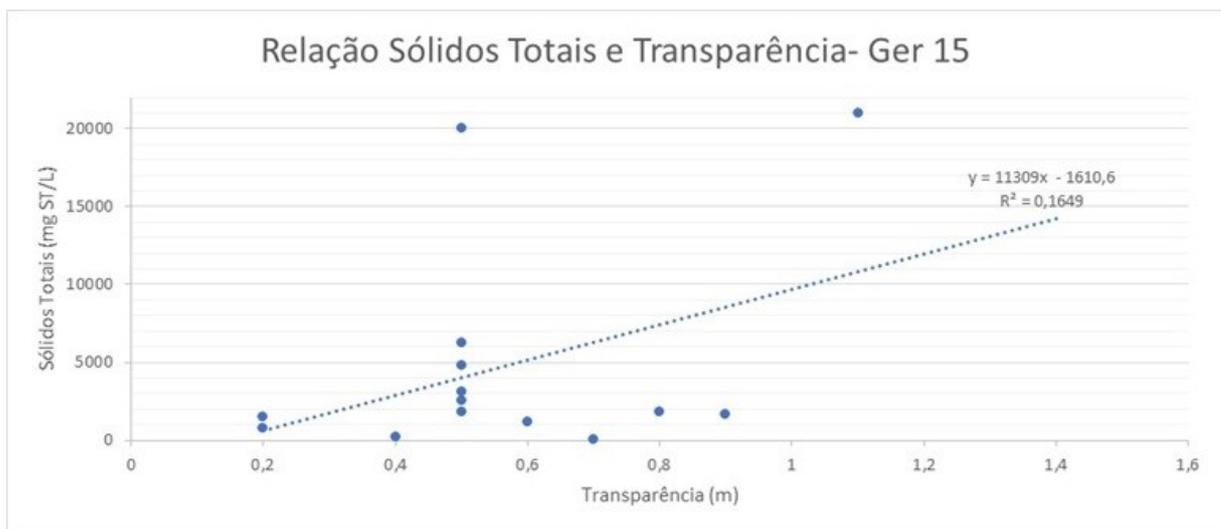


Gráfico 13 – Correlação Sólidos Totais e Transparência ponto Ger 15

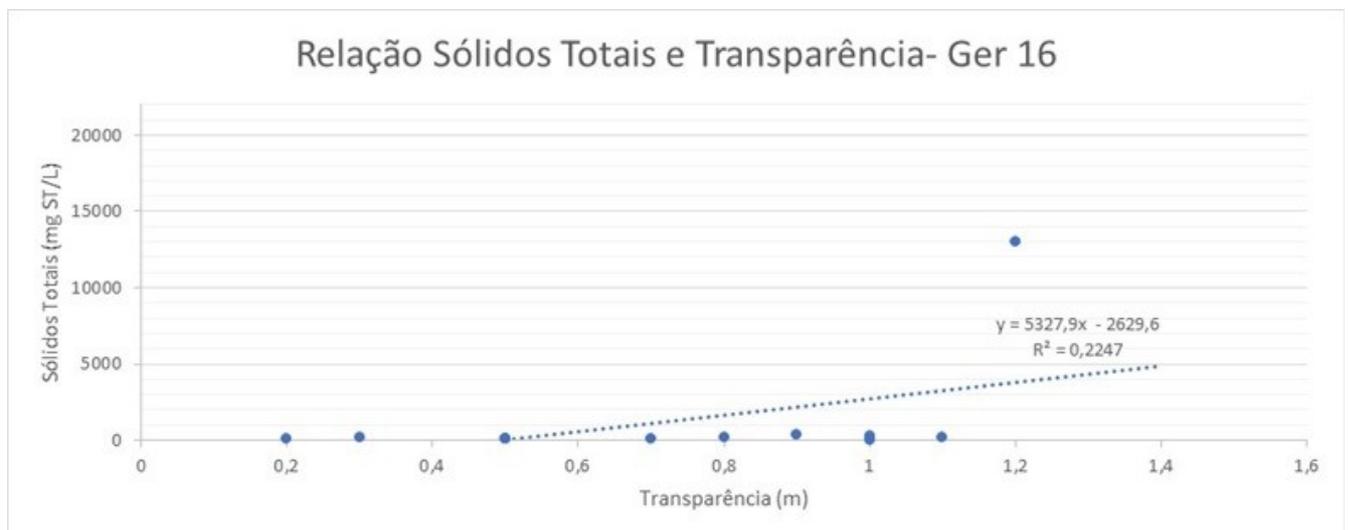


Gráfico 14 – Correlação Sólidos Totais e Transparência ponto Ger 16

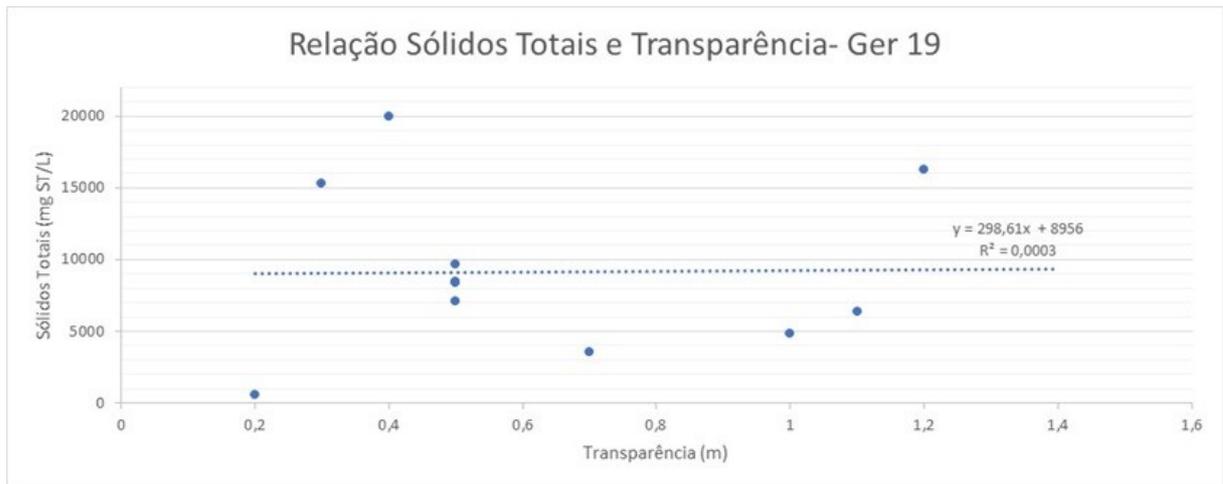


Gráfico 15 – Correlação Sólidos Totais e Transparência ponto Ger 19

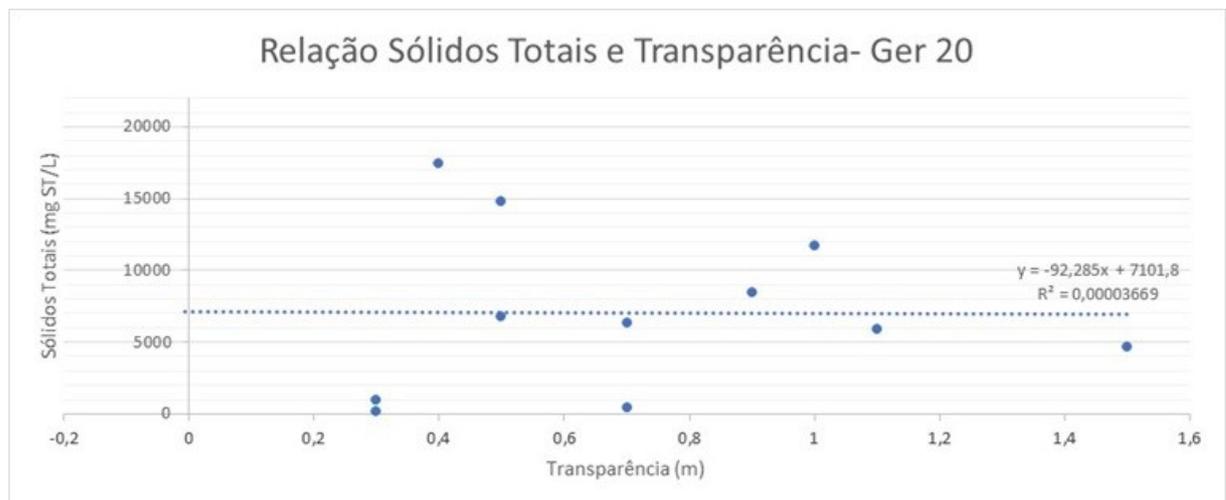


Gráfico 16 – Correlação Sólidos Totais e Transparência ponto Ger 20

4.5 Análise dos Sedimentos das Lagoas do Estuário Tramandaí através de Sensoriamento Remoto

Para complementar a análise da quantidade de sólidos totais e sedimentos coletados pela FEPAM, utilizou-se imagens de satélite Landsat 5 e Landsat 7 nos mesmos períodos, separados em estação seca e estação chuvosa para analisar a reflectância da banda eletromagnética do vermelho e verificar as quantidades e variação dos sedimentos nas lagoas de Tramandaí e do Armazém. O auxílio das imagens de satélite possibilita fazer uma análise espacial dos sedimentos da lagoa numa abordagem que difere da coleta de dados pontuais da FEPAM, permitindo uma ideia de espacialização e dinâmica dos sedimentos nas lagoas.

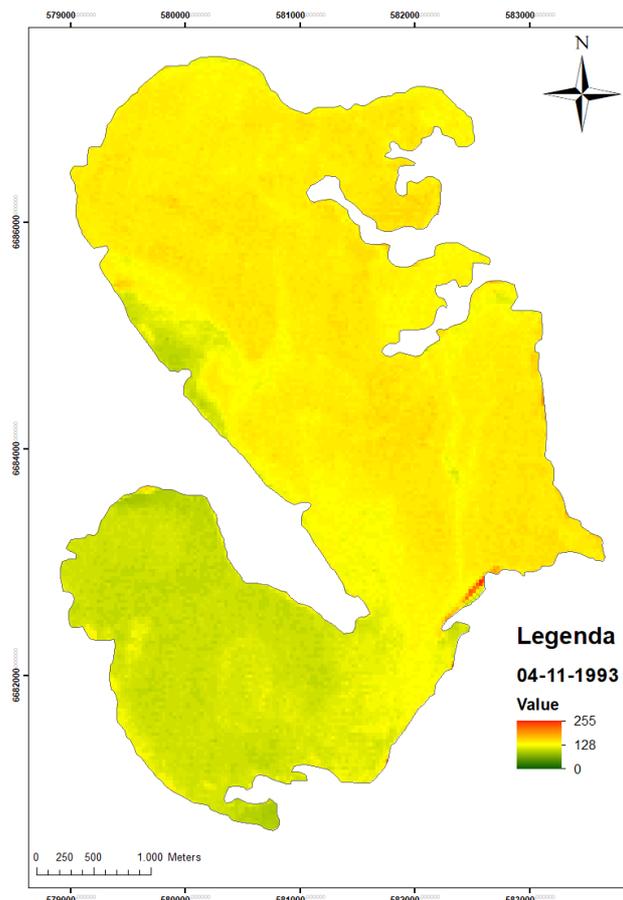


Figura 5: Reflectância período chuvoso 1993

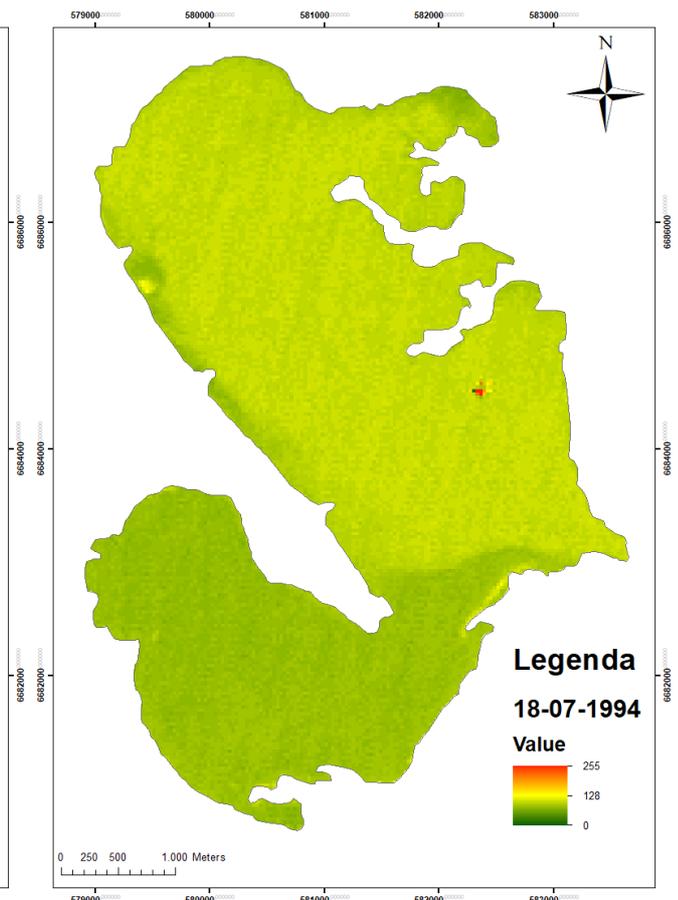


Figura 6: Reflectância período chuvoso 1994

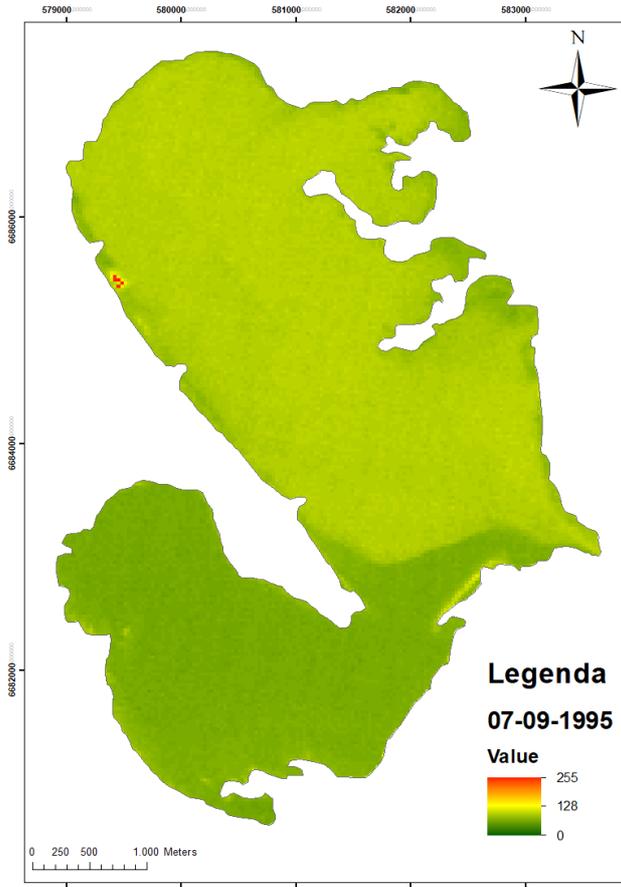


Figura 7: Reflectância período chuvoso 1995

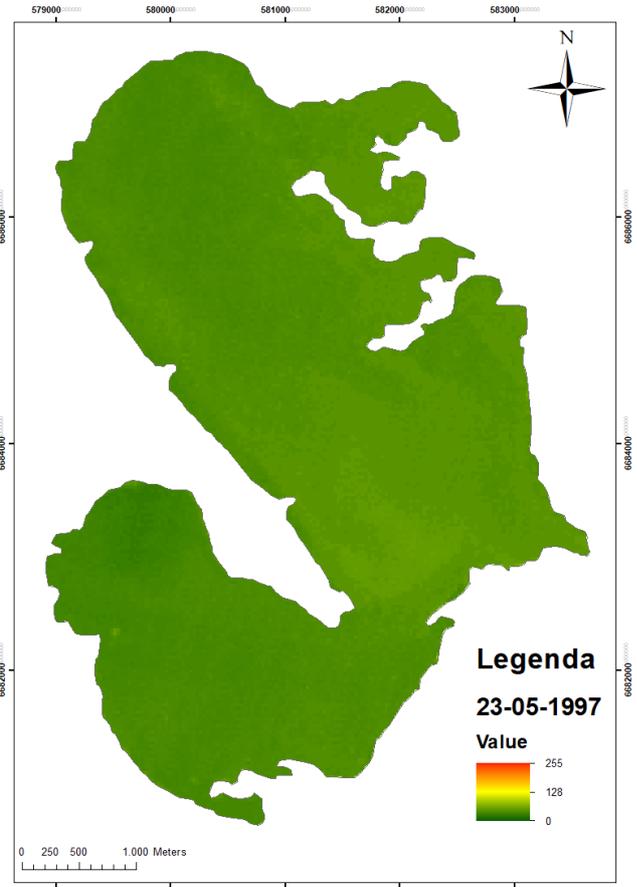


Figura 8: Reflectância período seco 1997

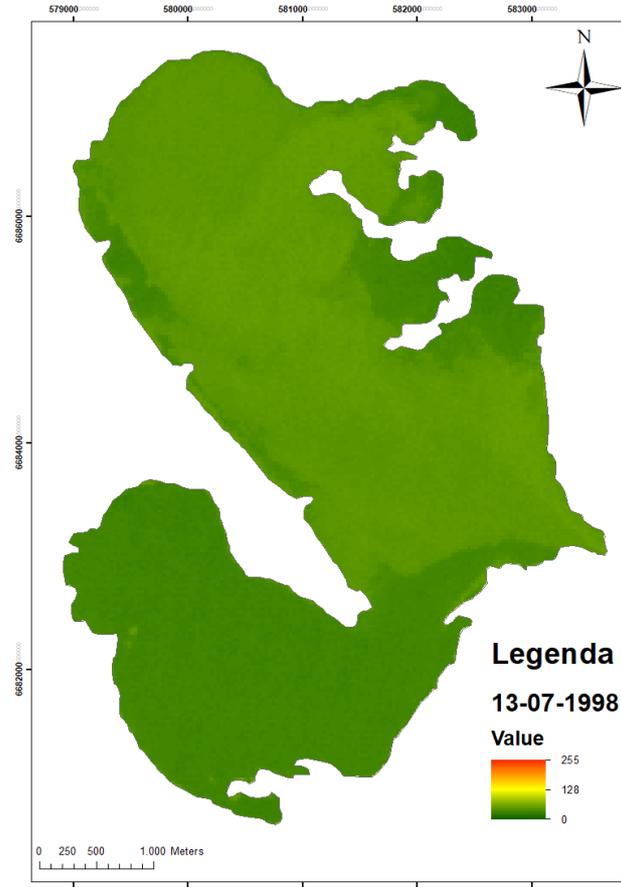


Figura 9: Reflectância período chuvoso 1998

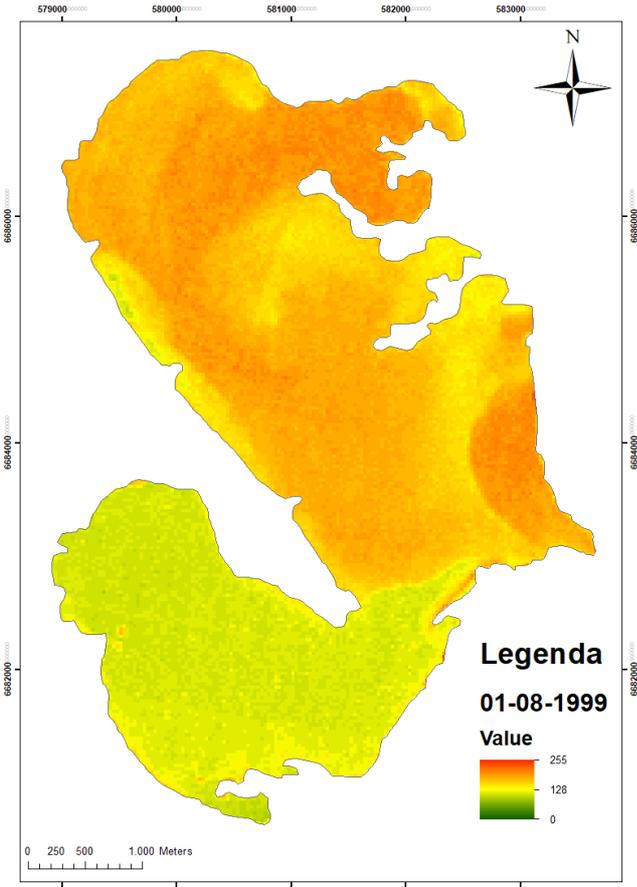


Figura 10: Reflectância período chuvoso 1999

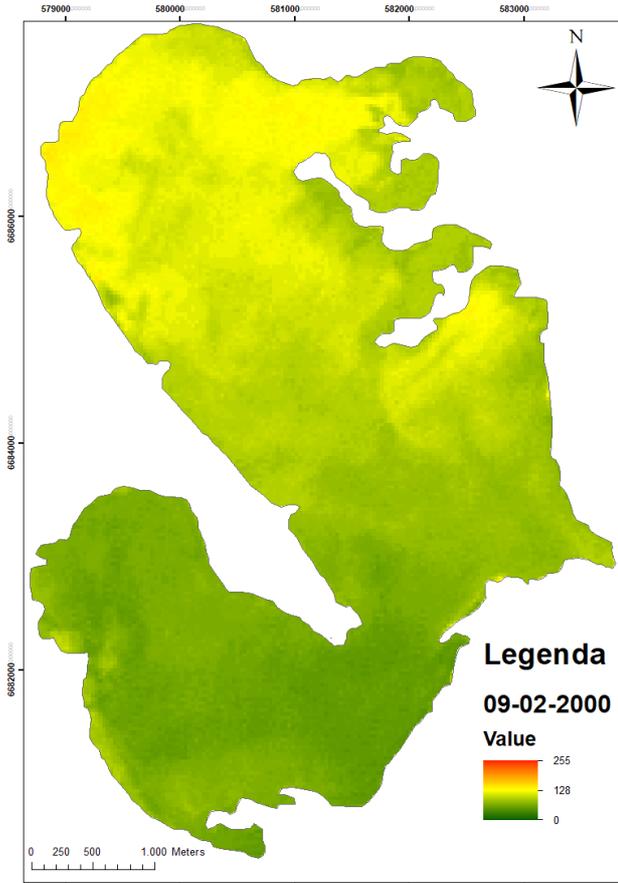


Figura 11: Reflectância período seco 2000

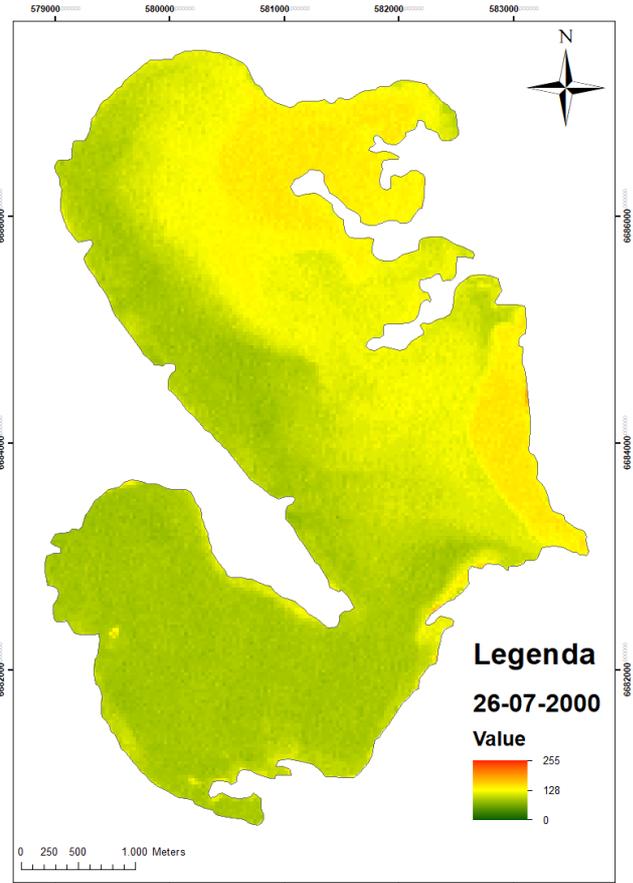


Figura 12: Reflectância período chuvoso 2000

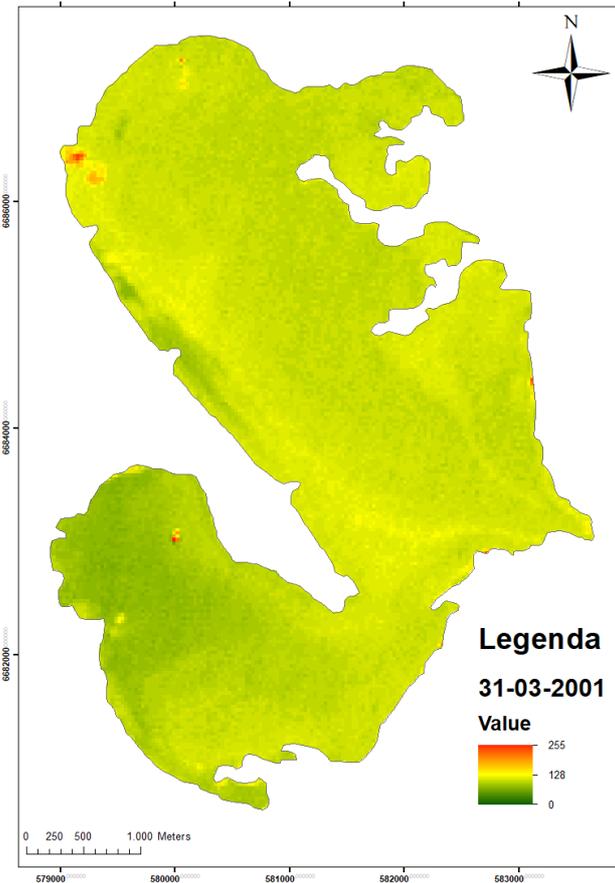


Figura 13: Reflectância período seco 2001

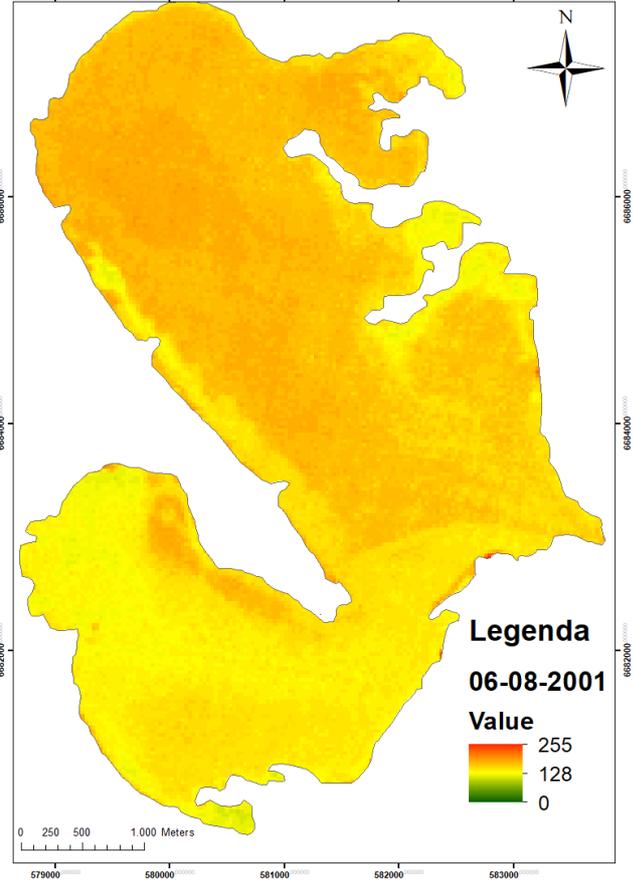


Figura 14: Reflectância período chuvoso 2001

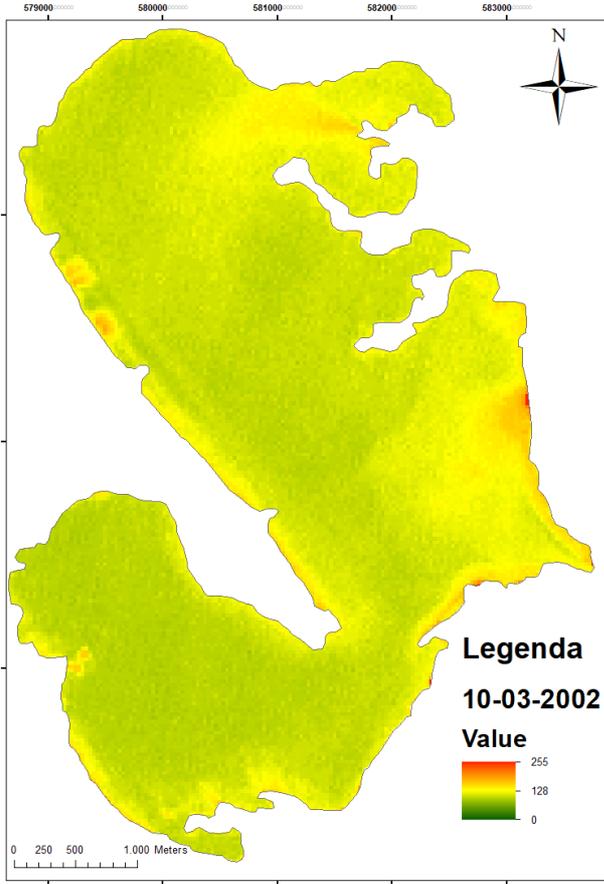


Figura 15: Reflectância período seco 2002

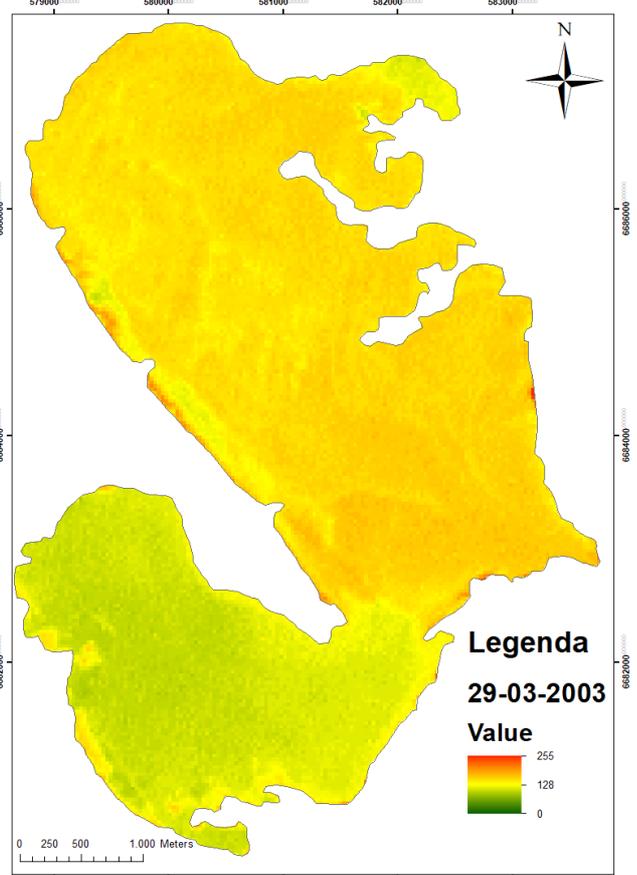


Figura 16: Reflectância período seco 2003

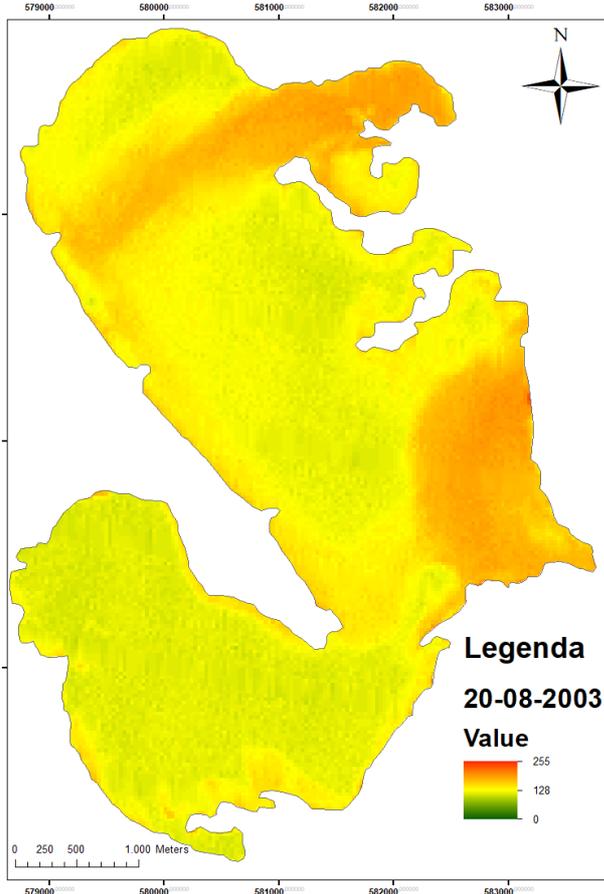


Figura 17: Reflectância período chuvoso 2003

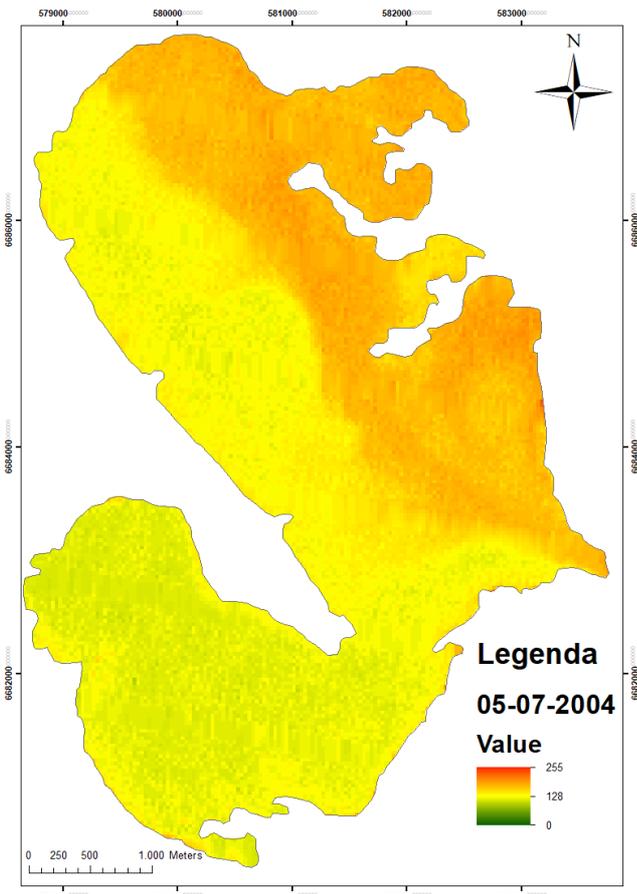


Figura 18: Reflectância período chuvoso 2004

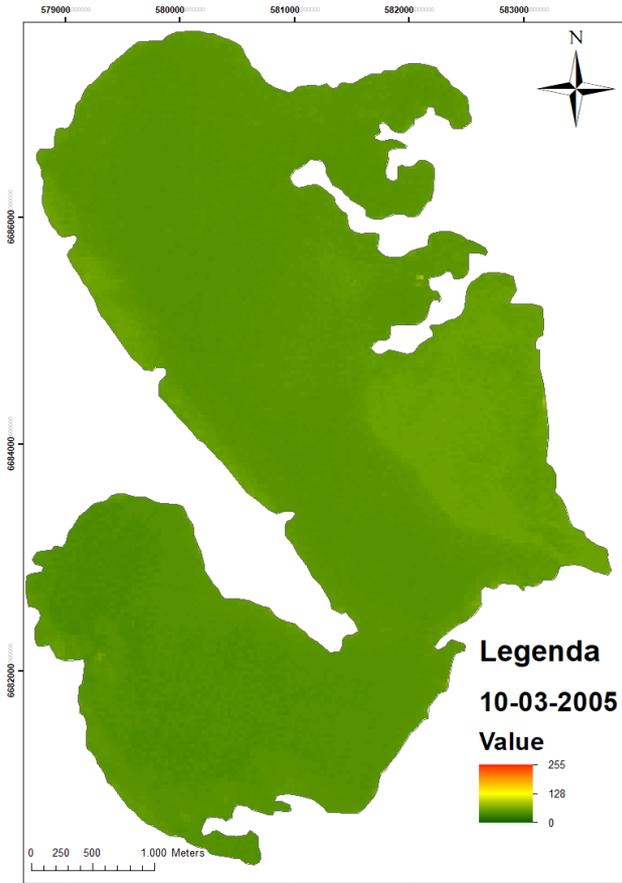


Figura 19: Reflectância período seco 2005

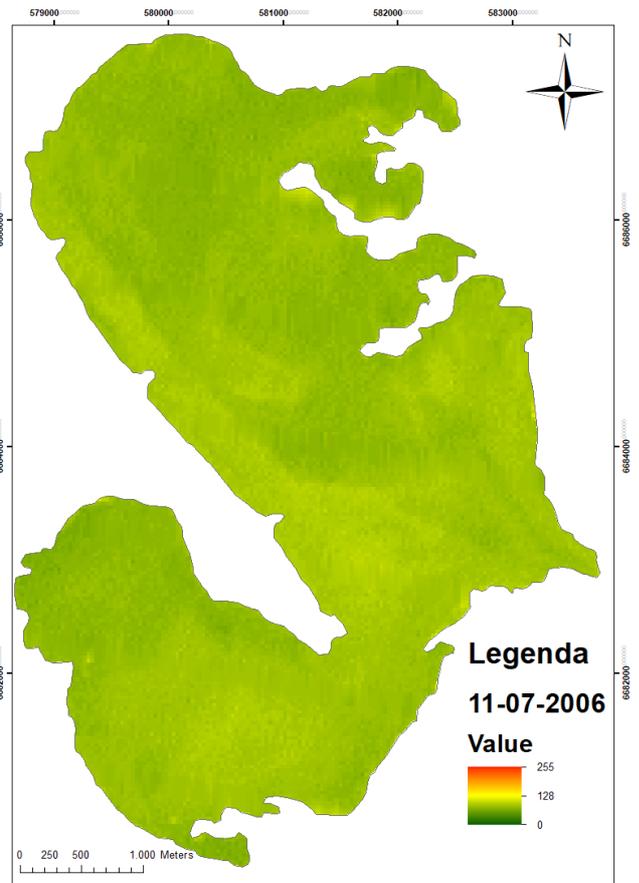


Figura 20: Reflectância período chuvoso 2006

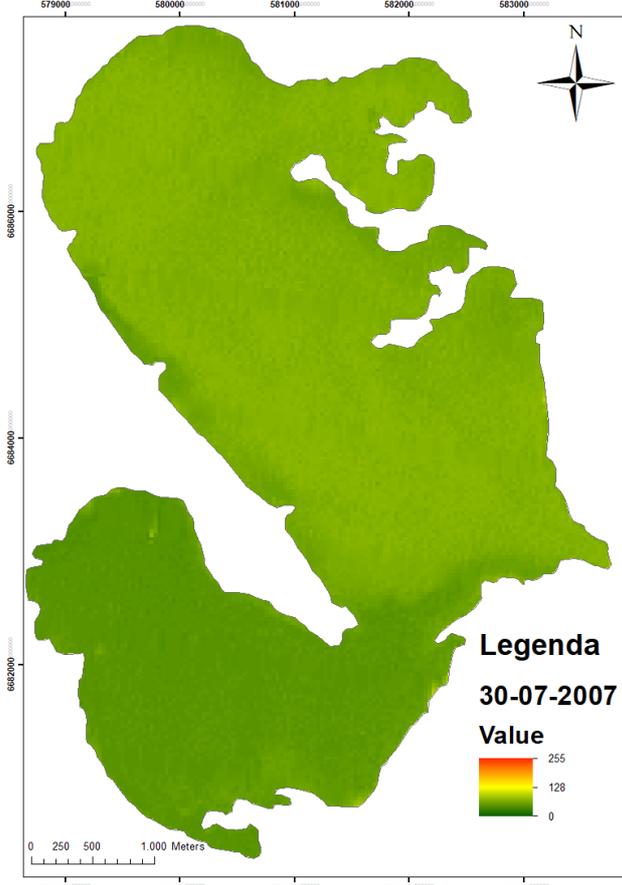


Figura 21: Reflectância período chuvoso 2007

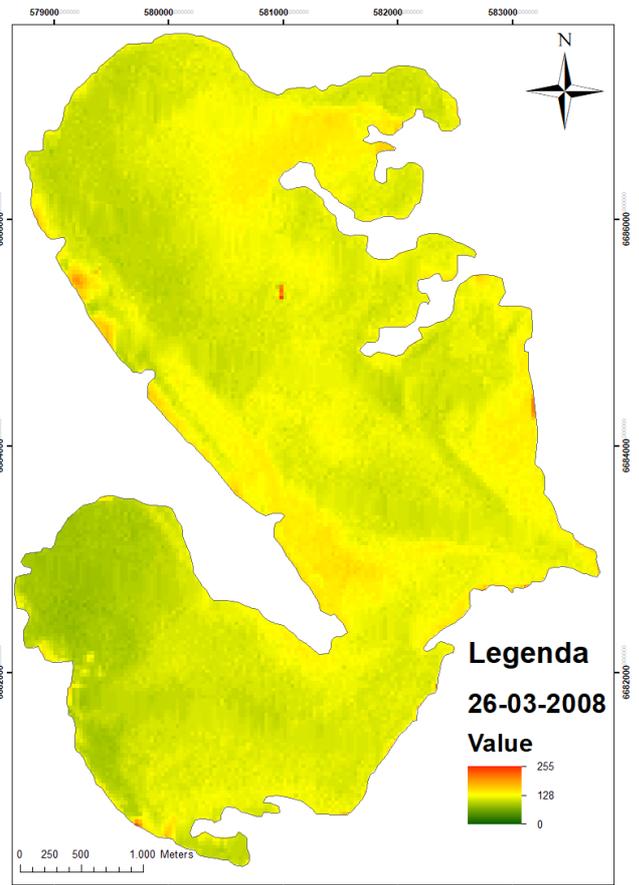


Figura 22: Reflectância período seco 2008

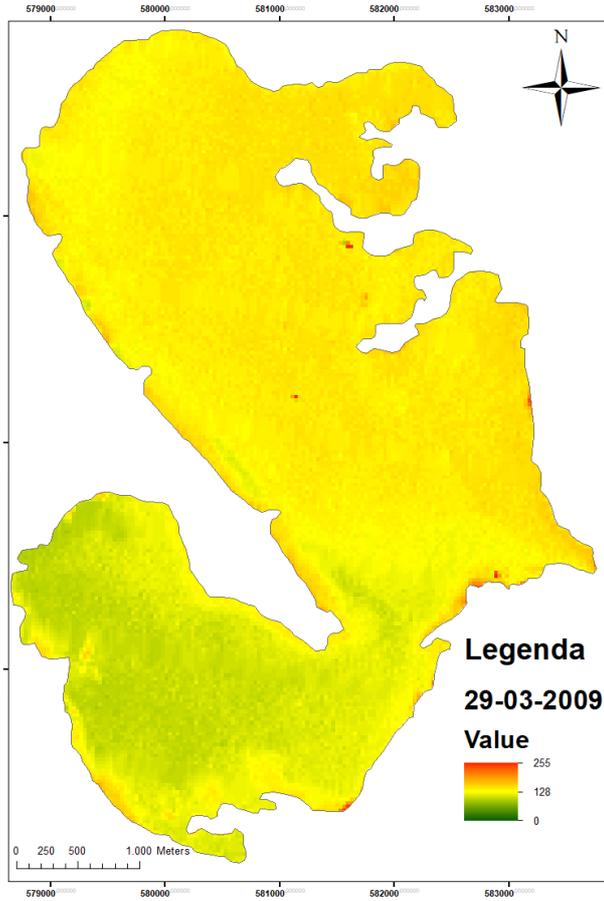


Figura 23: Reflectância período seco 2009

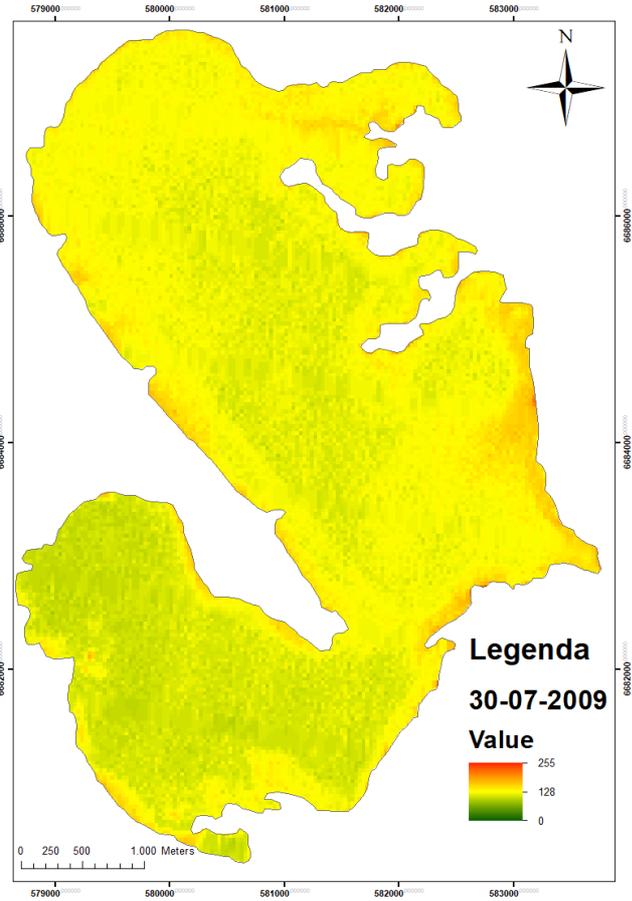


Figura 24: Reflectância período chuvoso 2009

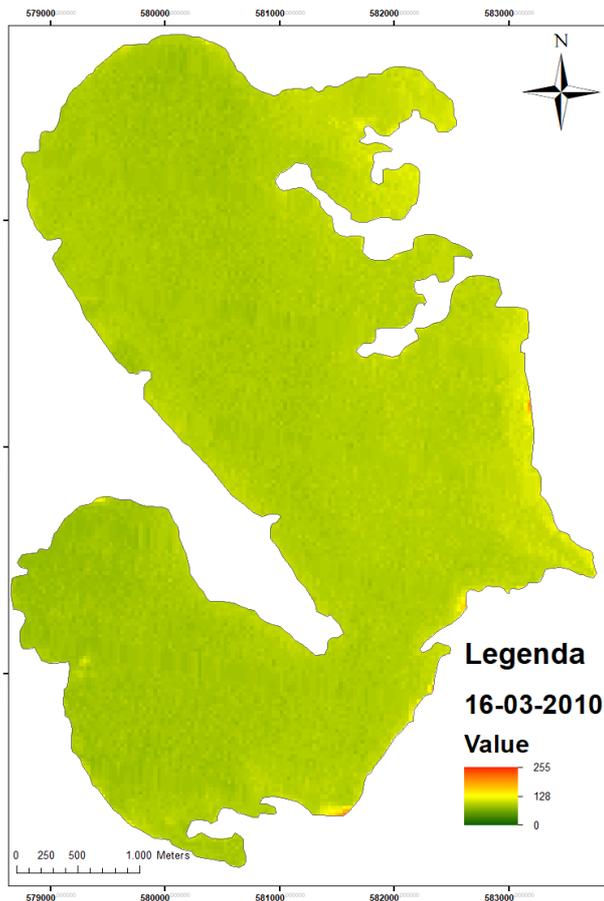


Figura 25: Reflectância período seco 2010

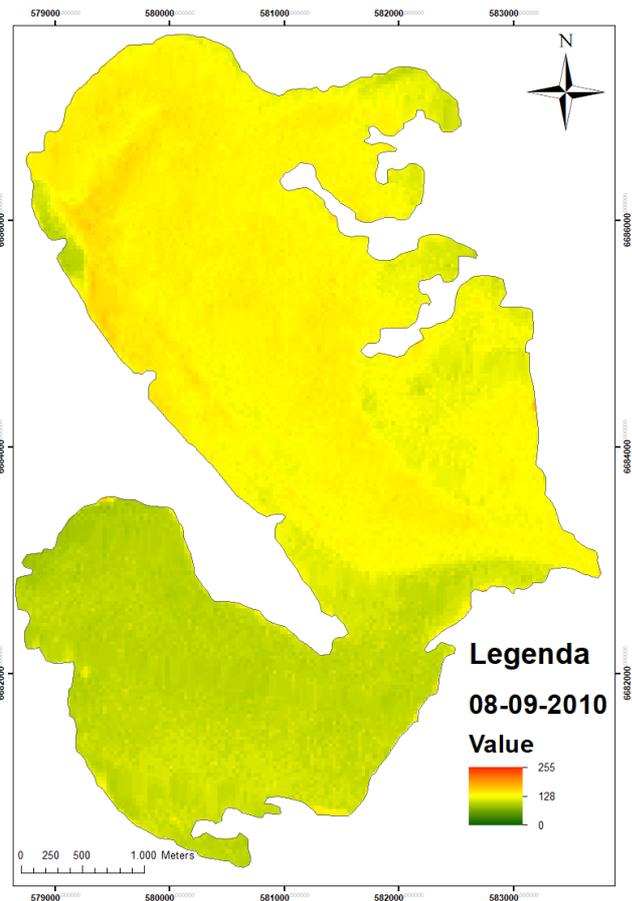


Figura 26: Reflectância período chuvoso 2010

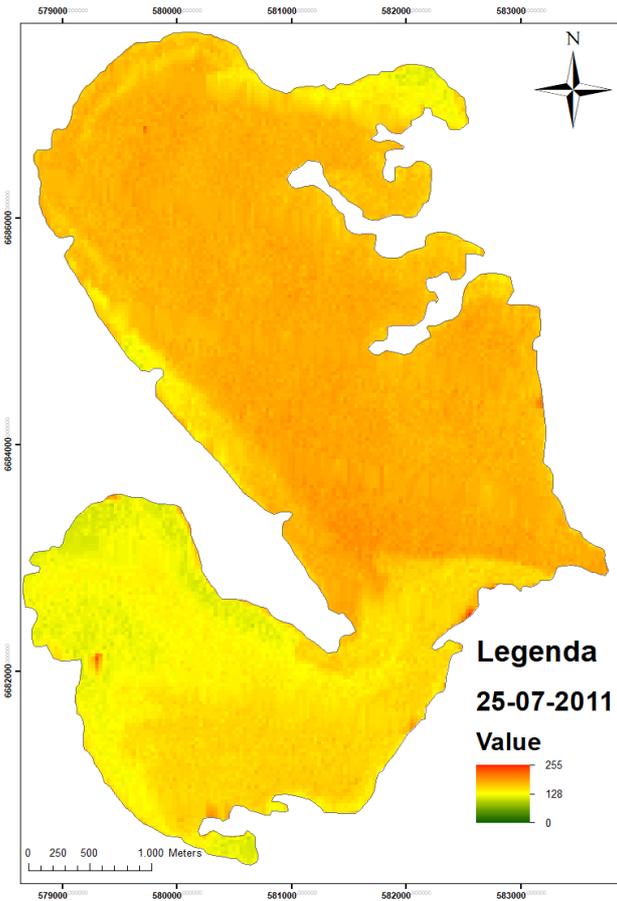


Figura 27: Reflectância período chuvoso 2011

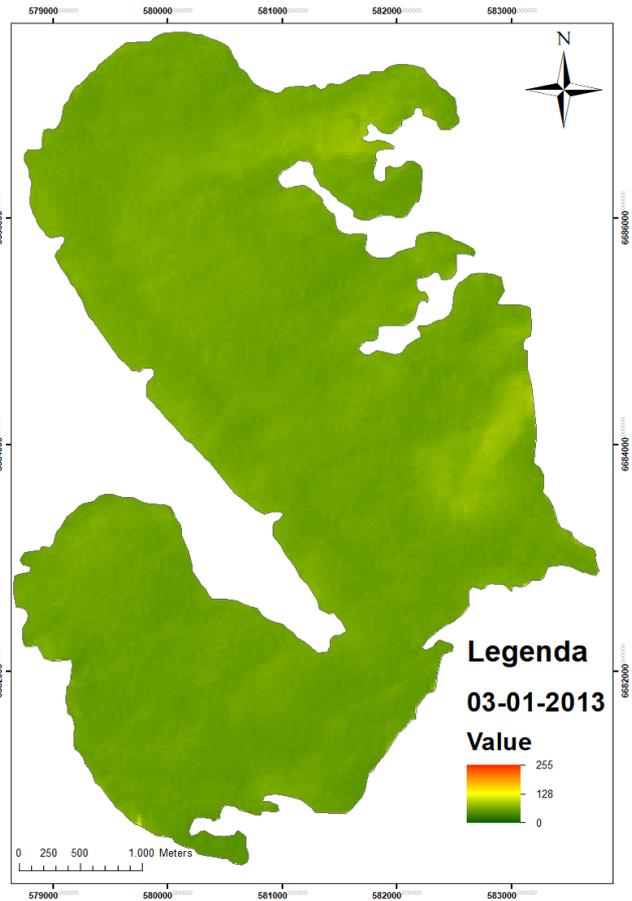


Figura 28: Reflectância período seco 2013

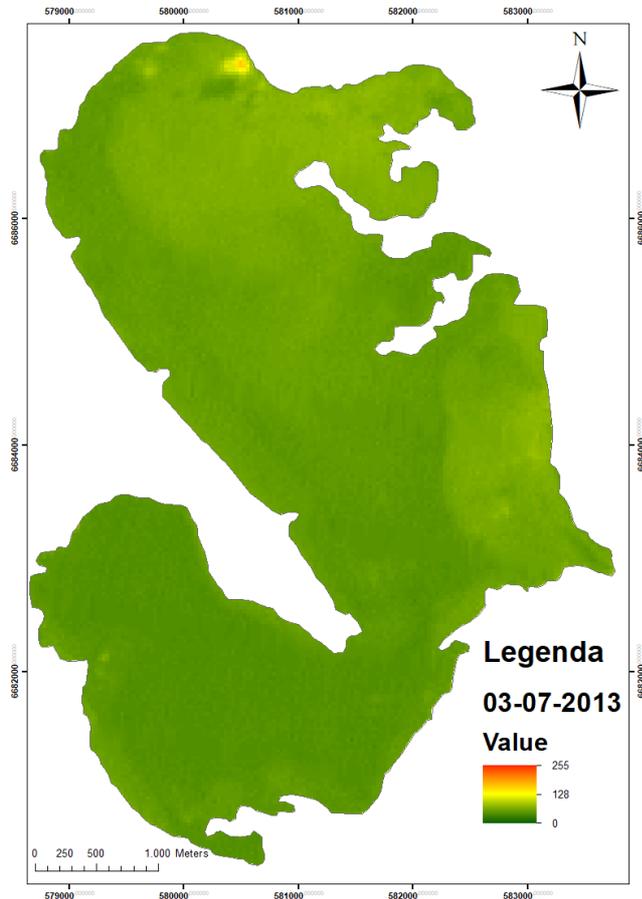


Figura 29: Reflectância período chuvoso 2013

De maneira geral as imagens demonstram que existe uma diferença na quantidade de sedimentos do período seco para o período chuvoso. Os menores valores de reflectância foram encontrados nos meses de janeiro e março para o período seco e os maiores valores nos meses de julho e agosto para o período chuvoso.

Algumas exceções são encontradas para essa variação sazonal. E que podem estar atribuídas a anos com pouca precipitação durante os meses do inverno ou a anos de verão mais chuvosos como no exemplo das Figuras 10 para o período chuvoso e Figura 16 para o período seco. A lagoa de Tramandaí apresenta, na maioria das vezes, uma quantidade de sedimentos muito superior ao da lagoa do Armazém para o mesmo período. Com a influência da foz do rio Tramandaí ao norte essa diferenciação ocorre devido ao maior aporte de água e sedimentos escoados para a parte superior do estuário, que posteriormente escoam para o oceano. O isolamento geográfico da lagoa do Armazém mostra-se relevante para a sua distribuição de sólidos totais.

Os anos de 1999, 2001, 2003, 2004 e 2011, Figuras 9, 14, 17, 18 e 27, são os que apresentam maiores índices de reflectância para o período, enquanto nas outras imagens da mesma estação a reflectância fica mais próxima da média do período. A lagoa de Tramandaí apresenta valores maiores de reflectância, em comparação com a lagoa do Armazém.

Na estação seca a lagoa apresenta menor reflectância, resultando em imagens com maior homogeneidade de cor, o que representa uma menor quantidade de sedimentos devido a pouca interação da radiação com os sólidos disponíveis na lagoa, como visto nas Figuras 8, 11, 19, 25 e 28.

As imagens de classes de variação de reflectância mostram a variação sazonal que dos sólidos totais distribuídos nas lagoas do Estuário de Tramandaí. Os níveis de sólidos totais possuem uma relação com a sazonalidade, apresentando uma maior quantidade de reflectância durante o período chuvoso em relação ao período seco. Durante a estação seca a lagoa muitas vezes fica em um nível quase homogêneo em sua quantidade total de sedimentos. Durante o período chuvoso a quantidade de sedimentos aumenta significativamente deixando a lagoa mais heterogênea.

A variação sazonal está ligada a quantidade de precipitação que ocorre ao longo do ano. Embora a variação anual de precipitação possa mudar identifica-se uma correlação com a maior quantidade de sedimentos no período do inverno (estação chuvosa) e uma menor no verão (período seco).

As lagoas do Estuário também apresentam uma variação da carga de sedimentos entre as lagoas de Tramandaí e do Armazém. A lagoa de Tramandaí apresenta uma maior quantidade de sedimentos acumulados durante o período chuvoso devido a sua localização e descarga de águas dos rios da Bacia Hidrográfica de Tramandaí. Enquanto a lagoa do Armazém apresenta uma quantidade de sedimentos menor devido a pouca influência de descargas de águas na superfície e sim na movimentação dos sedimentos dentro da própria lagoa e a ação dos ventos para manter os sedimentos em ressuspensão.

5. CONCLUSÕES

Os dados disponibilizados pela FEPAM e as imagens de satélite Landsat demonstram um padrão sazonal das lagoas do Estuário de Tramandaí. O regime climático da região é o fator principal da influência dessa variação com a quantidade de sedimentos relacionado com a quantidade de precipitação.

O aumento populacional da região não parece ser uma influência determinante na quantidade de sólidos totais nas lagoas tampouco a intensificação de usos antrópicos para atividades de lazer ou econômicas. A turbidez da água está relacionada com a ressuspensão dos sedimentos causadas pelo vento que também interferem na sua transparência em relação a profundidade pois os sedimentos não conseguem acumular-se no fundo.

Embora a variação de sedimentos ligado a sazonalidade exista e se mantenha de maneira constante por fatores naturais e com pouca influência antrópica, variações ambientais devem sempre ser consideradas para não interferir no balanço natural das lagoas costeiras que podem ser modificadas pela ação humana sem a devida preocupação ambiental.

O aumento populacional do litoral norte deve ser uma preocupação para a preservação ambiental das lagoas. Na maioria das vezes os municípios não possuem uma legislação ambiental com vistas a sua proteção e nem demarcação das áreas de proteção. Além disso é necessário estabelecer regramentos para fins de turismo ou de descarga de sólidos residenciais.

As lagoas são ambientes que devem ser preservados pois apresentam importância ecológica para a preservação de espécies naturais e da sustentabilidade da vida da região. O aumento no seu nível trófico pode representar problemas que poderiam interferir em todo o ecossistema da vida e dos municípios que dependem de sua preservação.

Ainda existem poucos estudos caracterizando as lagoas costeiras do Rio Grande do Sul. Seja do ponto de vista de sua preservação ambiental ou de suas dinâmicas. Essas lagoas apresentam variações específicas, e o incentivo a construção de um conhecimento mais aprofundado sobre os seus padrões e dinâmicas pode ajudar não só do ponto de vista científico, como todo o ecossistema e as pessoas que dependem da vida na planície costeira.

6. REFERÊNCIAS

- ANA – Agência Nacional de Águas. Portal de Qualidade das Águas. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>>. Acesso em: 4 de janeiro de 2018
- CALIMAN, A. Et al.; **Temporal coherence among tropical coastal lagoons: a search for patterns and mechanisms**. Brazilian Journal of Biology., 2010, vol. 70, no. 3 (suppl.), p. 803-814
- CARDOSO, L. S.; MARQUES, D. M. L. M. **Relações do Índice de Qualidade de Água (IQA) com a Variação Temporal e Espacial da Comunidade Zooplanctônica do Sistema Lagunar de Tramandaí (Litoral Norte do Rio Grande do Sul - RS Brasil)**. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 11 n.2 Abr/Jun 2006, p. 123-134
- DOMINGUES, A. L.; LIPP-NISSINEN, K. H.; MIRANDA, L. S.; Buriol, G. A. **Delimitação da área de preservação permanente da Lagoa dos Gateados, na planície costeira do Rio Grande Do Sul (RS), utilizando séries de imagens de satélite e dados hidrológicos históricos**. Revista Brasileira de Geografia Física v.08, n. 03, 2015. p. 776-792.
- ESTEVES, F. A. (2011) **Fundamentos de Limnologia**. 3a ed. Rio de Janeiro: Interciência, 790 p.
- FERREIRA, A. B.; PEREIRA FILHO, W. **Avaliação da reflectância espectral de corpos d'água em Santa Maria-RS, por meio de espectrorradiometria de campo**. Revista Geoambiente, v.13, p.194-207, 2009.
- HAASE, J.; STRINGUINI, M. H.; SILVA, M. L. B. C.; RODRIGUES, M. L. K.; KOCH, S. M. V. **QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DO LITORAL NORTE E MÉDIO DO RIO GRANDE DO SUL**. 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2002.
- HENNEMANN, Mariana Coutinho. **Dinâmica da Qualidade da Água em uma Lagoa Costeira: o Caso Peculiar da Lagoa do Peri, Ilha de Santa Catarina, Brasil**. 2010. 112 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia). Departamento de Ecologia e Zoologia. Programa de Pós-Graduação em Ecologia. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2010.

- LANZER, R. M. **Lagoas Costeiras : Patriômomo Abiental do Rio Grande do Sul.** Seminário Internacional Turismo e Arqueologia: Patrimônio Cultural e Ambiental . V. II, nº3. Pelotas, RS: Editora da UFPEL. Jan/Jul 2005. 103-110
- LISSNER, Juliane Beatriz. **VARIAÇÃO DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA NA LAGOA ITAPEVA, LITORAL NORTE DO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL, A PARTIR DE ANÁLISE DE SÉRIES TEMPORAIS.** 2011. 120 p. Dissertação (Mestrado em Geografia). Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011.
- LONDE, L. R.; NOVO, E. M. L.; CALIJURI, M. C.; **Aplicações de técnicas de Sensoriamento Remoto ao estudo do fitoplâncton de águas interiores.** IN: Novas Tecnologias para o monitoramento e estudo de reservatórios hidrelétricos e grandes lagos. Rio de Janeiro: Parêntese, 2011, 328p.
- MACHADO, M. T. S.; BAPTISTA, G, M. M. **Sensoriamento remoto como ferramenta de monitoramento da qualidade da água do Lago Paranoá (DF).** Engenharia Sanitária Ambiental, v.21 n.2, abr/jun 2016.
- MORAES, E. C.; **Capítulo 1: Fundamentos de Sensoriamento Remoto.** Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 2002.
- MOREIRA, M. A.; **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologia de Aplicação 3 edição.** Viçosa: UFV, Editora Federal de Viçosa, 2007, 315p.
- SCHAFER, A. **Fundamentos de Ecologia e Biogeografia das Águas Continentais.** Porto Alegre: Editora da Universidade, UFRGS, 1985, 532p.
- SCHAFER, A. **Tipificação Ecológica das Lagoas Costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil.** Acta Limnológica Brasileira 1988. Vol. 2, p. 29-55
- SCHAFER, A.; MARCHETT, C. A.; SCHUH, S. M.; AHLERT, S.; LANZER, R. M.; **Morphological characterization of eighteen lakes of the north and middle coast of Rio Grande do Sul, Brazil.** Acta Limnologica Brasiliensia , 2014, vol. 26, no. 2, p. 199-214
- SILVA, A. M.; TOLDO JR, E. E.; WESCHENFELDER, J. **Morfodinâmica da desembocadura da Lagoa de Tramandaí (RS, Brasil).** Pesquisas em Geociências, 44 (1): p. 155-166, jan./abr. 2017
- RAMOS, B. V. C.; LANZER, R.; SCHAFER, A. **Determinação da qualidade**

ambiental da Lagoa da Fortaleza, Lagoa da Rodninha e Lagoa do Cipó – Litoral Norte do Rio Grande do Sul. IN: Turimos e Paisagem: Uma relação complexa, 2012, Caxias do Sul – RS Anais do VII Seminário de Pesquisa em Turismo Ambiental do Mercosul, 2012

VALERIO, A. M.; STECH, J. L.; KAMPEL, M. **Sensoriamento remoto orbital e de superfície para o estudo do comportamento do corpo de água do reservatório de MANSO, MT, Brasil.** IN: Novas Tecnologias para o monitoramento e estudo de reservatórios hidrelétricos e grandes lagos. Rio de Janeiro: Parêntese, 2011, 328p.

ZUANAZZI, P. T.; BARTELS, M. **Estimativas para a população flutuante do Litoral Norte do RS.** Porto Alegre: FEE, 2016