

ANÁLISE MULTITEMPORAL DE IMAGENS DE SATÉLITE ATRAVÉS DE COMPOSIÇÃO COLORIDA RGB NO PARQUE NACIONAL DA LAGOA DO PEIXE E ENTORNO, RIO GRANDE DO SUL, BRASIL

J. Ferrari¹, A. M. P. Lima²

^{1, 2} Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Comissão IV - Sensoriamento Remoto, Fotogrametria e Interpretação de Imagens

RESUMO

As Áreas Úmidas são reconhecidas pelos seus serviços ambientais e biodiversidade. Através de uma política nacional para gestão e proteção dessas áreas, a partir de 1993 foram instituídos no Brasil Sítios Ramsar, dentre estes o Parque Nacional da Lagoa do Peixe. Localizado na Planície Costeira do Rio Grande do Sul, o PARNA da Lagoa do Peixe é reconhecido pela riqueza de ambientes e espécies aquáticas, sendo predominantes as dunas costeiras, lagoas e banhados. No entanto seu interior e entorno vêm sendo impactados pelas atividades humanas, principalmente pela dispersão do *Pinus* spp. A partir desta problemática, este estudo trata da aplicação de ferramentas de Sensoriamento Remoto através da análise multitemporal de imagens de satélite a fim de identificar e caracterizar as alterações na área do PARNA e entorno. A manipulação das imagens ocorreu através dos recursos do software IDRISI Selva, utilizando a composição colorida R4G5B3 em imagens Landsat. Percebe-se na interpretação das imagens que em um período de 26 anos ocorreu mudança nos usos do solo, sendo a mais perceptível a expansão das áreas de Silvicultura.

Palavras-chave: Landsat, Áreas Úmidas, Silvicultura.

ABSTRACT

Wetlands are recognize for their environmental services and biodiversity. Through a national policy for the management and protection of these areas, Ramsar Sites have been established in Brazil since 1993, among these Lagoa do Peixe National Park. Located in the coastal plain of Rio Grande do Sul, the Lagoa do Peixe National Park is recognize by the wealth of environments and aquatic species, being predominant coastal dunes, ponds and banhados. However, the Lagoa do Peixe National Park and surroundings have been impacted by human activities, mainly by dispersion of the *Pinus* spp. From this problem, the study apply remote sensing tools through multi-temporal analysis with orbital sensor imaging to identify and characterize changes in the area of PARNA and its surrounding. The manipulation of the images occurred through the IDRISI Selva software features, using the R4G5B3 color composition in Landsat images. It can be seen in image interpretations that in a period of 26 years, changes occurred in land uses, being more noticeable the expansion of the Forestry areas.

Key-Words: Landsat, Wetlands, Forestry.

1- INTRODUÇÃO

A Convenção Ramsar entrou em vigor no Brasil em Setembro de 1993, estruturando uma política nacional para gestão e proteção das Áreas Úmidas (AU's) e sua biodiversidade. Atualmente são 13 os locais designados como Zonas Úmidas de Importância Internacional (Sítios Ramsar) no Brasil, com uma superfície de 7.260.873 hectares.

Junk et al. (2014, p.37) conceituam Áreas Úmidas (AUs) como

ecossistemas na interface entre ambientes terrestres e aquáticos, continentais ou costeiros, naturais ou artificiais, permanentemente ou periodicamente inundados por águas rasas ou com solos

encharcados, doces, salobras ou salgadas, com comunidades de plantas e animais adaptadas à sua dinâmica hídrica.

Essas áreas apresentam importantes serviços ambientais, contribuindo na qualidade socioambiental. No entanto as AU's estão ameaçadas em função da intensa degradação e da falta de proteção, devido as leis brasileiras serem incipientes e pouco fundamentadas, e a quase inexistência de pesquisas que busquem especificar essas áreas a nível nacional (Cunha, et al., 2016).

Devido a grande extensão territorial, que resulta na variedade climática, e consequentemente vegetal do país, no Brasil há uma enorme variedade de tipos de AU's, sendo que na região Sul as mais comuns

são os Banhados. Em aspectos legais e científicos, essa terminologia ainda tem uma caracterização vaga, sendo uma denominação geral no Rio Grande do Sul (RS). A Lei 11.520 de 2000, que institui o Código Estadual do Meio Ambiente do RS, traz o conceito de banhados como “extensões de terras normalmente saturadas de água onde se desenvolvem fauna e flora típicas” (Art. 14º, Inciso XIV). A mesma Lei inclui os banhados, as lagunas e a planície costeira como objeto de especial proteção (Art. 51º, Inciso VII). Em complemento, o Decreto 52.431 de 2015, que dispõe sobre a implementação do Cadastro Ambiental Rural, traz que banhados são as extensões de terra que apresentam

solos naturalmente alagados ou saturados de água por período não inferior a 150 dias ao ano, contínuos ou alternados, excluídas as situações efêmeras, as quais se caracterizam pelo alagamento ou saturação do solo por água apenas durante ou imediatamente após os períodos de precipitação (Art. 6º, Inciso I),

e simultaneamente têm a ocorrência espontânea de no mínimo uma das espécies de flora típica das citadas no inciso II da referida legislação. Podemos inferir, portanto, que os Banhados no RS têm um nível praticamente permanente de água. No RS um grande exemplo dessa diversidade de AU's está concentrado na Planície Costeira.

No entanto a importância dos ecossistemas naturais da Planície Costeira do RS ainda é pouco conhecida, tanto pela comunidade em geral como pela comunidade científica. Esse desconhecimento potencializa modificações ou mesmo a destruição destes ambientes, já que esses atos podem passar despercebidos e colocar muitas espécies endêmicas em ameaça (Burger e Ramos, 2006). A principal dificuldade é a de que as Unidades de Conservação geralmente representam grandes extensões de terra, localizadas longe de grandes centros populacionais e com difícil acesso, sendo pouco representativa e difícil a fiscalização e gestão dessas áreas (Alvarenga Neto, 2010). Esses relatos são representados nesse estudo pelo Parque Nacional (PARNA) da Lagoa do Peixe, onde as AU's servem para descanso e alimentação de aves migratórias.

No caso do PARNA da Lagoa do Peixe a função está em proteger amostras de quase todos os ecossistemas característicos do compartimento e da maioria das espécies ameaçadas, principalmente da laguna e ambientes de marismas, dunas frontais, praia e um importante remanescente de mata de restinga – especialmente por fazer parte da rota migratória de algumas espécies de aves e por abrigar espécies que integram a Lista de Espécies Ameaçadas³.

Como alternativa de gestão e controle, os recursos do sensoriamento remoto têm sido frequentemente utilizados para análise da superfície em regiões costeiras. As geotecnologias, compostas por

Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) e Sensoriamento Remoto (SR) possibilitam o monitoramento dessas áreas extensas, recorrendo a imagens de satélite e reduzindo os custos operacionais com trabalhos de verificação a campo. Essas vantagens levam o geoprocessamento e o SR a se destacar como procedimentos em estudos ambientais, facilitando o desenvolvimento de novos estudos, já que há disponibilização das imagens gratuitamente (Alvarenga Neto, 2010).

Este estudo trata da aplicação de ferramentas de SR através da análise multitemporal para identificação das alterações na área do PARNA da Lagoa do Peixe e entorno, através do uso da composição colorida RGB em imagem Landsat, associada à comparação do uso do solo e levantamento do impacto dessas atividades nas AU's da área de estudo. O desafio deste trabalho, além de identificar e relatar essas alterações, está em trazer a importância das AU's e o quanto estas e sua dinâmica são impactadas pelas intervenções do ser humano.

2- HISTÓRICO E CARACTERIZAÇÃO DO PARNA DA LAGOA DO PEIXE E SEU ENTORNO

A área de recorte para o estudo inclui grande parte do PARNA da Lagoa do Peixe e seu entorno, entre o Atlântico e a Lagoa dos Patos (Figura 1). O PARNA da Lagoa do Peixe abrange áreas dos municípios de Mostardas e Tavares. A Lagoa do Peixe especificamente apresenta 40 km de extensão e 1 km de largura, tendo de 10 a 60 cm de profundidade em quase toda sua extensão (Portz, et al. 2011). Enquadrado como Bioma Marinho Costeiro, é o único PARNA desta categoria de bioma, tendo sido legalmente criado em novembro de 1986⁴ com o objetivo particular de proteger as espécies de aves migratórias que dependem da Lagoa para seu ciclo vital.

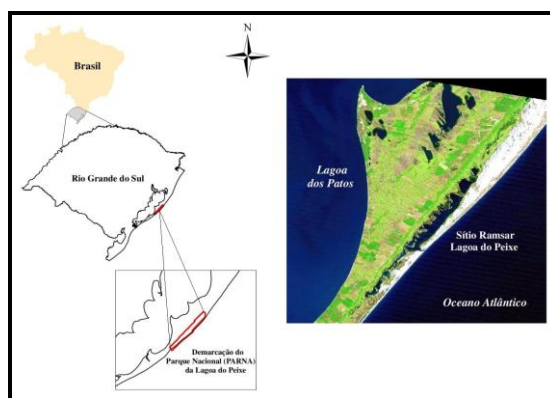


Fig. 1- Mapa de localização da área de estudo.

Já em 1999, quando a segunda fase do Plano de Manejo do PARNA (FNMA, et al.) foi apresentada, pesquisadores e gestores percebiam a disseminação sem

³Gavião-cinza - *Circus cinereus*; Gaivota-de-rabo-preto - *Larus atlanticus*; Sanã-cinza - *Porzana spiloptera*; Trinta-réis-real - *Thalasseus maximus*. Fonte: ICMBio.

⁴Brasil, 1986. Decreto nº 93.546, de 6 de Novembro de 1986. Cria o Parque Nacional da Lagoa do Peixe.

controle do *Pinus spp.* na região. No mesmo documento levantava-se a possibilidade da espécie estar causando uma significativa influência no rebaixamento do lençol freático. Na época as constatações eram apenas visuais, por moradores e pesquisadores.

O PARNA da Lagoa do Peixe foi instituído como área integrante da Convenção Ramsar no ano de 1993, quando o Brasil aderiu ao tratado. Enquadrada como AU costeira, foi o primeiro Sítio Ramsar costeiro brasileiro, tendo como principais características as áreas de várzea, dunas costeiras, lagoas e banhados, proporcionando um ambiente com águas marinhas rasas permanentes, pradarias aquáticas, vegetação subaquática, águas estuarinas, lagoas salinas costeiras, lagoas de água doce costeiras, com dunas e zona entre-marés⁵. O principal critério elencado pela Convenção Ramsar para esta área é o baseado na diversidade de aves aquáticas, onde a área úmida deve ser considerada de importância internacional se regularmente suporta 20.000 ou mais aves aquáticas, sendo rota migratória para muitas espécies⁶. As atividades humanas do entorno da área incluem a caça, a irrigação de arroz, e colheita de camarão (descontrolada).

3- ASPECTOS METODOLÓGICOS E TÉCNICAS DE ANÁLISE

No uso de imagens de satélite cada alvo apresenta um comportamento, que se manifesta em função de suas características. Deve-se ressaltar a importância da época (mês) de aquisição das imagens, que traz implicações sobre a cobertura de nuvens por exemplo. Assim, entre os critérios para escolha das datas das imagens visou-se a inexistência de nuvens nos períodos (cobertura de nuvens máxima de 10%).

O ano inicial escolhido foi 1985 e o final foi 2011, totalizando 26 anos de análise de evolução na área. Os critérios de escolha dos anos da imagem foram: - primeiramente, uma imagem anterior a data de criação do PARNA da Lagoa do Peixe; uma imagem próxima ao ano de instituição da área como Sítio Ramsar; mesma época (mês). A escolha das bandas a serem testadas se baseou em uma análise das características e aplicações de cada banda, conforme informações pelo Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE/BR).

As etapas de procedimentos realizados foram:

- Aquisição das imagens;
- Recorte da área de estudo;
- Realce das bandas;
- Teste de composições coloridas RGB;
- Interpretação visual;
- Geração de mapas com o Software QGIS 2.16.2;
- Análise dos resultados gerados.

⁵Ou zona intertidal: é uma área restrita de transição, onde os limites do mar e da terra se confundem ao ritmo das marés. Fonte: [http://www.cienciaviva.pt/veraocv/2013/downloads/Bol_etim_Informativo%20\(Praia%20de%20S.%20Pedro%20do%20Estoril\)%20\(2012\).pdf](http://www.cienciaviva.pt/veraocv/2013/downloads/Bol_etim_Informativo%20(Praia%20de%20S.%20Pedro%20do%20Estoril)%20(2012).pdf)

⁶Fonte: <https://rsis.ramsar.org>

Para isso, utilizou-se imagens multiespectrais do sensor TM do satélite Landsat-5 e Landsat-7, adquiridas em diferentes datas. Para análise da evolução na área foram adquiridas três cenas de imagens de satélite do sensor TM Landsat-5 e uma cena de imagem de satélite do sensor ETM+ Landsat-7 (Quadro 1).

QUADRO 1 – RELAÇÃO DAS IMAGENS.

Satélite	Sensor	Data	Órbita/ Ponto
Landsat 5	TM	06/02/1985	221/82
Landsat 5	TM	09/05/1995	221/82
Landsat 7	ETM+	04/05/2002	221/82
Landsat 5	TM	05/05/2011	221/82

As imagens foram adquiridas junto ao Catálogo de Imagens da Divisão de Geração de Imagens (DGI) do INPE⁷. Após a aquisição da imagem do satélite, foi feito o recorte da área de estudo. Para isso se utilizou o módulo *Window*, que serve para extrair uma subimagem a partir de uma original e armazená-la como uma nova imagem. A partir deste recorte, foram feitas as outras etapas que envolvem o Processamento Digital de Imagem. O recorte (módulo *Window*) da área de trabalho da cena 221/82 foi feito a partir das coordenadas geográficas em UTM 443876.287549 e 526790.737310 E & 6516908.329277 e 6565422.878727 N. O recurso *Stretch* foi utilizado, por permitir manipular o contraste para realçar os alvos de interesse nas bandas. Neste caso foi aplicada uma saturação linear de 2%.

Para a interpretação visual das imagens, diversas combinações de bandas foram testadas para a caracterização multitemporal. Entre elas as composições R5G4B3, R4G5B3 e R7G4B3. Estas bandas apresentam características adequadas neste estudo, uma vez que as bandas do vermelho, infravermelho próximo e médio possuem as respostas mais interessantes para monitoramento da cobertura vegetal e uso do solo (Alvarenga Neto, 2010). Para interpretação das imagens foram utilizados os critérios de tonalidade, cor, textura, tamanho, forma, padrão, localização geográfica e contexto, conforme Florenzano (2007). Nesta etapa a base está na percepção do interprete.

4- RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES

As imagens adotaram um intervalo de dez, sete e nove anos, respectivamente. O intervalo exato de 10 anos entre as imagens não foi adotado devido a indisponibilidade de imagens com pouca cobertura de nuvens, e ainda alguns anos foram descartados por estarem sob a influência de El Niño. No caso do ano de 1985, por exemplo, não foram encontradas imagens com cobertura de nuvens máxima de 10% no mês maio,

⁷Disponível em: www.dpi.inpe.br/catalogo.

fazendo com esse ano em específico não seguisse o mesmo critério dos demais.

A composição que forneceu condições para uma melhor interpretação foi composição colorida R4G5B3, considerando que interpretação visual permitiu a definição de polígonos nas áreas definidas como de uso da silvicultura. Nesta imagem, R4G5B3 (Figura 2), a mata nativa aparece em tons de marrom, enquanto as áreas de *Pinus spp.* e eucaliptos (Silvicultura) aparecem em tons de vermelho. Pôde-se perceber, a partir da textura, que a cobertura vegetal nas áreas de Mata Nativa é mais heterogênea e rugosa, enquanto as áreas de Silvicultura são mais homogêneas e uniformes e ao mesmo tempo mais rugosa em relação as áreas de Agricultura.

O tamanho dos objetos na imagem também foi importante nesse processo. Neste caso, nas quatro imagens a identificação da área da cidade de Tavares é dificultada se não há uma aproximação da imagem e o conhecimento prévio de sua localização, em função da escala. Através das formas foi possível identificar as áreas de Silvicultura e Agricultura, que são bem definidas e regulares (quadrados e retângulos). As formas irregulares nas imagens determinam a Mata Nativa, as Lagoas, Banhados e demais AU's. Essa interpretação também se deu através da visualização do padrão, que no caso da Silvicultura e Agricultura pode ser associado ao padrão de linhas das culturas plantadas em fileiras.

O critério da localização geográfica e contexto permitiu identificar as áreas urbanas, os tipos de

cultivos e ocupação da área e a identificação das AU's. As áreas urbanas (Tavares e Mostardas), por exemplo, pôde-se identificar através do traçado das rodovias (em tons acinzentados). Mesmo não existindo o conhecimento a campo da área, através da pesquisa bibliográfica e da visualização das imagens o entendimento da dinâmica da área foi facilitado. O aspecto multitemporal das imagens de satélites permitiu, neste estudo, monitorar as mudanças que ocorreram na área ao longo dos 26 anos.

O processo mais nítido nas composições RGB é o de expansão da Silvicultura. Visualmente percebe-se, de modo evolutivo na sequência das quatro imagens, o avanço do *Pinus spp.* ao longo da Lagoa e já avançando sobre as dunas, já que é uma espécie de autopropagação. Também é possível perceber a diminuição das áreas de dunas, principalmente comparando a imagem de 1985 e a de 2011, exatamente nas áreas próximas dos locais onde a densidade da silvicultura está concentrada.

Entre 1985 e 2011 as áreas de campo vão gradualmente dando espaço aos cultivos agrícolas. Na imagem de 1995 ainda consegue-se identificar vários aspectos da drenagem e uma grande quantidade de pequenas AU's, enquanto na imagem de 2011 essas características passam a ser praticamente inexistentes, podendo perceber também a diminuição das áreas alagadas pelas lagoas. Além de caracterizadas pela riqueza e biodiversidade e pelos serviços ambientais, as AU's são portadoras de uma paisagem peculiar e singular.

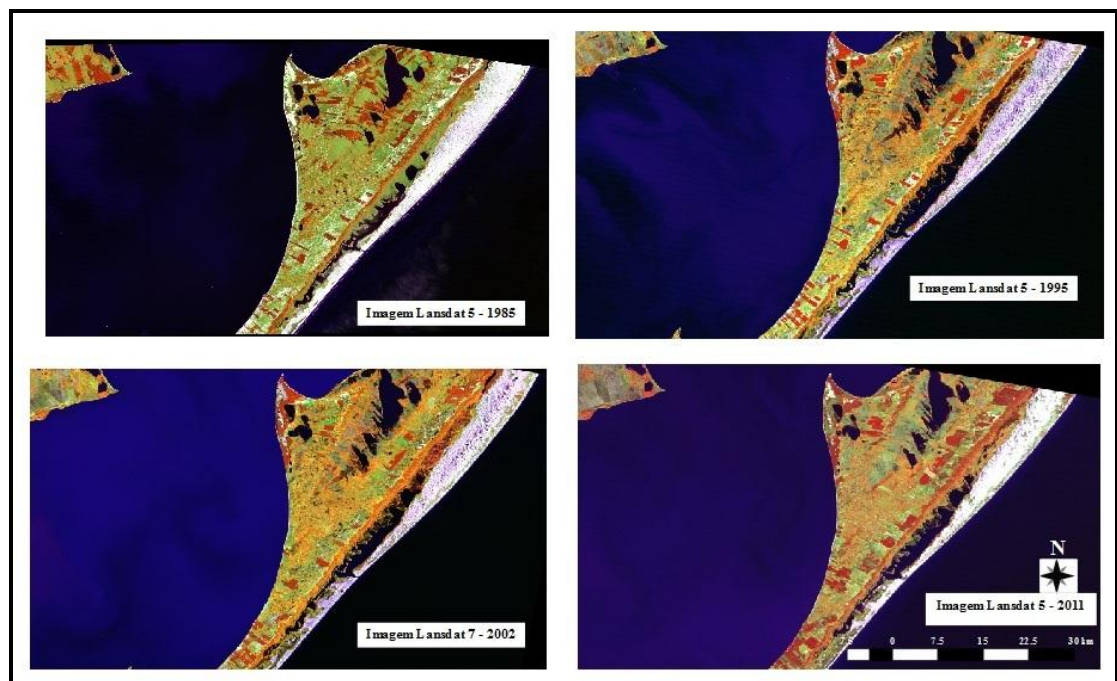


Fig. 2 - Exemplos de composições coloridas RGB 453, com aplicação de contraste através do *Stretch*, utilizadas para interpretação e classificação da área. A mata nativa aparece em tons de marrom, enquanto as áreas de *Pinus spp.* e eucaliptos (Silvicultura) aparecem em tons de vermelho. A Lagoa e banhados aparecem em azul escuro, e as dunas em branco.

O enquadramento da Lagoa do Peixe como PARNA, conforme relatado anteriormente, foi garantida exatamente pela sua relevância ecológica e beleza cênica. No entanto, com a ausência de medidas pontuais de gestão do seu entorno essas características e funções estão ameaçadas.

Em seu estudo Scotta et al (2015) relata que ao sul da desembocadura da Lagoa vem sendo verificada uma maior movimentação do campo de dunas em comparação ao norte da Lagoa. E essa diferença é explicada pela presença de vegetação exótica do *Pinus* spp. que foi introduzida pela atividade humana entre a margem leste da lagoa e o campo de dunas (Figura 3).

Como consequência há uma notável influência sob a dinâmica do campo de dunas e da lagoa. Uma das dificuldades no controle da espécie é que a dispersão

das sementes ocorre através do vento. Com alta produção anual, a espécie se regenera naturalmente com facilidade, ocupando quase todos os tipos de ambiente (campos, dunas e banhados) e competindo com a vegetação nativa, de modo a prejudicá-la pelo seu vantajoso rápido crescimento e pela eliminação da vegetação rasteira (FNMA, et al., 1999).

Considera-se, com tais dados e com este estudo, que as atividades vizinhas impactam e afetam a dinâmica natural do PARNA, bem como as AU's do entorno que também fazem parte desse sistema. A necessidade de fiscalização e de estudos que minimizem essa agressão é urgente. E vê-se atualmente no Sensoriamento Remoto e suas ferramentas uma possível solução, por suas alternativas eficientes, rápidas e de baixo custo.



Fig. 3 - Recorte (módulo Window) para aproximação com composições coloridas RGB 453 e aplicação de contraste através do Stretch. Expansão das plantações de *Pinus* spp e diminuição da área dos campos de dunas. A mata nativa aparece em tons de marrom, enquanto as áreas de *Pinus* spp. e eucaliptos (Silvicultura) aparecem em tons de vermelho. A Lagoa e banhados aparecem em azul escuro, e as dunas em branco.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarenga Neto, I., 2010. Uso de ferramentas de SIG e sensoriamento remoto para o monitoramento do desmatamento em unidades de conservação: estudo de caso da Floresta Nacional do Bom Futuro -RO. Fundação Universidade Federal de Rondônia / UNIR, Porto Velho, Rondônia, 112 páginas.
- Burger, M. I. e R. A. Ramos, 2006. Áreas importantes de conservação na planície costeira do Rio Grande do Sul, em Biodiversidade: Regiões da Lagoa do Casamento e dos Butiazaís de Tapes, planície costeira do Rio Grande do Sul (eds) F. G. Becker, R. A. Ramos e L. A. Moura, Ministério do Meio Ambiente, Brasília, pp. 46-56.
- Cunha, C. N. da. et al., 2016. Pantanal: A identidade de uma grande Área Úmida, em Conhecendo a biodiversidade (eds) A. L. Peixoto, J. R. P. Luz e M. A. de Brito, MCTIC, CNPq, PPBio, Brasília, pp. 84-99.
- Florenzano, T. G., 2007. Iniciação em sensoriamento remoto. Oficina de Textos, São Paulo, 101 páginas.
- FNMA; FURG; IBAMA; NEMA; UFPEL, 1999. Plano de manejo do Parque Nacional da Lagoa do Peixe - fase 2. Ministério da Educação e do Desporto, Fundação Universidade do Rio Grande, Rio Grande, 465 páginas.
- Junk, W. J., et al., 2014. Definição e Classificação das Áreas Úmidas (AUs) Brasileiras: Base Científica para uma Nova Política de Proteção e Manejo Sustentável, em Classificação e Delineamento das Áreas Úmidas Brasileiras e de seus Macrohabitats (eds) C.N. Cunha, M.T.F. Piedade e W.J. Junk, INCT-INAU – EdUFMT, Cuiabá, pp 13-76.
- Portz, L. C., et al, 2011. Dispersão de espécie exótica no Parque Nacional da Lagoa do Peixe e seu entorno. Revista Brasileira de Geografia Física, Vol. 01, pp. 35-48.
- Scotta, F. C., et al, 2015. Deslocamento de dunas costeiras: uma análise através de dados de sensoriamento remoto orbital na Lagoa do Peixe, RS. Gravel, Vol. 13, pp. 15-25.