

# Impactos Ambientais de Plantios de *Pinus* sp. em Zonas Úmidas: O Caso do Parque Nacional da Lagoa do Peixe, RS, Brasil

Luis Eduardo Torma Burgueño<sup>1</sup>, Maurizio Silveira Quadro<sup>2</sup>, Amauri Antunes Barcelos<sup>2</sup>, Pablo de Ávila Saldo<sup>3</sup>,  
Fernando dos santos Weber<sup>4</sup>, Marcos Kolland Junior<sup>2</sup> & Lucas Henrique de Souza<sup>5</sup>

Recebido em 13/06/2013 – Aceito em 31/07/2013

**RESUMO** – O Parque Nacional da Lagoa do Peixe (PNLP) está localizado no litoral médio do RS e abrange áreas dos municípios de Mostardas e Tavares. O PNLN abriga diversos ecossistemas frágeis, com particularidades e atributos que lhe confere grande importância em nível mundial para a proteção das zonas úmidas e da avifauna migratória. A implantação de projetos de silvicultura, com *Pinus* sp., no final da década de 1970 e início da década de 1980, provocou desequilíbrios ambientais à biota do PNLN, sobretudo, nos fenômenos de transporte eólico de areia e fixação de grandes cordões de dunas juntos aos plantios. O objetivo deste estudo foi avaliar a evolução dos cordões de dunas transgressivas localizadas à margem da lagoa do Peixe e sua inter-relação com o desenvolvimento dos plantios de *Pinus* Sp. com uso de geotecnologias. Pode-se concluir que os plantios de *Pinus* sp. modificaram o ambiente provocando alterações no transporte de areia e uma aceleração no processo de assoreamento da lagoa do Peixe. Para implantação dos talhões de *Pinus* sp., áreas úmidas, adjacentes à lagoa, foram drenadas e dunas removidas, causando tanto uma aceleração do processo de assoreamento da lagoa como a redução de áreas de vegetação nativa, pela dispersão do pinus sobre áreas de entorno do plantio.

**Palavras-chave:** dunas transgressivas; geoprocessamento; plantios de *Pinus* sp.; unidade de conservação; zonas úmidas.

**ABSTRACT** – The Lagoa do Peixe National Park (PNLP) is located at Rio Grande do Sul State's middle shore, within the cities of Mostarda and Tavares. The PNLN holds a few endangered ecosystems, with some special particularities and attributes that give an international status to the conservation of wetland and migratory birds in this reserve. Between 70's and 80's decades, anthropogenic actions such as forestry of *Pinus* sp. caused environmental disturbances on the site biota, mostly on the phenomena of wind transportation of sand causing the formation of large sand dune rows alongside pine plantations. The main objective of this work is to study the evolution of the transgressive dunes ridges located by the margins of the lagoon and its relation to pine plantations by using geoprocessing techniques. It can be concluded that *Pinus* sp. modified the environment causing changes in the transport of sand and acceleration in the process of sedimentation in the Lagoa do Peixe. In order to establish these *Pinus* sp. plantations, wetlands adjacent to it were drained and dunes were removed, causing both sedimentation acceleration and native vegetation reduction due to pine seed dispersal and seedling establishment around the plantations.

**Key words:** transgressive dunes; geoprocessing; *Pinus* sp. Cultivation; conservation units; wetlands.

#### Afiliação

<sup>1</sup> Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis/Ibama, Escritório Regional de Rio Grande, Rio Grande, RS, Brasil.

<sup>2</sup> Universidade Federal de Pelotas/UFPel, Centro de Engenharias, 96010-280, Pelotas, RS, Brasil.

<sup>3</sup> Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade/ ICMBio, Reserva Extrativista Riozinho da Liberdade, Acre.

<sup>4</sup> Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade/ ICMBio, Parque Nacional da Lagoa do Peixe, Mostardas/RS.

<sup>5</sup> Universidade Federal de Pelotas UFPEL, Centro das Engenharias CENG, Laboratório de Análises Ambientais e Geoespaciais LAAG, Pelotas - RS - 96010-150 - Brasil

#### E-mails

eduardo.burgueno@gmail.com, mausq@hotmail.com, aabarcels@hotmail.com, pablo.saldo@gmail.com, fernando.weber@icmbio.gov.br, m\_kolland@hotmail.com, lucashenrique.souza@hotmail.com

**RESUMEN** – El Parque Nacional de Lagoa do Peixe ( PNLP ) está situado en el centro de la zonas costeras del estado Rio Grande do Sul y abarca los municipios de Mostadas y Tavares. En lo PNLP contiene varios ecosistemas frágiles, con diferentes características y atributos que le da gran importancia a nivel mundial para la protección de las zonas húmedas y aves migratorias. La puesta en práctica de los proyectos forestales, con *Pinus* sp. a finales de 1970 y principios de 1980 condujo a los desequilibrios del medio ambiente y la biota del PNLP, sobre todo en los fenómenos de viento que transportan arena y la fijación de grandes cordones de dunas , junto con las plantaciones. El objetivo de este estudio fue evaluar la evolución de las dunas transgresoras situadas en los márgenes de la Lagoa do Peixe y su interrelación con el desarrollo de *Pinus* sp utilizando técnicas de geoprocresamiento. Se puede concluir que *Pinus* sp. ha modificado el medio ambiente causando cambios en el transporte de la arena y una aceleración en el proceso de sedimentación de la Lagoa do Peixe. Para la implementación de los bosques de *Pinus* sp., humedales, junto a la laguna fueran drenados y se eliminaron las dunas, causando tanto una aceleración de la sedimentación, y la reducción de las áreas de vegetación nativa por la propagación de pino en áreas alrededor de las plantaciones.

**Palabras clave:** dunas transgresoras; geoprocresamiento; plantaciones de *Pinus* sp.; unidad de conservación; humedales.

## Introdução

O Parque Nacional da Lagoa do Peixe (PNLP) está localizado nos municípios de Mostardas e Tavares, no litoral médio do estado do Rio Grande do Sul entre a laguna dos Patos e o Oceano Atlântico (Figura 1). Esta região é parte integrante da Planície Costeira, uma grande planície aluvial formada por quatro ciclos de transgressões e regressões marinhas, condicionados pela alternância de períodos glaciais e interglaciais ocorridos no final do Cenozóico. Do ponto de vista geomorfológico a restinga da Laguna dos Patos, região onde está inserido o PNLP é convencionalmente denominada de Barreira Múltipla Complexa, que consiste em uma sucessão de terraços, bastante aplainados,

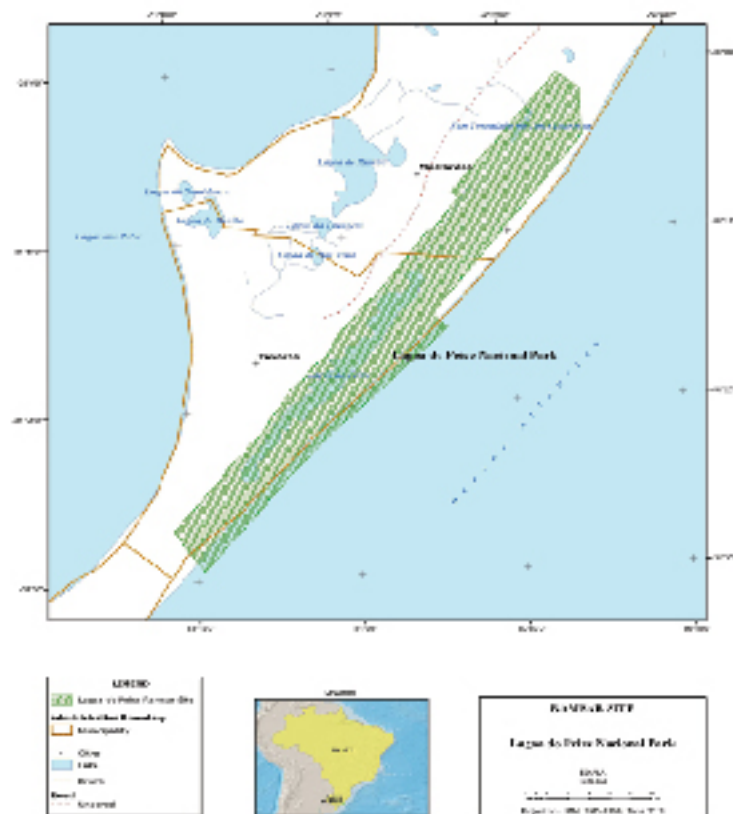


Figura 1 – Localização do Parque Nacional da Lagoa do Peixe.

Figure 1 – Localization of Lagoa do Peixe National Park, Southern Brazil.

intercalados com depressões alongadas, ocupadas por lagunas, lagos e pântanos em diferentes estágios evolutivos (Villwock *et al.* 1986, Villwock & Tomazelli 1995).

O PNLP foi criado através do Decreto nº 93.546/86, com área de 34.400 hectares, correspondendo a uma região com ecossistemas frágeis (banhados, campos de dunas, matas de restinga e lagoas de água doce e salobra). A sua criação teve como objetivo a proteção de amostra dos ecossistemas litorâneos da região da Lagoa do Peixe e, particularmente, das aves migratórias, que encontram nesta região condições propícias para sua alimentação e repouso, durante seus voos anuais, assim como a preservação das áreas úmidas (Brasil 1986).

Em uma perspectiva ampla, os ambientes que constituem esta porção do território inserem-se nas formações pioneiras do Bioma Mata Atlântica, conforme Mapa da Área de Aplicação da Lei 11.428/2006, do IBGE (Lino *et al.* 2012).

### **Antecedentes da atividade florestal na região**

A atividade florestal no Brasil, principalmente com *Pinus sp.*, teve início nos primeiros anos da década de 1970. Foi apoiada por incentivos fiscais do governo federal, à época por intermédio do IBDF e desenvolveu-se até meados dos anos 1980. Além dos incentivos fiscais, a implantação e localização dos plantios de pinus na região foram determinados pela existência de grandes áreas ociosas consideradas pelos produtores rurais como marginais, improdutivas ou de baixa produtividade, com relativa falta de interesse e/ou dificuldades de registros da posse dos imóveis rurais e pela rusticidade do pinus.

Segundo Oliveira (2006) a oportunidade de utilização recursos financeiros de incentivos fiscais minimizaram ou eliminaram os riscos dos empreendimentos com *Pinus sp.*. Um dos requisitos para análise dos projetos de implantação era o reconhecimento sobre a posse da terra, não importando se fosse campo de dunas, marismas ou até mesmo dunas marítimas ou lagunares.

Os plantios de *Pinus sp.* proliferaram-se com grande facilidade nos ambientes abertos e de elevada insolação da região, independente da fertilidade do solo. À medida que se desenvolvem os pinheiros formam agrupamentos gradativamente mais densos que produzem, em primeira instância, o sombreamento das plantas nativas de menor porte e, a médio e longo prazo, alterações químicas no solo que podem inibir o crescimento de espécies sensíveis. Por consequência, há redução das populações de espécies nativas e o risco do seu desaparecimento nessas áreas alteradas, por vezes de grandes extensões (Ziller 2001, Portz 2011).

### **Extensão dos plantios de *Pinus sp.* e impactos sobre a biota do PNLP**

O plano de manejo (Knak 1999) reporta que à época de criação do parque já existiam na região dos municípios de Mostardas e Tavares áreas cultivadas com *Pinus sp.*, em torno de 21.000 ha, estando a maior parte concentrada em Mostardas.

Oliveira (2006) estimou, por meio de imagens TM-LandSat 5, a cobertura com pinus para o interior e no entorno de 10 km do PNLP, conforme Tabela 1. No interior do parque existiam na época 1.452 ha e na área de entorno 11.693 ha. As áreas remanescentes são florestamentos contíguos à faixa de 10 km de entorno do parque, existentes às margens da laguna dos Patos.

A silvicultura representa, atualmente, significativo elemento socioambiental e econômico na região do PNLP, ocupando mais de 10% do uso do solo nos municípios de Mostardas e Tavares (Moraes 2009). Desde a criação do PNLP, a área total de *Pinus sp.* na região quase que dobrou e, na área em estudo (entorno da Lagoa do Peixe), a ampliação foi da ordem de quatro vezes, no mesmo período de tempo. (Guadagni 2008, Portz *et al.* 2011). Estas observações são confirmadas por Ibama (2012), onde foram contabilizados 7.880 ha de pinus presente na região como sendo originado por dispersão, em relação aos 12.340 ha plantados.

Tabela 1 – Expansão, em ha, da presença de *Pinus* sp. na região do Parque Nacional da Lagoa do Peixe entre os anos de 1986 e 2009.

Table 1 – Expansion of *Pinus* sp. occurrence in the region of Lagoa do Peixe National Park between 1986 and 2009.

| Região                    | Ano   |        | Crescimento |
|---------------------------|-------|--------|-------------|
|                           | 1986  | 2009   |             |
| Interior e entorno do PNL | 9.315 | 17.000 | 182%        |
| Margem da lagoa do Peixe  | 61    | 252    | 413%        |

Diversos estudos foram conduzidos na região do PNL de forma a avaliar os impactos ambientais dos plantios de *Pinus* sp. Ambientes naturais foram comparados com aqueles com plantios e dispersões de *Pinus* sp., no que concerne a riqueza e diversidade de espécies existentes no local. As invasões de *Pinus* sp. em ambientes lacustres tem efeitos negativos sobre, por exemplo, as comunidades de anuros (Machado *et al.* 2012), macrófitas (Rolon *et al.* 2011) e macroinvertebrados (Sternert *et al.* 2012). Em todos estes estudos as diferenças no hidroperíodo é um dos principais fatores que contribuem na baixa riqueza e abundância das espécies em ambientes junto aos plantios de *Pinus* sp. Isto porque o hidroperíodo interfere em outras variáveis abióticas (oxigênio dissolvido, pH, nutrientes, etc) e em variáveis bióticas (produção primária, predação, competição, etc.), fatores que interferem na composição da fauna e da flora em áreas úmidas. A alta taxa de evapotranspiração, característica das espécies de pinus, reduz a disponibilidade hídrica no solo, acelerando os processos de drenagem de áreas úmidas.

O sucesso das espécies de pinus no processo de invasão nas áreas do PNL e de seu entorno, é resultado de sua habilidade de colonizar habitats marginais e pobres em nutrientes como os da região. O crescimento rápido, alta competitividade em relação às gramíneas e aos arbustos lenhosos e o grande reservatório de sementes advindos das áreas plantadas nas décadas de 1970 e 1980 podem explicar a extensão da invasão. Na área ao longo da Lagoa do Peixe, o *Pinus* sp. encontra terreno fértil e tem sua colonização facilitada nas áreas baixas interdunas.

### Procedimentos para a erradicação dos plantios de *Pinus* sp. do interior do PNL

Com o objetivo de modificar este cenário, o Ministério Público Federal – MPF ajuizou, em 2006, a Ação Civil Pública – ACP Nº 2006.71.00.013259-2/RS, contra o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, exigindo a adoção de medidas de proteção do ecossistema representado pelo PNL, sobretudo quanto à presença de vegetação exótica no interior e entorno da UC.

As primeiras colheitas dos plantios localizados na Lagoa do Peixe iniciaram-se em abril de 2006. A empresa proprietária do plantio aprovou junto ao IBAMA/RS, o plano de corte da área. A colheita foi por diversas vezes interrompida e paralisada no início de 2008, em função de inúmeras dificuldades impostas pelas condições de acesso aos plantios, condições aturais do ambiente e problemas relativos ao monitoramento da atividade. À época foram colhidos cerca de 40 hectares.

O ICMBio, com o intuito de retomar a colheita dos plantios do interior do parque e dar cumprimento às exigências da ACP, assinou, em julho de 2011, dois Temos de Compromisso Ambiental com três empresas da região, proprietárias de plantios no interior e em áreas contíguas ao PNL, para erradicação desta espécie. A colheita das áreas, junto à Lagoa do Peixe, iniciou em novembro de 2011 e vem sendo monitorada por servidores lotados no PNL.

O objetivo deste trabalho foi verificar a interferência do plantio de *Pinus* sp., na movimentação média das dunas localizadas junto à Lagoa do Peixe e sua influência no assoreamento da laguna.

## **Materiais e métodos**

### **Área de estudo**

A área de estudo está localizada na margem leste da Lagoa do Peixe, de entre a barra (31°20'S/ 51°4'W e 31°10'S/ 51°00'W) e limite norte do corpo lagunar (31°12'S/50°56'W e 31°12'S/ 50°56'W) próximo à trilha do Talhamar, município de Tavares. Neste trecho do PNLNLP o plantio se estende por aproximadamente 10km e uma largura que varia em torno de 500m.

### **Seleção de documentos digitais**

A coleta de dados constituiu-se das seguintes etapas: I- aquisição de imagens de satélite e fotografias aéreas; II- georreferenciamento das imagens de satélite e fotografias aéreas das diversas datas; III- classificação manual por meio da vetorização das linhas de avanço dos cordões de dunas; IV- saída de campo e V- análise quali-quantitativa dos dados.

### **Coleta de dados**

Foram utilizadas as seguintes imagens orbitais, disponíveis no sítio do INPE (2013): CBERS e LANDSAT TM (Landsat-2, Landsat-5, Landsat-7), entre os anos de 1980 e 2008 e um levantamento aerofotogramétrico do PNLNLP, em formato analógico com data de 2001.

A digitalização das aerofotos foi realizada em Scanner métrico, com resolução estimada em 21 microns, gerando assim 165 imagens em formato digital. O “Certificado de Calibração da Câmara”, no qual constam todas as informações necessárias para que as imagens sejam utilizadas nos processos seguintes foi fornecido pelo Departamento Autônomo de Estradas e Rodagem (DAER 2007).

### **Ferramentas e softwares utilizados**

O Software *GlobalMapper*® (GlobalMapper 2013) foi usado para geração do mosaico ortorretificado nos parâmetros das imagens geradas a partir do aerolevanteamento.

No Sistema de Informações Geográficas *ArcGis10*® (ARCGIS10 2013) foram realizadas as etapas de georreferenciamento tanto quanto a parte da vetorização dos respectivos cordões de dunas para o cálculos dos avanços espaciais correlacionados aos temporais.

Para análise da evolução temporal dos cordões de dunas foi realizada a aquisição de imagens de satélite e fotografias aéreas, buscando evidências das características do ambiente, anteriores e posteriores à implantação dos cultivos de *Pinus* sp. na região, iniciadas no final da década de 1970. Foram utilizadas imagens multiespectrais do sensor TM do satélite Landsat 5 e CBERS, adquiridas em diferentes datas, visando identificar a localização e a extensão dos cordões de dunas costeiras ao longo da Lagoa do Peixe.

As imagens de satélite selecionadas foram extraídas do catálogo de imagens do INPE, referente aos anos 1980 (Landsat 2); 1990, 2005, 2010 e 2011 (Landsat 5), 2000 (Landsat 7) e 2009 (CBERS). Estas datas foram escolhidas tendo em vista a execução de mosaico que abrange toda área de estudo além da inexistência de nuvens nestes períodos.

A partir de fotos aéreas geradas de uma restituição aerofotogramétrica realizada em 2001 (DAER 2007), foi gerado um mosaico de alta resolução, projetado no Datum WGS84 entre as coordenadas 31°00'S e 31°29'S e 50°54'W e 51°11'W. A partir deste mosaico as outras cenas referidas foram georeferenciadas ao mesmo sistema cartográfico através do processo de co-registro, ou registro de imagem para imagem. A interpretação visual permitiu a definição de polígonos nas áreas de movimentação dos cordões de dunas. Uma saída de campo foi realizada em setembro de 2012 para reconhecimento do local.

### Georreferenciamento e vetorização

Após a criação do mosaico e ajustes, se iniciou o trabalho no *Sistema de Informações Geográficas* ArcGIS 10. As imagens LANDSAT TM e CBERS foram georreferenciadas buscando referenciais de fácil localização e criando pontos de controle homogêneos para sobrepor as imagens, com Raiz Média Quadrática (RMS, em inglês) dos pontos de controle menores que 5, para uma melhor precisão. A interpretação visual das dunas permitiu a definição e vetorização das linhas frontais das dunas em todas as imagens. Adotou-se como referência para o fechamento dos polígonos a delimitação estabelecida pelo DAER (2007) para a linha do mar.

Para facilitar a interpretação das fotos foram utilizadas composições coloridas falsas, sendo para sensores TM R4G5B3 (espectro do infra-vermelho próximo no filtro vermelho, espectro do infra-vermelho médio no filtro verde e o espectro azul no filtro azul) e sensores MSS R4G2B3 (espectro do infra-vermelho próximo no filtro vermelho, espectro do vermelho no filtro verde e a do espectro azul no filtro azul).

O procedimento de delimitação das áreas identificadas como frente de avanço dos cordões de dunas foi realizado por meio de vetorização manual. Esse método demanda maior tempo, posto que cada polígono deve ser trabalhado individualmente além de exigir uma maior capacidade de interpretação das feições de avanço das dunas. Entretanto, acredita-se que os resultados são mais confiáveis, posto que as classificações automáticas e semi-automáticas incorrem frequentemente em erros.

### Mensuração da área de dunas ao longo do plantio de *Pinus* sp.

A partir da vetorização da linha frontal das dunas, o efeito da retirada do plantio de pinus no avanço dos cordões de dunas foi estimado a partir de ocupação progressiva de novas áreas entre os anos de 2001, 2008 e 2013. Ao longo de aproximadamente 1,3km de plantio localizado próximo ao canal da barra, foi observado o comportamento da área ocupada pela duna em seções de 260 metros, conforme mostra a Figura 2.

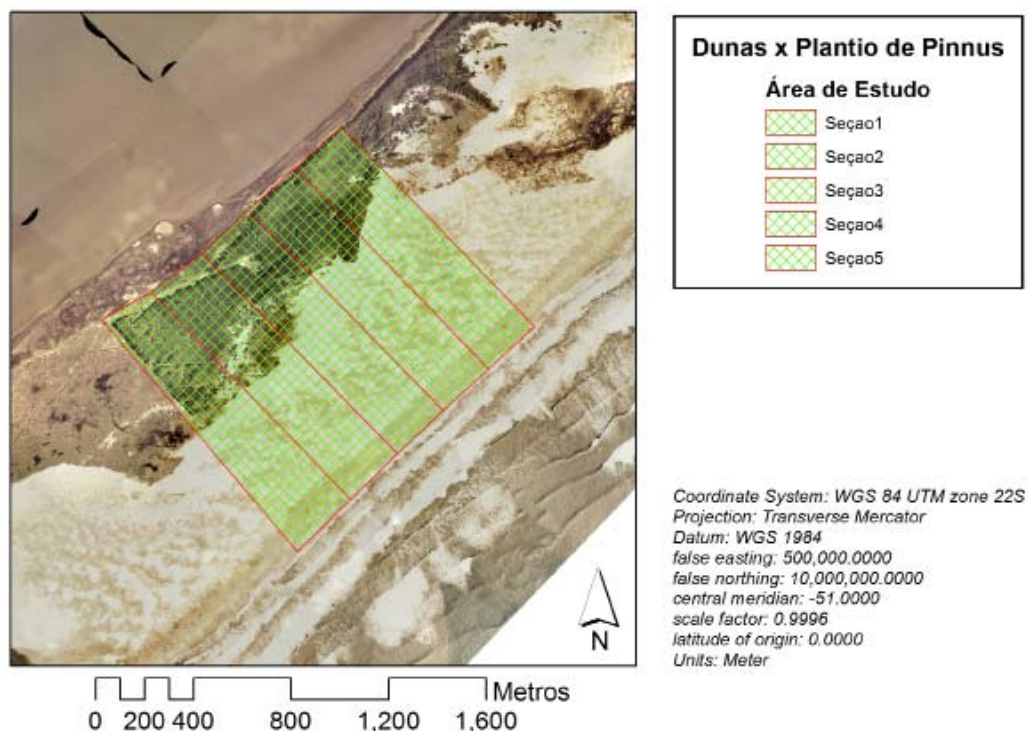


Figura 2 – Seção selecionada no Parque Nacional da Lagoa do Peixe para o cálculo de área das dunas.  
Figure 2 – Selected section in the Lagoa do Peixe National Park for calculating area of the dunes.

## Resultados e discussão

O geoprocessamento vem sendo amplamente utilizadas no monitoramento e gestão de territórios, demonstrando ótimos resultados para ambientes costeiros (Schäfer 2009, Souza 2013) categorizando uma ótima ferramenta na produção cartográfica de escala local e fornecendo informações úteis tanto aos moradores da região quanto para os órgãos fiscalizadores. De acordo com Tagliani (2011), o conhecimento das ações antrópicas presentes na área mais a análise da dinâmica de comportamento dos plantios permite um melhor planejamento de manejo, voltado ao desenvolvimento sustentável.

A Figura 3 apresenta a comparação da imagem de 1980 com a imagem de 2011. A imagem de 1980 evidencia a larga faixa alagada, existente à margem da Lagoa do Peixe, próximo da sua desembocadura. Atualmente esta área encontra-se ocupada pelos plantios de *Pinus* sp. (imagem de 2011 e no detalhe da imagem de 2001).

A Figura 4 apresenta a comparação entre as frentes de dunas dos anos de 2001 e 2008 e evidencia a deposição de areia em áreas marginais aos plantios de *Pinus* sp., anteriormente ocupadas por campos nativos, ainda presentes na região. Pode-se notar as áreas úmidas junto aos cordões de dunas e sua conexão com a ejeção de areia. Neste local também a entrada e deposição de areia no corpo lagunar foi facilitada pela rede de canais de drenagem construída por ocasião da implantação do talhão de pinus. As Figuras 5 e 6 são fotos tiradas *in loco* das áreas mostradas na Figura 6, para comprovação do avanço dos sedimentos pelos valos de drenagem tanto como do avanço das dunas entre os plantios.

Para implantação dos talhões de pinus foram abertos diversos canais para drenagem das áreas úmidas e lagos pluviais existentes em meio aos cordões de dunas, entre a Lagoa do Peixe e o oceano. Estes canais podem ser facilmente observados na imagem de 2001 (Figura 5). Este procedimento que objetivava a constituição de uma área propícia ao desenvolvimento desta cultivar provocou uma forte aceleração nos processos de assoreamento da Lagoa do Peixe. A mesma rede de canais de drenagem que promovia a rápida drenagem pluvial das áreas marginais à Lagoa do Peixe em períodos de cheia da lagoa levavam as águas salinizadas até o plantio, impedindo seu pleno desenvolvimento. Desta forma o plantio de pinus junto à Lagoa do Peixe é caracterizado por um dossel ondulado, com as cavas junto aos canais de drenagem, como é mostrado na Figura 9. Os espécimes de pinus nestes locais caracterizam-se por um desenvolvimento menor em diâmetro e altura.

A abertura desta rede de canais de drenagem associada ao desenvolvimento do plantio provocou uma série de mudanças no microclima da Lagoa do Peixe, com conseqüências de difícil reparação. A demanda hídrica do plantio provocou o rebaixamento do lençol freático que associado à drenagem das áreas úmidas que existiam entre os cordões de dunas alterou significativamente o transporte eólico de areia. Antes da implantação do pinus no local a areia era transportada por aspersão eólica em dois níveis: por salteamento (na camada limite) e, acima desta (na camada laminar), por suspensão. O particulado mais grosseiro, transportado por salteamento, ao chegar nas áreas úmidas, adsorvia umidade e ficava retido nestes locais. Com a dessecação das áreas úmidas pela drenagem e pelo rebaixamento do lençol freático os cordões de dunas avançaram sobre estas áreas, outrora esporádica ou permanentemente alagadas. Com isso grandes quantidades de areia foram transportadas e depositadas junto ao plantio de pinus que desde então serve como barreira para seu avanço. Entretanto, estes volumes de areia barrados pelo plantio de pinus são estáticos.

O efeito de barreira proporcionado pelo plantio apenas reduziu a velocidade do avanço dos cordões de areia. As dunas avançam por entre os interstícios do plantio e têm nos canais de drenagem vias fáceis através das quais seu avanço é facilitado.

Portanto o assoreamento a que estava sujeita a Lagoa do Peixe era provocado pelo transporte de areia em suspensão, constituído por partículas de areia de tamanho muito fino. Entretanto a

partir da implantação do cultivo de pinus o particulado mais grosseiro consegue avançar até áreas antes ocupadas por zonas úmidas e/ou vegetação nativa.

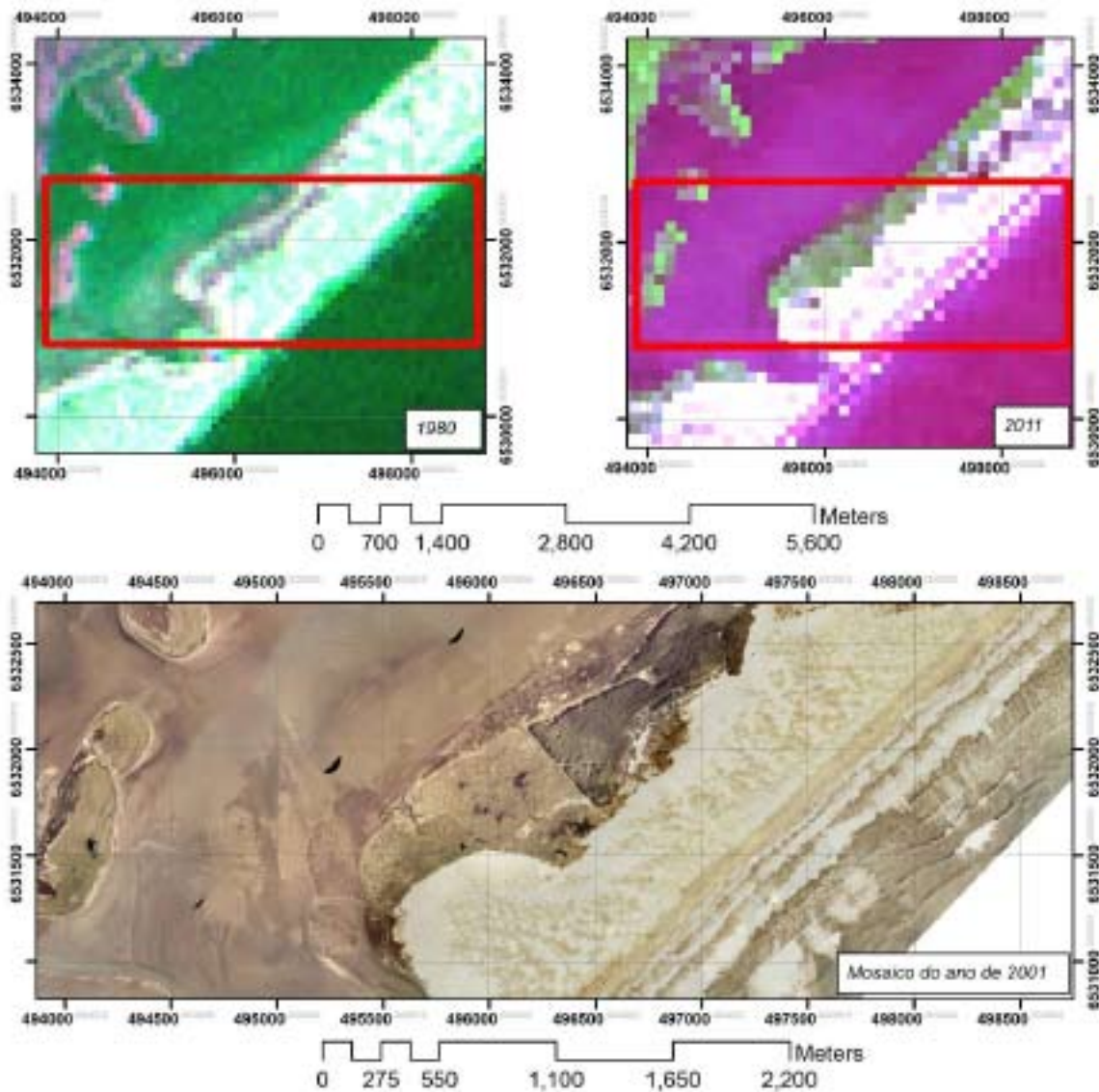


Figura 3 – Evidências da substituição de área alagada no entorno da Lagoa do Peixe por plantios de *Pinus* sp.

Figure 3 – Evidence of replacement wetland surrounding the Lagoa do Peixe by *Pinus* sp.



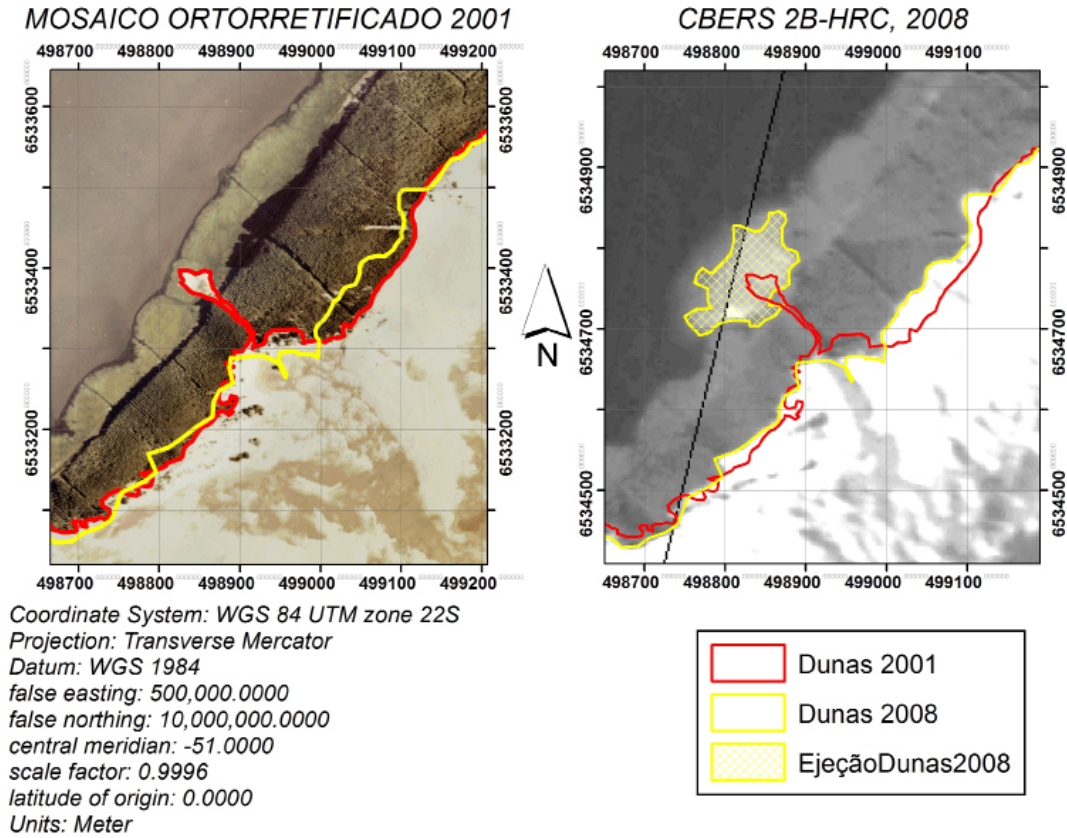


Figura 4 – Avanço de dunas pelos canais de drenagem existentes nas áreas de plantio de *Pinus* sp.  
 Figure 4 – Advancement of dunes by existing drains in the areas of *Pinus* sp.



Figura 5 – Imagem da área mostrada na Figura 4, em 2008.  
 Figure 5 – Image area shown in Figure 4, in 2008.



Figura 6 – Frente de duna de aproximadamente 5 m de altura que já ultrapassa a linha dos plantios.  
Figure 6 – Front dune 5 meters tall, that crossed the line of plantations.



Figura 7 – Duna adentrando o plantio através do sistema de canais de drenagem construído no início do plantio.  
Figure 7 – Dune crossing the planting, through the drainage canal system built in the outset planting.

As Figuras 10 e 11 mostram, respectivamente, locais onde o pinus foi colhido (2006-2007) e onde o plantio não foi alterado. Entretanto em ambos os locais houve avanço da frente de dunas. Contudo onde parte da área plantada foi colhida este avanço foi significativamente maior. Isto denota que a frente de dunas continua a avançar independente da barreira formada pelo plantio. O plantio atua como um freio, reduzindo a taxa de avanço dos cordões de dunas sem, contudo, interromper este processo.

A Figura 12 apresenta os resultados da análise do avanço da frente de dunas, entre os anos de 2001, 2008 e 2013. Nesta área parte do plantio foi colhido entre os anos de 2006 e 2007. À Tabela 3 constam as áreas que foram gradativamente ocupadas pela frente de dunas neste período, nas cinco seções estabelecidas e a Figura 13 representa graficamente as diferenças no avanço das dunas nos períodos 2001-2008 e 2008-2013. Nas seções 3 e 4 o avanço foi significativamente superior as demais seções comparadas. Neste trecho parte do talhão de pinus sofreu corte raso entre 2006-2007 e, portanto, sem o efeito de barreira propiciado pelo plantio, as dunas avançaram livremente. A área ocupada nas seções 3 e 4, entre 2001-2013 é, respectivamente, 10 e 15 vezes maior que o verificado a seção 1, localizada na extremidade norte da área analisada, e que não teve o plantio colhido nem sofreu com os efeitos de borda, como a seção 5. No período compreendido entre 2008 e 2013 (5 anos) a média de avanço do cordão de dunas foi de 85 metros (17 m.ano<sup>-1</sup>).

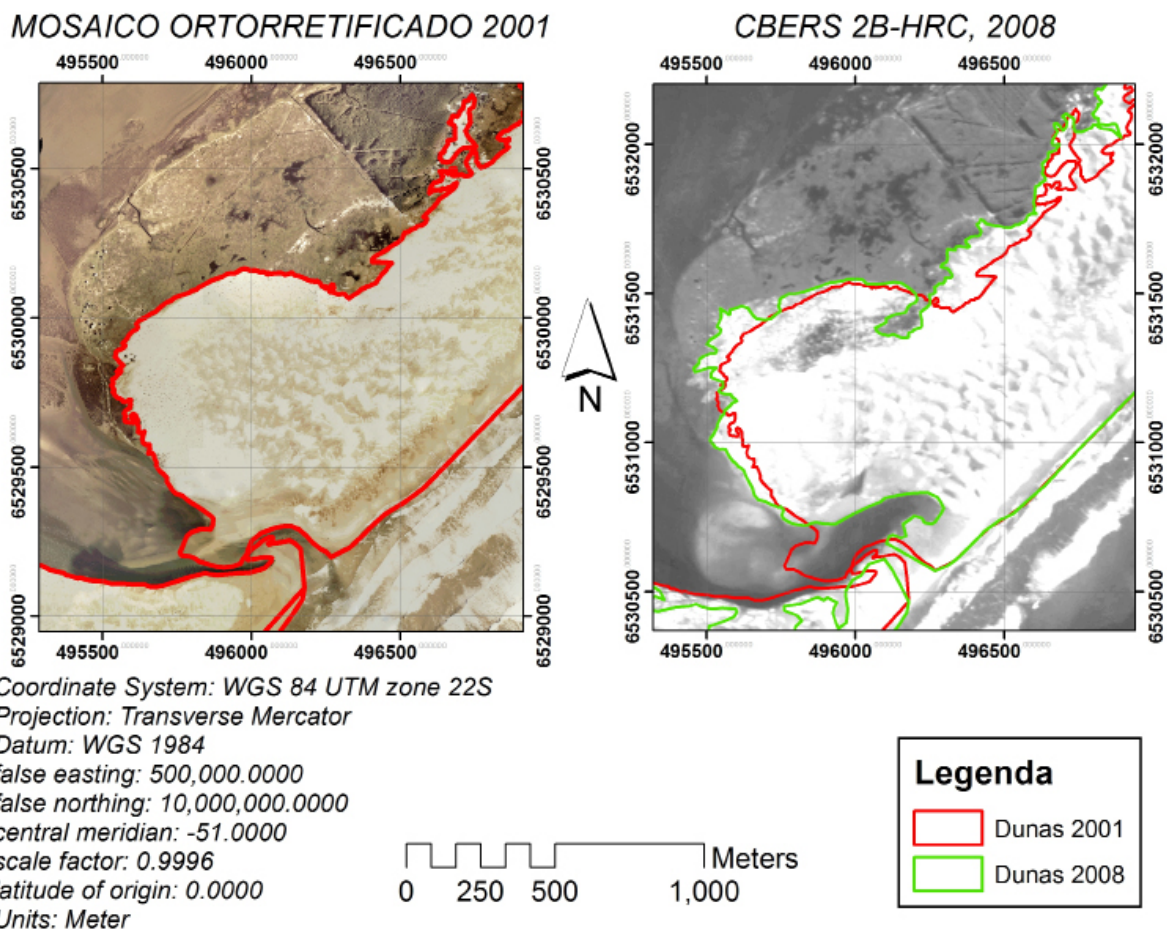


Figura 8 – Movimentação das dunas após colheita de parte do plantio de *Pinus* sp. entre 2006 e 2007.  
 Figure 8 – Moving dunes after harvest of the *Pinus* sp. between 2006 and 2007.

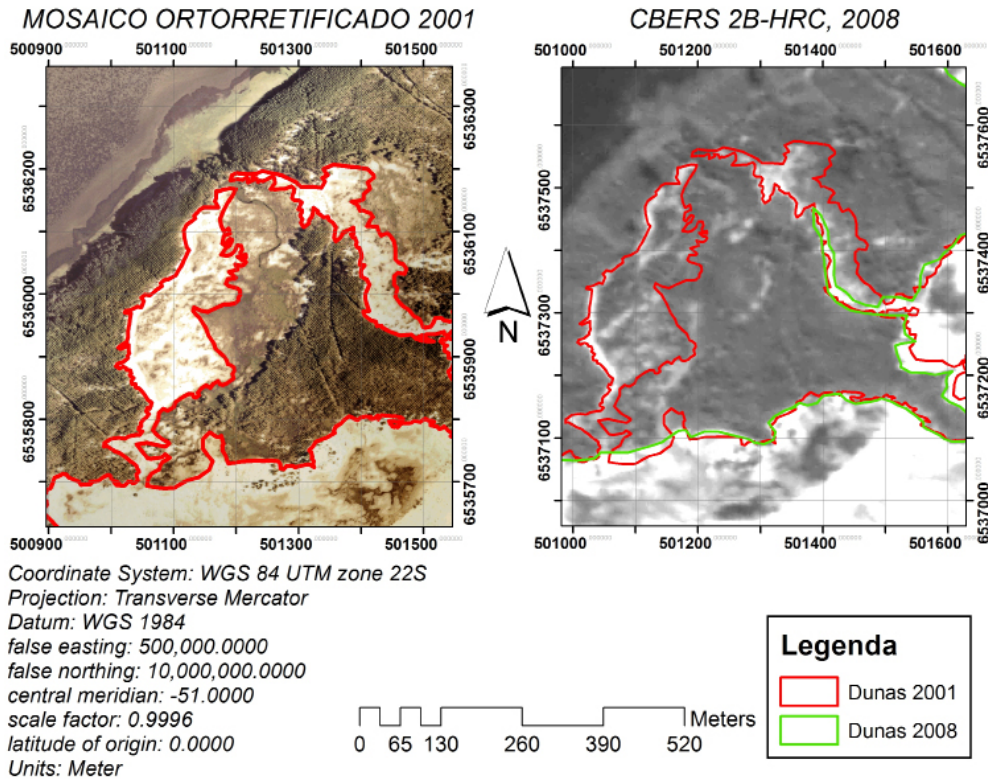


Figura 9 – Avanço das dunas sobre as áreas de cultivo.  
 Figure 9 – Advance of the dunes on the planting areas.

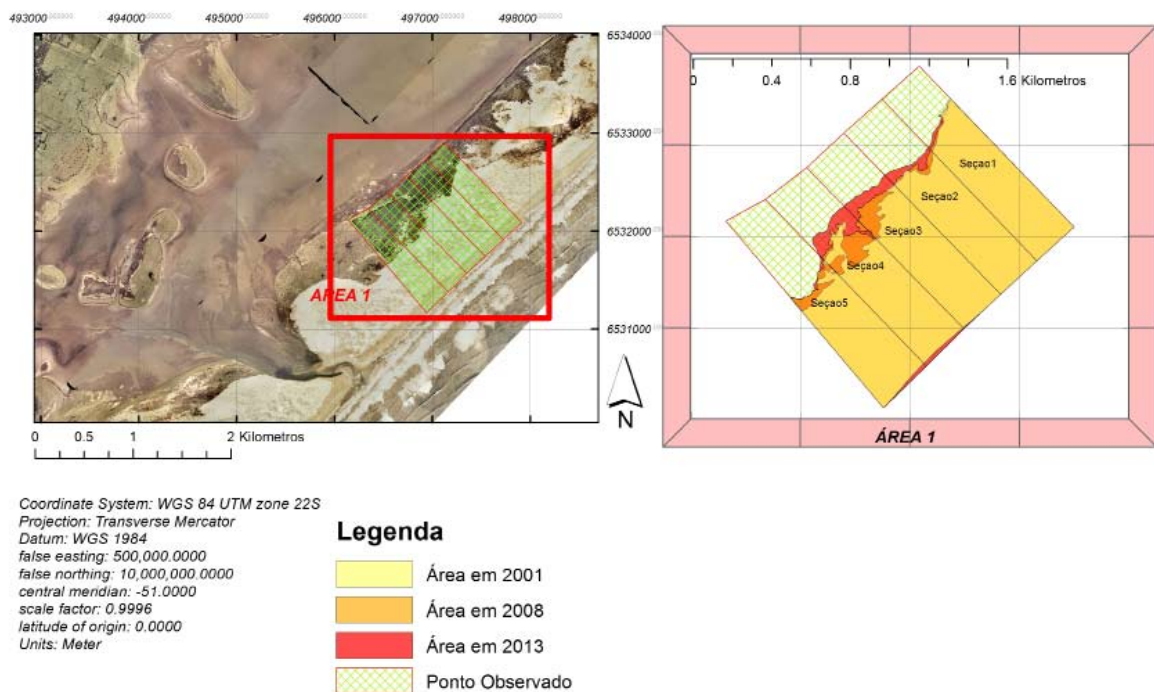


Figura 10 – Comparação do avanço da frente de dunas em seções transversais (1-5) do plantio nos anos 2001, 2008 e 2013.  
 Figure 10 – Comparison of the advance of the dunes in cross sections of planting (1-5) in the years 2001, 2008 and 2013.

Tabela 2 – Áreas ocupadas por dunas em diferentes seções transversais de parte do plantio de *Pinus* sp.  
 Table 2 – Areas occupied by dunes in different cross sections of a plantation area of *Pinus* sp.

| Ano                         | Área (m <sup>2</sup> ) |         |         |         |         |
|-----------------------------|------------------------|---------|---------|---------|---------|
|                             | Seção1                 | Seção2  | Seção3  | Seção4  | Seção5  |
| 2001                        | 214.919                | 190.523 | 186.186 | 176.375 | 182.349 |
| 2008                        | 215.374                | 195.223 | 203.564 | 201.855 | 194.009 |
| 2013                        | 218.328                | 205.195 | 219.884 | 230.043 | 198.330 |
| Diferença entre 2013 e 2001 | 3.409                  | 14.672  | 33.698  | 53.668  | 15.981  |

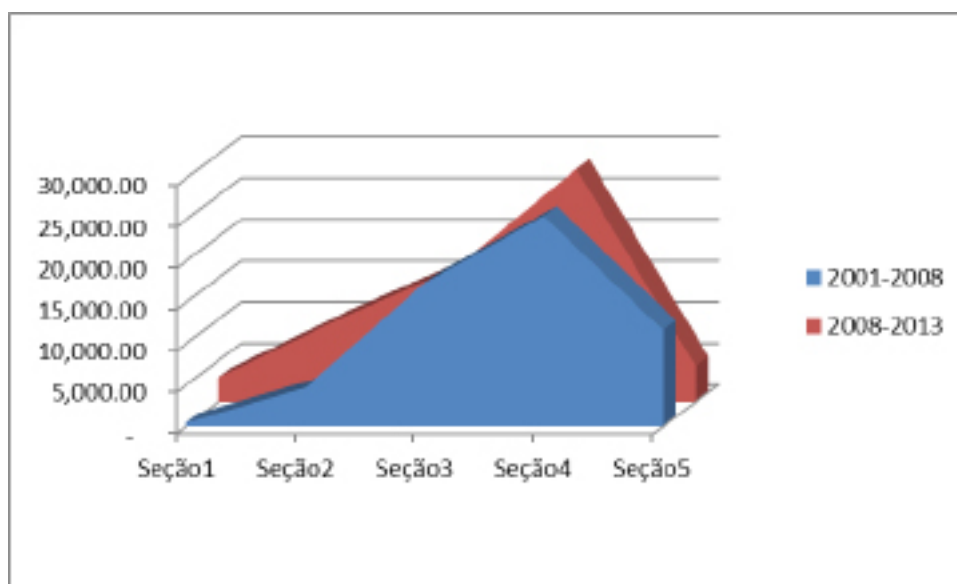


Figura 11 – Diferenças (m<sup>2</sup>) entre as áreas ocupadas por dunas em diferentes seções transversais de parte do plantio.

Figure 11 – Differences between the areas occupied by dunes in different cross sections of a plantation area of *Pinus* sp.

## Conclusões

A análise das imagens de satélite permitiu verificar a existência de zonas úmidas (lagos pluviais e banhados) localizadas junto à margem da Lagoa do Peixe. Acredita-se que para o estabelecimento dos plantios de *Pinus* sp. estes ambientes foram alterados, no todo ou parcialmente, por meio da implantação de uma rede de canais de drenagem em toda a extensão do plantio.

Com a abertura de inúmeros canais de drenagem para o início do plantio, alterou-se o hidroperíodo e com o desenvolvimento dos plantios de *Pinus* sp., criou-se um efeito de barreira que alterou o comportamento dos ventos incidentes no local. O plantio de pinus também influenciou o comportamento do lençol freático, rebaixando-o. Com estas alterações o transporte eólico de areia na camada limite foi modificado e deposições anômalas formaram-se junto aos plantios. Neste cenário grandes quantidades de areia foram transportadas por via hídrica ao corpo lagunar, em períodos de forte pluviosidade, acelerando o processo de assoreamento natural da Lagoa do Peixe.

A implantação dos plantios de *Pinus* sp. na região, causou sérios impactos ao ambiente natural, em particular à Lagoa do Peixe. A erradicação destes plantios deverá ser realizada com a precaução necessária para garantir minimamente a fixação destas dunas e a permanência da Lagoa do Peixe e das espécies que dela dependem.

A erradicação destes plantios, do entorno da Lagoa do Peixe, são oportunidades de realizar pesquisas e monitoramento que aprofundem e ampliem o conhecimento sobre os impactos que o monocultivo de *Pinus* sp. provoca em zonas úmidas e em espécies da fauna e da flora associadas. Tanto a mensuração de variáveis ambientais (hidroperíodo, riqueza e abundância de espécies indicadoras, níveis freáticos, transporte eólico de areia, análise multitemporal da progradação dos cordões de dunas, etc.) quanto a adoção de unidades demonstrativas para testar e desenvolver técnicas para a substituição destes plantios pela vegetação original de restinga, poderão contribuir significativamente para a recuperação do ambiente da Lagoa do Peixe e para o manejo do pinus em outras áreas na região.

### Referências Bibliográficas

- Brasil, 1986. **Decreto Federal Nº 93.546**, de 6 de Novembro de 1986. Cria o Parque Nacional da Lagoa do Peixe. Disponível em: [http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Decretos/1986/dec\\_93546\\_1986\\_parquenacionallagoapeixe\\_rs.pdf](http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Decretos/1986/dec_93546_1986_parquenacionallagoapeixe_rs.pdf). Acessado em: 27/02/2013
- DAER/RS (Departamento Autônomo de Estradas de Rodagens). 2007. **Demarcação física da poligonal limite do Parque Nacional da Lagoa do Peixe e levantamento cadastral das propriedades dentro desta poligonal**. Relatório Final.
- Gianuca, K.S. & Tagliani, C.R.A. 2012. **Análise em um Sistema de Informação Geográfica (SIG) das alterações na paisagem em ambientes adjacentes a plantios de pinus no Distrito do Estreito, município de São José do Norte, Brasil**. Revista da Gestão Costeira Integrada 12(1): 43-55.
- Guadagnin, D.L. 2008. **Monitoramento ambiental do plano de corte de florestamentos de Pinus no Parque Nacional da Lagoa do Peixe**. 3º Parecer Técnico.
- IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). 2012. **Mapas dos florestamentos de Pinus sp. no entorno do Parque Nacional da Lagoa do Peixe**. Porto Alegre: SIGMA/IBAMA-RS.
- INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). **CBERS – Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres**. Disponível em: [http://cbers.inpe.br/sobre\\_satelite/cameras\\_imageadoras\\_cbers1e2e2b.php](http://cbers.inpe.br/sobre_satelite/cameras_imageadoras_cbers1e2e2b.php). Acessado em: 27/02/2013.
- Knak, R.B. (Coordenadora). 1999. **Plano de Manejo do Parque Nacional da Lagoa do Peixe**. IBAMA/FNMA/FURG/NEMA/UFPel. Brasília. 6 encartes, Unidade de Conservação e Zona de Transição Projeto Plano de Manejo PARNA Lagoa do Peixe.
- Lino, C.F.; Albuquerque, J.L.R.; Dias, H.; Schaffer, W.B.; Prochnow, M. & Lima, P.F. 2012. **Anuário Mata Atlântica 2012**. Panorama do cumprimento das Metas de Aichi – CDB 2020 na Mata Atlântica: Avanços, oportunidades e desafios. São Paulo: RBMA, 88p.
- Machado, I.F.; Moreira, L.F.B. & Maltchik, L. 2012. Effects of pine invasion on annurans assemblage in southern Brazil coastal ponds. **Amphibia-Reptilia**, 33: 227-237.
- Moraes, V.L. 2009. **Uso do solo e conservação ambiental no Parque Nacional da Lagoa do Peixe e entorno (RS)**. (Dissertação de mestrado) Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Porto Alegre.
- Oliveira, A.L. 2006. **Levantamento das empresas florestadoras e tecnologia de produção nas áreas do Parque Nacional da Lagoa do Peixe, entorno e amortecimento**. PNUD/IBAMA. Contrato 2004/002548, 51p.

- Porz, L.; Manzolli R.P.; Saldanha, D.L. & Correa, I.C.S. 2011. Dispersão de espécie exótica no Parque Nacional da Lagoa do Peixe e seu entorno. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 1: 33-44.
- Rolon, A.S.; Rocha, O. & Maltchik, L. 2011. Does pine occurrence influence the macrophyte assemblage in Southern Brazil ponds? **Hydrobiologia**, 675: 157-165.
- Schäfer, A.E.; Pereira, R.; Agostini, A.U.; Marchett, C.A. & Sbersi, F. 2009. **Métodos de geoprocessamento como auxílio na geração de um Atlas Sócio-Ambiental de quatro municípios litorâneos do Rio Grande do Sul**. Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto.
- Souza, U.D.V. 2013. **Uso de geotecnologias aplicadas ao estudo de ambientes costeiros na ilha do Maranhão**. Anales del do Reencuentro de Saberes Territoriales Latinoamericanos.
- Sternet, C.; Bacca, R.C.; Moraes, A.B.; Ávila, A.C. & Maltchik, L. 2012. Negative effects of exotic pine invasion on macroinvertebrate communities in southern Brazil coastal ponds. **Marine and Freshwater Research**, 68: 283-292.
- Villwock, J.A. 1984. Geology of the coastal province of Rio Grande do Sul, Southern Brazil. A Synthesis. **Pesquisas**, 16: 5-49.
- Villwock, J.A.; Tomazelli, L.J.; Loss, E.L.; Dehnhardt, E.A.; Horn F<sup>o</sup>, N.O.; Bachi, F.A. & Dehnhardt, B.A. 1986. Geology of the Rio Grande do Sul Coastal Province, p. 79-97. In: Rabassa, J. (ed.). **Quaternary of South America and Antarctic Peninsula**. Rotterdam, A.A. Balkema.
- Villwock, J.A. & Tomazelli, L.J. 1995. Geologia costeira do Rio Grande do Sul. **Notas Técnicas do Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica (UFRGS)**, 8: 1-45.