



# Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: [www.ufpe.br/rbgfe](http://www.ufpe.br/rbgfe)



## Variação Espacial e Temporal de NDVI na Lagoa do Peixe, RS

Luana Portz<sup>1\*</sup>, Laurindo Antonio Guasselli<sup>2</sup>, Iran Carlos Stalliviere Corrêa<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup>Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Geociências da UFRGS, área de concentração em Geologia Marinha. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Av. Bento Gonçalves, 9500, Porto Alegre, RS, Brasil. CEP: 91509-900. Email: [luanaportz@gmail.com](mailto:luanaportz@gmail.com)

<sup>2</sup>Professor do Departamento de Geografia - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Av. Bento Gonçalves, 9500, Porto Alegre, RS, Brasil.

<sup>3</sup>Professor do Departamento de Geodésica. Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Av. Bento Gonçalves, 9500, Porto Alegre, RS, Brasil. CEP: 91509-900.

Artigo recebido em 29/06/2011 e aceito em 07/08/2011

### RESUMO

Neste estudo foram analisadas as variações espaciais e temporais do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) na lagoa do Peixe, no litoral do Rio Grande do Sul. Para alcançar o objetivo proposto foram utilizadas imagens de satélite Landsat TM5, entre os anos de 1986 e 2009, seguindo os procedimentos de elaboração de mosaico das cenas, verificação de campo, geração das imagens de NDVI, análise de dados de precipitação acumulada, geração dos mapas finais e análise qualitativa dos resultados obtidos. Os resultados obtidos com a geração de imagens de NDVI mostraram que a análise espaço-temporal associada aos dados de precipitação fornecem informações de valiosa importância sobre a dinâmica da lagoa do Peixe. A importância do NDVI neste estudo se destaca pelo contraste existente entre água e vegetação, realçando os diferentes níveis de água sobre os bancos vegetados presentes na borda oeste da lagoa. Estes bancos são um importante controlador da dinâmica de circulação lagunar, onde em períodos de seca ocorre a compartimentação da lagoa, enquanto que em épocas de grande precipitação e acumulação de água estes bancos ficam submersos.

Palavras-chave: Landsat TM, série temporal, Parque Nacional.

## Spatial and Temporal Variation of NDVI in the Peixe Lagoon, RS

### ABSTRACT

This paper analyzed the spatial and temporal variation of Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) in the Peixe lagoon. To reach the purpose, the NDVI time-series were collected from the study area between year 1986 and 2009 derived from Landsat TM5 satellite. The adopted methodology may be subdivided into the following steps: mosaic of scenes, field verification, generation of NDVI time-series and qualitative analysis, in addition, it was complemented with rainfall analysis. The results obtained with the NDVI time-series associated with the rainfall analysis data provide valuable information about the environmental dynamics. The importance of NDVI in this work is given by the contrast between water and vegetation, highlighting the different levels of water over vegetated banks present on the western edge of the lagoon. These banks are an important driver circulation in the lagoon, where in periods of drought occurs the partitioning of the lagoon, while in periods of high precipitation and accumulation of water they are submerged.

Keywords: Landsat TM, time-series, National Park.

### 1. Introdução

O Parque Nacional da Lagoa do Peixe

(PNLP) foi criado através do Decreto N° 93.546/86, tendo como objetivo proteger os ecossistemas litorâneos da região da lagoa do

\* E-mail para correspondência: [luanaportz@gmail.com](mailto:luanaportz@gmail.com) (Portz, L.).

Peixe, e particularmente, as aves migratórias, que encontram nesta região condições propícias para sua alimentação e repouso, durante suas migrações anuais.

Esta região apresenta uma grande variedade de ecossistemas frágeis, inseridos na Planície Costeira do Rio Grande do Sul - Brasil, como: banhados, campos de dunas, matas de restinga e lagoas de água doce e salobra.

O nome do parque vem de seu principal corpo d'água (lagoa do Peixe), que efetivamente se constitui em uma laguna por apresentar uma ligação direta e sazonal com o oceano. Esta sazonalidade é controlada pela quantidade de precipitação e pela ação dos ventos, com ocorrência intensificada entre os meses de junho a dezembro. A ligação da lagoa com o oceano proporciona uma mistura das águas doce e salgada, tornando este ambiente um berçário natural.

Tais características específicas fazem do local um reservatório natural de fauna e flora específicas como, camarões, caranguejos, moluscos, algas, plânctons e pequenos peixes que atraem aves, répteis e mamíferos (FNMA, 1999).

Nesta porção da planície costeira o regime de precipitação, principalmente nos meses de inverno, é controlado pela Frente Polar Atlântica, não apresentando uma estação de seca ou de chuvas definida. Porém, o fato de não existir uma estação de seca climatologicamente definida nesta região, não invalida a possibilidade de ocorrer eventos de

secas isolados (Plá, 2004).

O regime randômico da precipitação na região e as baixas profundidades da lagoa do Peixe associada à não existência de afluentes significativos em seu entorno tornam este ambiente extremamente frágil. Neste sentido análises para detectar os padrões e identificar alterações na superfície da lagoa ao longo do tempo representam aspectos importantes na direção de sua preservação.

Diversas metodologias tem sido proposta para este tipo de análise, entre elas destacam-se os índices de vegetação, por exemplo: EVI, RVI, SAVI, DVI e NDVI. Estes índices são medidas radiométricas adimensionais que envolvem a combinação de bandas espectrais. O mais tradicional índice de vegetação é o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) entre a radiação na região do vermelho e do infravermelho, proposto por Rouse *et al* (1973), e tem como característica minimizar a interferência do solo na resposta espectral da vegetação.

O NDVI é um índice que permite monitorar, em grande escala, o “vigor” da vegetação, porque quanto mais exuberante for a vegetação menor será a porcentagem de radiação do vermelho refletida por esta. Por outro lado, quanto maior o vigor da vegetação, maior a porcentagem de radiação do infravermelho refletida.

O uso de técnicas de sensoriamento remoto para avaliação e monitoramento de

recursos hídricos teve início com as tentativas de detecção de clorofila-a como parâmetro de quantificação de biomassa (Londe *et al*, 2005). Estudos de Novo *et al* (2009) indicam que os índices de vegetação tradicionalmente aplicados no estudo de ecossistemas terrestres podem ser adaptados para o monitoramento do estado trófico de sistemas aquáticos.

Poucos estudos, entretanto, têm utilizado o NDVI para avaliar ambientes aquáticos continentais (Novo *et al*, 2009), porém os resultados obtidos por Londe (2008) mostram um excelente desempenho do NDVI, por exemplo, na previsão da concentração de clorofila a partir de dados radiométricos obtidos em campo para corpos hídricos com variação de concentrações de clorofila.

O estudo recente de Lissner (2011) analisou a variação espaço-temporal do NDVI na lagoa Itapeva, Litoral Norte do Rio Grande do Sul, a partir da análise de 42 datas de imagens. Este trabalho utilizou, para tanto, a ferramenta de análise de séries temporais, para entender a dinâmica da distribuição do NDVI, e estabelecer padrões sazonais com base na correlação com dados de concentrações de clorofila\_a e de Totais de Sólidos Suspensos.

Neste contexto o objetivo deste trabalho é analisar as variações espaciais e temporais do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada na área da Lagoa do Peixe, em relação as suas variáveis ambientais.

## 1.1 Área de estudo

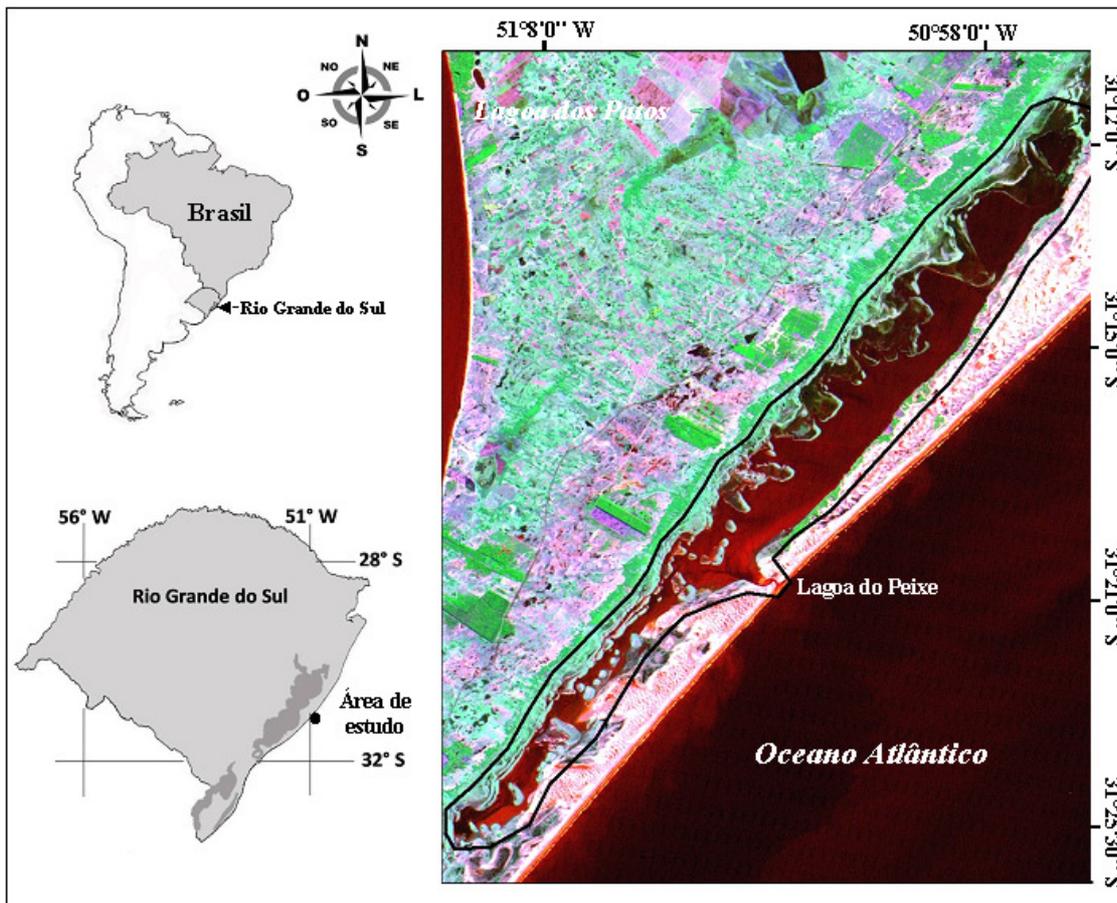
A área de estudo localiza-se no segmento médio da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, entre a Laguna Lagoa dos Patos e o Oceano Atlântico, abrangendo áreas dos municípios de Mostardas e Tavares.

A barreira arenosa que se desenvolveu durante o holoceno ao longo do litoral médio do RS, foi controlada, em grande parte, por uma topografia antecedente caracterizada por uma protuberância (projeção) costeira. Este condicionamento morfológico favoreceu o desenvolvimento, na região da lagoa do Peixe, de uma barreira relativamente estreita, com características transgressivas. A natureza transgressiva da barreira é evidenciada, junto a praia oceânica, pela exposição de lamas lagunares e turfas de idade Holocênica (Tomazelli *et al.*, 1998).

A lagoa do Peixe comporta-se como um ambiente lagunar-estuarino semi-fechado, onde ocorrem trocas e variações nas características físico-químicas, intercâmbios com os sistemas vizinhos e elevada dinâmica (Muller, 1989).

Apesar dos 40 km de extensão e 1 km de largura, a lagoa caracteriza-se por apresentar baixas profundidades (10 a 60 cm) ao longo de quase toda sua extensão (Resende & Lewemberg 1987).

Neste trabalho a área de estudo abrange a lagoa do Peixe que está inserida no Parque Nacional da Lagoa do Peixe, conforme a Figura 1.



**Figura 1.** Mapa da localização da área de estudo, delimitada pela linha preta.

## 2. Metodologia

Para a análise da variação do NDVI na lagoa do Peixe, este trabalho compõe-se das seguintes etapas: seleção de imagens disponíveis no sítio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE ([www.inpe.br](http://www.inpe.br)), georeferenciamento das imagens do sensor Landsat TM5; elaboração de mosaico das cenas; verificação de campo; geração das imagens de NDVI, geração dos mapas finais e análise quali e quantitativa dos resultados obtidos.

**Imagens** - foram adquiridas quatorze cenas de imagens de satélite do sensor TM/Landsat-5, nas órbitas-ponto 221/81 e 221/82 nas seguintes datas: 29 de abril de 2009; 07 de

janeiro de 2009, 03 de outubro de 2008; 26 de maio de 2007; 01 de julho de 1997; 08 de setembro de 1993; 01 de junho de 1986. Estas datas foram escolhidas pela existência de imagens com mesma data entre as órbitas-ponto para realização de mosaico e pela inexistência de nuvens.

**Mosaico e georeferenciamento** - Foi realizado o mosaico das cenas a partir das imagens TM/Landsat-5 para cobrir a área de estudo. Tendo como base a imagem de abril de 2009, foi realizado o ajuste das cenas ao sistema cartográfico UTM, fuso 22 sul, Datum: WGS84. A partir desta imagem, as outras cenas foram ajustadas ao mesmo sistema cartográfico através do processo de

co-registro, ou registro de imagem para imagem.

**Verificação de campo** - após a finalização da etapa anterior foi realizada saída a campo para verificação de alvos de interesse.

**Geração de imagens de NDVI e mapas finais** - O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada foi calculado através da equação:  $NDVI = (IVP - V) / (IVP + V)$ , onde IVP e V representam os valores da reflectância nas bandas do infra-vermelho próximo e do vermelho, respectivamente. O NDVI varia entre -1 a +1, sendo que os valores negativos e o zero representam áreas não vegetadas (Moreira, 2001).

**Análise quali e quantitativa** - Os valores de NDVI para os pontos especificados do gráfico 1, foram obtidos a partir da media de uma janela de 3x3 pixels. Para análise da variação do NDVI os dados foram correlacionados com dados de precipitação acumulada, relativos aos períodos de 30, 60 e 90 dias anteriores as datas das imagens, obtidos a partir do sitio da Agência Nacional de Águas (ANA).

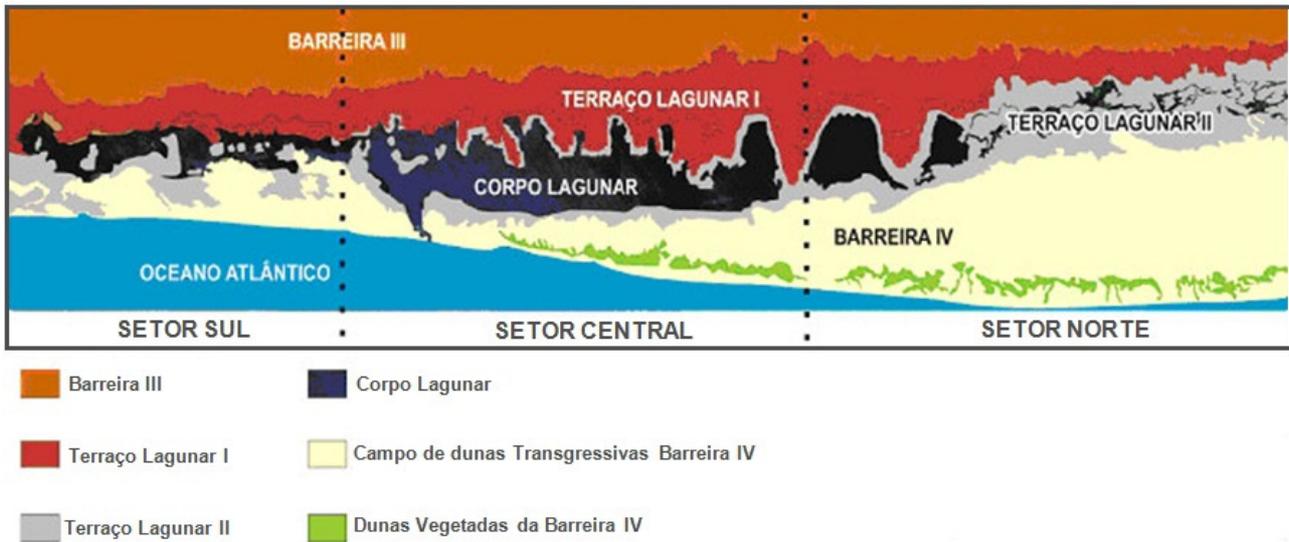
Estudos que associam as variações de precipitação aos valores de NDVI como indicador do vigor da vegetação foram realizados por Almeida & Batista, 1998; Guasselli & Marques, 2006; e Nicácio *et al*, 2009. Estes autores estabeleceram que os valores de NDVI tendem a aumentar em anos chuvosos, com o aumento da densidade e vigor da vegetação, diminuindo consideravelmente em anos secos.

### 3. Resultados e Discussão

As imagens de NDVI geradas neste estudo permitiram encontrar o seguinte padrão de resposta para alguns alvos descritos a seguir:

- A. A água da lagoa do Peixe apresenta valores de reflectância maiores no visível do que no infravermelho, apresentando NDVI negativo;
- B. A vegetação apresenta valores positivos de NDVI, uma vez que a reflectância da vegetação no infravermelho é superior à reflectância no visível. Sendo que os valores mais altos estão associados com as altas densidades de vegetação (plantações de *Pinus sp.* e com as matas nativas que margeiam a Barreira III; Figura 3).

Para analisar a variação espacial e temporal dos valores de NDVI na lagoa é importante entender o seu relacionamento com algumas características físicas. A profundidade da lagoa varia de 10 cm a 60 cm, com média de 29,7 cm, com exceção do canal que liga a lagoa ao oceano, que pode atingir até 2 m de profundidade durante o inverno. A abertura deste canal normalmente ocorre nos meses de inverno e primavera, mantendo-se aberto, em geral, até o verão (fim de dezembro, início de janeiro). A oclusão da barra se desenvolve em virtude da deposição de areia na sua desembocadura ocasionada pela predominância dos ventos de norte e nordeste.



**Figura 2.** Mapa geológico e geomorfológico do sistema lagunar da lagoa do Peixe. Fonte: Modificado de Arejano (2006).

A falta de um período de precipitação bem definido na região dificulta o estabelecimento de um padrão de inundação. No inverno, quando os níveis de precipitação tornam-se mais acentuados (normalmente mês de agosto), ocorre a inundação dos banhados e campos marginais à lagoa no Terraço Lagunar I. Durante estes períodos em que a lagoa alcança níveis mais elevados é realizada a abertura artificial da barra por meio de máquinas, uma vez que, a abertura natural ocorre esporadicamente. Este processo artificial de abertura da barra é efetuado, atualmente, por pressão dos agricultores-pecuaristas da região sobre o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e a prefeitura de Tavares, uma vez que suas terras ficam com a área de pasto e de plantio completamente inundadas. Nos anos em que ocorre altos índices pluviométricos a barra pode não fechar totalmente, devido a forte drenagem continental que impede a

deposição sedimentar na sua desembocadura (FNMA, 1999).

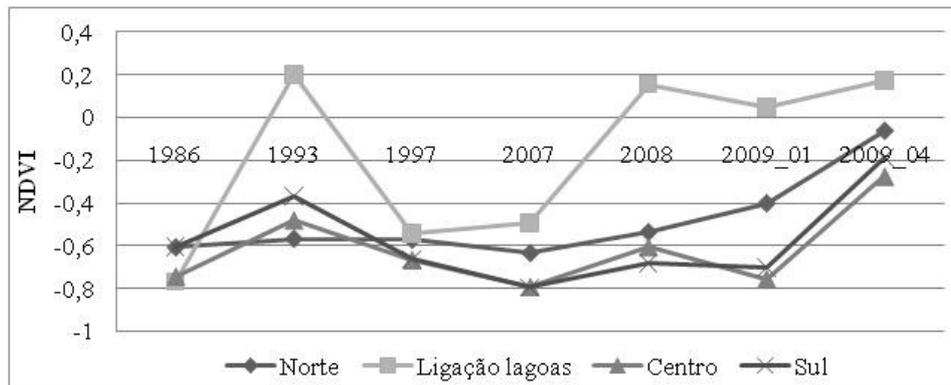
Neste sentido, ao relacionar as imagens de NDVI (Figura 3) com os valores de precipitação para a região (Tabela 1), observa-se que a maior influência no volume de água na lagoa se dá por precipitação recente (último mês) e não o acumulado (últimos 3 meses). Apesar dos valores de precipitação acumulada (3 meses anteriores) serem significativos, esse fato não se reflete nas imagens de NDVI, que mostram uma grande diferença de áreas alagadas. Esta diferença também pode ser afetada pela abertura da barra, como exemplo, pode-se observar a diferença entre as imagens de junho de 1997 (barra fechada) e outubro de 2008 (barra aberta). Nestes períodos, as chuvas nos meses anteriores a imagem foram similares, porém, se observa nas imagens situações distintas.

**Tabela 1.** Valores médios de precipitação no 1°, 2° e 3° meses anteriores as datas das imagens, para a estação meteorológica 3050007 (ANA).

Datas das imagens		20/04/2009	07/01/2009	03/10/2008	26/05/2007	01/07/1997	08/09/1993	01/06/1986
Chuva em mm nos meses anteriores a imagem	3°	104,1	79,8	98,8	0	58,8	119,6	38,3
	2°	56,9	44,9	125,9	57,6	53,4	187,7	85,4
	1°	5,5	75,9	161,4	107,2	169,9	34,1	71,7
Barra		Fechada	Fechada	Aberta	Fechada	Fechada	Aberta	Aberta

Em períodos intermediários de precipitação a água acumulada não é suficiente para que ocorra o transbordamento sobre os bancos de vegetação. Nas imagens de NDVI que apresentam maior nível de água aparente (valores próximos a -1), principalmente nos anos de 1986 e 1997, o

transbordamento sobre os bancos vegetados gerá um padrão espectral referente à água que facilita a identificação das áreas que sofrem inundação. Este transbordamento também favorece a ligação entre os distintos trechos da lagoa, especialmente ao norte (Figura 3).



**Figura 3.** Valores de NDVI para o norte (503007, 6545254), centro (495100, 6534463) e sul (486593, 6524877) e na ligação entre as lagoas (503131, 6543188).

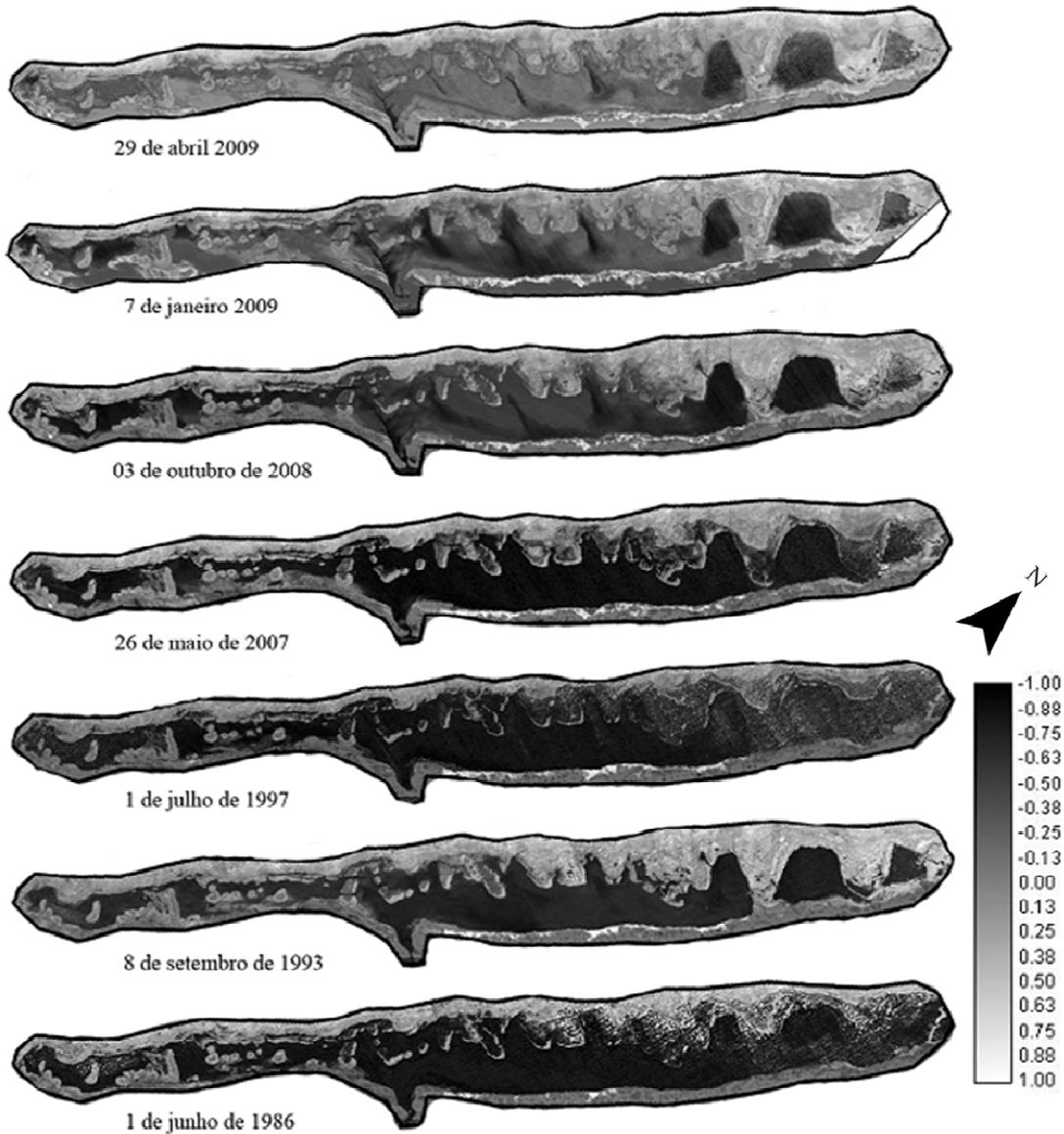
A Figura 4 apresenta as imagens com os padrões de NDVI na lagoa do Peixe entre os anos de 1986 e 2009. A análise das imagens permite fazer uma série de considerações sobre a variação espacial e temporal da lagoa. Inicialmente destacamos a imagem referente a 08 de setembro de 1993, onde as áreas com maiores valores de NDVI (0 a +1), correspondem ao compartimento denominado Terraço Lagunar I (Figura 2).

Este compartimento apresenta fáceis essencialmente arenosas, sendo o terreno coberto, na sua maior parte, por vegetação de gramíneas.

Os maiores valores do NDVI (próximos a +1) ocorrem no Terraço Lagunar I associados aos bancos vegetados e banhados (margem oeste da lagoa), assim como na margem leste sobre o Terraço Lagunar II nas plantações de *Pinus sp.*. Pode-se perceber um

aumento considerável na área de silvicultura do ano de 1986 para o ano de 2009 pelo

aumento da área com altos valores de NDVI na margem leste.



**Figura 4.** Imagens de NDVI da lagoa do Peixe obtidas de imagens Landsat TM (1986-2009).

A feição que apresenta os menores valores de NDVI (próximos a -1) pode ser observada com maior clareza na imagem referente a 26 de maio de 2007, que corresponde ao corpo lagunar. Este é marcado pela presença de bancos arenosos, próximo a margem, que tendem a diminuir sua continuidade em direção Sul (Setor Sul - Figura 2), formando pequenas ilhas. A

composição dos sedimentos é pouco variável. Praticamente todas as margens, bancos e planos de maré regularmente alagados são formados de sedimentos arenosos. Nas proximidades dos extensos marismas e banhados e nas áreas providas de macrófitas submersas, o sedimento torna-se mais lodoso, pela contribuição de material fino e detritos (FNMA, 1999).

Os menores valores de NDVI dentro do corpo lagunar (menores que zero) podem ser associados a dois fatores: a presença de material particulado em suspensão causada pela ação dos ventos, que aumenta o espalhamento do espectro do vermelho, e a baixa concentração de fitoplâncton em decorrência da limitação de luz.

Em relação aos padrões de NDVI do corpo lagunar, podemos fazer algumas considerações. Como a profundidade média da lagoa é baixa, em períodos de seca (exemplificado pela imagem de 29 de abril 2009) se observa um aumento dos valores de NDVI com uma tendência a valores próximos de zero (Tabela 1). Com a diminuição da espessura da lâmina da água e, conseqüentemente, o aumento da exposição da morfologia de fundo da lagoa, ocorre uma maior exposição das áreas com densidade de cobertura de macrofilas (Figura 5). Antunes (2007) destaca a importância das pradarias de macrófitas na lagoa, áreas que apresentam alta biomassa de vegetação aquática.

Esse aumento dos valores de NDVI pode ser observado na imagem de 29 de abril de 2009, quando ocorre uma distribuição espacial dos valores máximos de NDVI em toda a lagoa, associadas ao processo de floração e maiores concentrações de fitoplâncton que ocorrem no outono. Na imagem de 03 de outubro de 2008, na extremidade norte da lagoa, este aumento está associada a floração que ocorre na primavera.

Considerando o tempo em que o nível

d'água permanece baixo, a decomposição e/ou a senescência de algumas espécies de macrófitas tendem a baixar os valores de NDVI. Isso ocorre devido a uma maior absorção da radiação pela alta concentração de matéria orgânica em decomposição no fundo da lagoa. Entretanto, essa não deve ser uma característica predominante, pois segundo Antunes (2007), a presença de matéria orgânica ocorre em toda a lagoa, ainda que em quantidades muito pequenas (em torno de 1%). Os percentuais mais elevados de matéria orgânica foram encontrados no setor norte e na margem leste.

De acordo com Novo *et al* (2009) dois fatores podem explicar os valores negativos em corpos d'água: a presença de material particulado em suspensão, que aumenta o espalhamento na região do vermelho, e a baixa concentração de fitoplâncton entre outros pela turbulência na água.

O padrão hidrodinâmico da lagoa do Peixe ainda não está bem entendido, mas pode-se compará-los a outros corpos lagunares da PCRS. Desconsiderando-se as proporções a lagoa do Peixe pode ser comparada a Laguna dos Patos, no qual as forças principais são a descarga fluvial e o padrão de ventos (Möller *et. al.* 1996). Como a lagoa do Peixe não possui uma descarga fluvial considerável, a hidrodinâmica é controlada essencialmente pelo vento predominante de NE, coincidente com seu eixo longitudinal.



**Figura 5.** Fotografias da lagoa do Peixe, observando-se os banhados (esquerda) e os bancos vegetados (direita) na margem oeste da lagoa.

No canal de ligação da lagoa com o oceano os valores de NDVI são próximos a -1 em toda série temporal das imagens, inclusive no ano de 2009, período de seca, em virtude da maior profundidade neste local.

O padrão espacial das inundações na lagoa do Peixe está relacionado com as feições morfológicas (Figura 2). Em períodos de muita chuva ocorre a inundação do Terraço Lagunar I e do Terraço Lagunar II, sendo a água ancorada pela Barreira III (Figura 2). Na margem leste o transbordamento da lagoa é controlado pelo campo de dunas presente na Barreira IV.

Em áreas de banhado o padrão de resposta espectral é fortemente influenciada pela mistura das respostas da vegetação e da água. Esse grau de mistura, também possui relação com os níveis de informação determinantes na configuração do banhado como estrutura de fundo e variação da lamina da água (Guasselli, 2005).

A análise de terras úmidas é complexa

tendo em vista que o movimento horizontal da água e os fluxos de energia e de materiais não ocorrem na forma de ciclos, mas sim, em pulsos, com fases de inundação e seca (Guasselli & Marques 2006).

#### 4. Conclusão

Os resultados obtidos neste trabalho demonstram que a análise espacial e temporal do padrão de NDVI da lagoa do Peixe, associadas aos dados de precipitação, fornecem informações de valiosa importância sobre a sua dinâmica, possibilitando melhorar os diagnósticos ambientais.

No sentido de melhorar os diagnósticos ambientais este trabalho, concede um estudo prévio e investigativo das variáveis presentes no sistema, podendo auxiliar em futuros delineamentos amostral ou experimental, seja na busca por uma melhor representatividade das amostras, como na redução de custos.

A importância da utilização do NDVI

neste estudo se dá pelo realce dos diferentes níveis de água sobre os bancos vegetados presentes na borda oeste da lagoa, durante a série temporal das imagens. Estes bancos são um importante controlador da dinâmica de circulação lagunar, onde em períodos de seca ocorre a compartimentação da lagoa, enquanto que em épocas de grande precipitação e acumulação de água estes bancos ficam submersos.

## 6. Referências

- Almeida, E.S, Batista, G.T. (1998). Índice de vegetação versus precipitação na Amazônia. In: IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Santos, Brasil, 11-18 setembro 1998. Anais. INPE, p. 1397-1407.
- Antunes, M.L.F. (2007). A pesca do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* na Lagoa do Peixe (RS): Análise quantitativa de recrutamento, crescimento e mortalidade com vistas ao gerenciamento pesqueiro - fase juvenil. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Zoologia. Universidade Pontifícia Católica. Porto Alegre, RS. 191p.
- Arejano, T.B. (2006). Geologia e Evolução Holocênica do Sistema Lagunar da Lagoa do Peixe, Litoral Médio do Rio Grande do Sul, Brasil. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Porto Alegre, RS – BR.
- FNMA-FURG-IBAMA-NEMA-UFPel. (1999). Plano de Manejo do Parque Nacional da Lagoa do Peixe – Fase 2. Disponível <http://www.ibama.gov.br>
- Guasselli, L.A., Marques, D.M.M. (2006). Relação entre as estruturas de fundo e os padrões da cobertura de macrófitas aquáticas no Banhado do Taim – RS. In VI Simpósio Nacional de Geomorfologia /Regional Conference on Geomorphology. Goiânia-GO. Anais. Disponível em [http://www.iph.ufrgs.br/peld/pdfs/Novo/Guasselli&MottaMarques\\_2006.pdf](http://www.iph.ufrgs.br/peld/pdfs/Novo/Guasselli&MottaMarques_2006.pdf).
- Guasselli, L.A. (2005). Dinâmica da Vegetação no Banhado do Taim, RS. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Porto Alegre, RS – BR.
- Lissner, J.B. (2011). 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. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-graduação em Geografia. Porto Alegre, RS - BR.
- Londe, L. R.; Novo, E. M. L. M.; Calijuri, M. C. (2005). Avanços no estudo do comportamento espectral do fitoplâncton e identificação remota de algas. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais XII, INPE, p. 389-396.
- Londe, L. R. (2008). Comportamento espectral do fitoplâncton de um reservatório brasileiro eutrofizado - Ibitinga (SP). Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) -

- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.
- Möller, O.O., et al. (1996). The Patos Lagoon summertime circulation and dynamics. *Continental Shelf Research*. v. 16, n. 3, p. 335-351.
- Moreira, M.A. (2001). Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação. São José dos Campos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 308p.
- Müller, R.R. (1989). Considerações ecológicas sobre a comunidade bentônica do Parque Nacional da Lagoa do Peixe (Tavares, RS - Brasil). Pelotas: Universidade Católica de Pelotas. 39 p. (Monografia).
- Nicácio, R.M., et al. (2009). Relação NDVI e precipitação na bacia do rio Coxim – MS. In: 2º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Corumbá, 7-11 novembro 2009. Anais. Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.537-547.
- Novo, E.M.L.M.; Stech, J.L.; Londe, L.R.; Assireu, A.; Barbosa, C.C.; Alcântara, E.H.; Souza, A.F. (2009). Técnicas avançadas de sensoriamento remoto aplicadas ao estudo de mudanças climáticas e ao funcionamento dos ecossistemas amazônicos. *Acta Amazônica*, v.35, n.2, p. 259-272.
- Plá, R.G. (2004). O Regime de Precipitação no Parque Nacional da Lagoa do Peixe, RS. Trabalho de conclusão do curso de Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Porto Alegre, RS – BR.
- Resende, S.L., Leewemberg, F. (1987). Ecological studies of Lagoa do Peixe. In Tagliani, C.R., Levantamento da geologia e Morfodinâmica do Parque Nacional da Lagoa do Peixe, RS. In Semana Nacional de Oceanografia da UFRJ, Rio de Janeiro, RJ. Anais.
- Rouse, J. W. et al. (1973). Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: Earth Resources Technology Satellite – 1 Symposium, 3., Washington, D. C., Proceedings. Washington, D. C.: NASA. Goddard Space Flight Center, v. 1, p. 309-317. (NASA SP-351).
- Singh, A. (1989). Digital Change Detection techniques using remotely-sensed data. *International Journal of Remote Sensing*, v. 10, n. 6, p. 989-1003.
- Tomazelli LJ, et al. (1998). Significance of present-day coastal erosion and marine transgression, Rio Grande do Sul, Southern Brazil. *Academia Brasileira de Ciências*, v. 70, n. 2, p. 221-229.