



## **Delimitação da área de preservação permanente (APP) da Lagoa do Potreirinho (Palmares do Sul-RS) através da análise temporal de dados hidrometeorológicos e imagens de satélite**

**Katia Helena Lipp-Nissinen<sup>1</sup>, Letícia Sebastião Miranda<sup>1,2,4</sup>, Maria Tarciana Pereira da Cruz<sup>1,3,4</sup>, Vanessa Roani da Silva<sup>1,3,4</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Pesquisa e Análises Laboratoriais, Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler, FEPAM-RS, Porto Alegre ([katiahln@fepam.rs.gov.br](mailto:katiahln@fepam.rs.gov.br)),  
<sup>2</sup>Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Centro Universitário Franciscano, Santa Maria-RS ([leticiasbastiaomiranda@gmail.com](mailto:leticiasbastiaomiranda@gmail.com)), <sup>3</sup>Curso de Geologia, Universidade do Vale dos Sinos, UNISINOS, São Leopoldo-RS ([tarcy\\_pe@hotmail.com](mailto:tarcy_pe@hotmail.com), [vanessaroani@gmail.com](mailto:vanessaroani@gmail.com)),  
<sup>4</sup>Bolsistas de Iniciação Científica do PIBIC CNPq - FEPAM

### **Resumo**

Áreas de Preservação Permanente, protegidas pelo Código Florestal Brasileiro (Leis nº 12.651 e 12.727/2012), são áreas cobertas ou não por vegetação nativa, com função ambiental de preservar a biodiversidade, o solo, a qualidade da água, a estabilidade geológica, a integridade do clima e assegurar o bem-estar das populações humanas. Técnicas de sensoriamento remoto podem auxiliar o monitoramento e a fiscalização das APP, visando sua conservação ambiental. Estudos prévios mostraram que as lagoas costeiras do Rio Grande do Sul são vulneráveis às oscilações sazonais do regime hídrico. A esse respeito, contudo, o Código Florestal não especifica condições à demarcação de APP em lagoas. Assim, o presente trabalho objetivou determinar e comparar dimensões de APP e área alagada da Lagoa do Potreirinho (30°23'43''S; 50°20'24''W), Palmares do Sul-RS, em condições de máxima e mínima disponibilidade hídrica. Dados pluviométricos da série de 1974 a 2014 e o balanço hídrico regional foram utilizados para seleção de oito imagens do satélite Landsat 5, sensor TM. O geoprocessamento de duas imagens com o aplicativo SPRING 5.2.6 demonstrou uma APP quase duas vezes maior na situação de excesso hídrico (28/08/2009) do que em deficiência hídrica (28/04/2011). Com esta metodologia, permite-se delimitar APP lacustres com dimensões potencialmente vantajosas ao desempenho de suas importantes funções ambientais. Recomenda-se a demarcação da APP no inverno, quando a Lagoa do Potreirinho está em sua condição de cota máxima sazonal. Os resultados podem ser aplicados ao licenciamento e à fiscalização de atividades no entorno desta lagoa, e considerados na gestão de lagoas costeiras vizinhas.

Palavras-chave: Código Florestal. Conservação. Demarcação. Lagoas Costeiras. Geoprocessamento. Pluviosidade.

Área Temática: Recursos hídricos.

## **Delimitation of the permanent preservation area of Potreirinho Lagoon (Palmares do Sul-RS, Brazil) by temporal analysis of hydro-meteorological data on satellite images**

### **Abstract**



*Permanent Preservation Areas (APP), protected by the Brazilian Forest Code (Laws No. 12,651 and 12,727/2012), are areas covered or not by native vegetation with environmental functions of preserving biodiversity, water quality, geological stability, climate integrity and the well-being of human populations. Remote sensing techniques can assist the monitoring and surveillance of APP, for their conservation. Previous studies have shown that coastal lagoons of Rio Grande do Sul (RS) are vulnerable to fluctuations of the seasonal water regime. In this regard, however, the Forest Code does not specify conditions for APP demarcation in lakes and lagoons. The present study aimed to determine and compare dimensions of APP and flooded area of Lagoa do Potreirinho (30°23'43 "S; 50°20'24"W) in Palmares do Sul-RS, Brazil, during conditions of maximum and minimum water availability. Rainfall data from the 1974 to 2014 series and the regional water balance were used to select eight Landsat 5-TM sensor satellite images. Geoprocessing of two images with SPRING 5.2.6 demonstrated that the APP simulated under water surplus situation (28/08/2009) has almost twice the area of that under water stress (28/04/2011). This methodology can allow the delimitation of lacustrine APP with dimensions potentially advantageous to the fulfillment of important environmental functions. It is recommended the demarcation of APP in the winter, when Lagoa do Potreirinho is under conditions of maximum seasonal quota. The results should be applied to the licensing and surveillance of activities surrounding this lagoon. Seasonal water regime variations should be considered in the management of neighboring coastal lagoons.*

*Key words: Brazilian Forest Code. Coastal Lakes. Conservation. Demarcation. Remote Sensing. Pluviosity.*

*Theme Area: Water Resources*

## **1 Introdução**

Áreas de Preservação Permanente (APP) são definidas pelo Código Florestal Brasileiro (Leis Federais nº 12.651 e 12.727/2012) como áreas protegidas, cobertas ou não por vegetação, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

Ao redor de lagos e lagoas naturais, o Código Florestal, em seu art. 4º inciso II, determina como APP em zonas rurais as faixas de terra marginais com largura mínima de 100 metros para os corpos d'água com superfícies alagáveis acima de 20 ha, e de 50 metros para aqueles com superfícies iguais ou menores do que 20 ha. Enquanto em zonas urbanas, tais corpos d'água de quaisquer dimensões devem ter APP marginais com no mínimo 30 metros de largura.

Além de manter a biodiversidades, as APP são muito importantes na gestão das bacias hidrográficas, pois colaboram para a regulação dos ciclos hidrológicos e biogeoquímicos atuando como uma membrana semipermeável na regulação do fluxo de matéria e energia entre o ecossistema terrestre e o aquático, sendo assim cruciais para a manutenção da resiliência da microbacia (TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 2010). O uso irregular e o não cumprimento das larguras mínimas das APP alteram e restringem as importantes funções ecossistêmicas, ou os serviços ambientais, aos quais essas áreas se propõem, acarretando na degradação ambiental.

O monitoramento ambiental pode prevenir e/ou minimizar as alterações negativas do uso inadequado do solo e dos recursos hídricos, por exemplo, através da verificação do cumprimento da legislação. Nesse sentido, o sensoriamento remoto e seus produtos, aplicados



à gestão ambiental, permitem monitorar fragilidades, usos e impactos do solo, o avanço urbano e agrícola sobre áreas de preservação (FIGUEIREDO, 2005).

A Planície Costeira do Rio Grande do Sul possui uma diversidade de ecossistemas com rica biodiversidade, resultante da formação sedimentar de um complexo sistema laguna-barreira geologicamente recente (SCHÄFER *et al.*, 2010), o que qualifica esta região dentre as altamente prioritárias à conservação no Brasil (MMA, 2007). Além da grande potencialidade turística, proporcionada por lagoas costeiras e praias de mar (CASTRO RAMOS & LANZER, 2013), o Litoral Médio do RS conta com aspectos econômicos significativos e potencialmente impactantes ao ambiente, como o cultivo de arroz irrigado por inundação, a silvicultura de *Pinus* spp e de *Eucalyptus* spp, a pecuária, e o alto potencial energético explorado em parques eólicos.

Considerando a importância da preservação desses ecossistemas costeiros e, para tanto, da necessidade de ferramentas eficazes de gestão, o presente trabalho objetivou delimitar a APP marginal à Lagoa do Potreirinho, no município de Palmares do Sul, aplicando uma proposta metodológica que utiliza análises temporais de imagens de satélite e de dados históricos de pluviosidade (DOMINGUES *et al.*, 2012; LIPP-NISSINEN & DOMINGUES, 2012; MIRANDA *et al.*, 2015). E dessa forma, conhecendo a dinâmica de avanço e retração da área superficial alagada da lagoa ao longo do ano, determinar a época de sua cota máxima, ideal para a delimitação de uma APP com maiores ganhos à preservação. Espera-se que os resultados sejam incluídos aos critérios técnicos de licenciamento e monitoramento ambiental pelos órgãos ambientais competentes, visando à proteção mais efetiva desta relevante região.

## **2 Matérias e métodos**

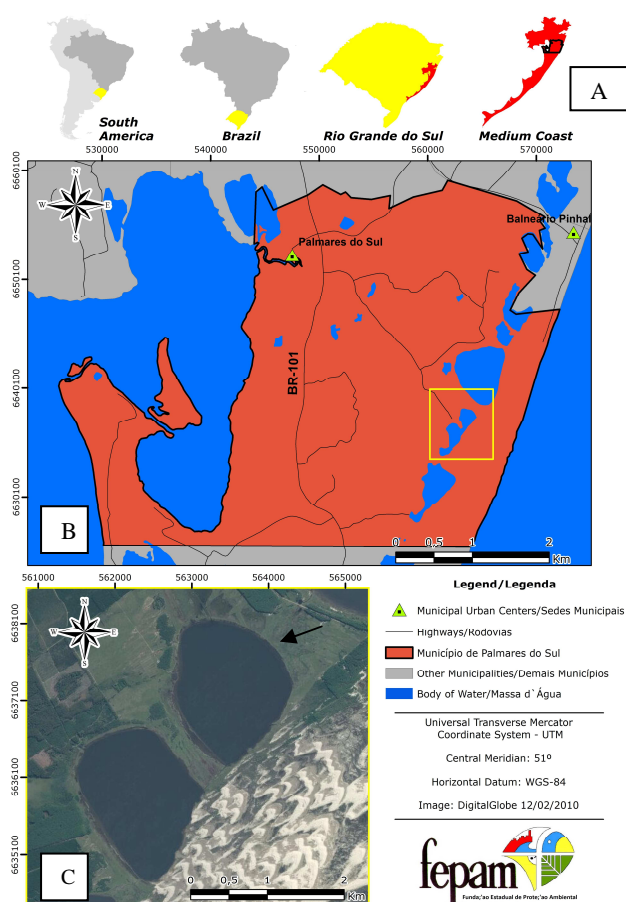
### **2.1 Área de Estudo**

A Lagoa do Potreirinho (30°16'17"S; 50°28'35"O) está situada no município de Palmares do Sul, Litoral Médio do RS, estando ao leste do Distrito de Granja Vargas, ladeada pela Lagoa Porteira ao norte e a Lagoa do Capão Alto ao sul, e separada do mar por um campo de dunas (Figura 1). Localizado entre a Lagoa dos Patos e o Oceano Atlântico, o Município faz parte do Bioma Pampa, possuindo áreas de restinga, campos de dunas, banhados e um cordão de lagoas costeiras de água doce. A silvicultura de *Pinus* spp, principalmente, vem afetando áreas ao redor da lagoa. Segundo PORTZ *et al.* (2011), por ser uma espécie lenhosa invasora de fácil propagação e dispersão no ecossistema, o *Pinus* vem causando prejuízos à biota regional, quando não adequadamente manejado.

Foram feitas visitas de reconhecimento à área em 16/09/2014, 20/11/2014 e 10/09/2015.

### **2.2 Precipitação Pluviométrica e Balanço Hídrico**

Para identificar as épocas de maior e menor disponibilidade hídrica da lagoa e orientar a seleção das respectivas imagens de satélite, analisou-se a série histórica de dados de precipitação pluviométrica de 1974 a 2014 (exceto os indisponíveis de 2005) obtidos da Estação Meteorológica de Palmares do Sul (Agência Nacional das Águas, estação nº 03050002) e o balanço hídrico anual disponível para o município vizinho de Mostardas (RIO GRANDE DO SUL, 1978). Foram determinados os volumes de chuva totais mensais de cada ano, e a média e o desvio padrão dos totais mensais da série histórica de 39 anos.



**Figura 1.** Localização da área de estudo. (A) Indicação do município de Palmares do Sul no Litoral Médio do RS. (B) Mapa do município de Palmares do Sul; (C) Situação da Lagoa do Potreirinho em imagem Landsat 5 TM de 12/10/2010. Fonte: este trabalho, 2015.

### 2.3 Seleção das Imagens de Satélite

Foram pré-selecionadas oito imagens do satélite Landsat 5, sensor TM, com resolução espacial de 30 metros, do ponto-órbita 220/081, a partir do catálogo digital gratuito do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, <http://www.inpe.org.br>). A seleção considerou o nível de cobertura de nuvens igual ou menor do que 20%. As cenas representativas de cotas (superfícies) máximas = excessos hídricos, e mínimas = déficits hídricos, da Lagoa do Potreirinho foram selecionadas dentre aquelas datas cujos valores acumulados de chuva nos 31 dias antecedentes à data de imageamento foram máximos ou nulos, respectivamente. Dentre as selecionadas, foram escolhidas para georeferenciamento duas cenas: 28/08/2009 – representando época de cota máxima, e 28/04/2011 – de cota mínima da lagoa. Para o georeferenciamento das duas imagens no aplicativo de livre acesso SPRING 5.2.6, usou-se uma imagem Geocover Landsat 7 (*Global Land Cover Facility* da Universidade de Maryland, EUA) datada de 29.11.1999, com 26 pontos homólogos de apoio, sistema de projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), Sistema Geodésico Regional para a América do Sul - *South American Datum* SAD69, polinômio de grau 2, interpolador vizinho mais próximo e erro médio quadrático inferior a um pixel.

### 2.4 Demarcação da Área de Alague e das APP

A área alagada da Lagoa do Potreirinho foi determinada através da vetorização manual de cada imagem georeferenciada selecionada, com a composição colorida de bandas RGB



543 (*Red-Green-Blue*) do satélite Landsat 5, que correspondem às bandas do infravermelho médio (banda 5), infravermelho próximo (banda 4) e vermelho (banda 3). Seguiram-se a vetorização das áreas da Lagoa, a delimitação e o cálculo das respectivas áreas alagadas superficiais e das respectivas APP simuladas, utilizando-se a ferramenta “mapa de distâncias” do aplicativo SPRING 5.2.6.

A área de preservação foi simulada de acordo com o disposto no art. 4º, inciso II do Código Florestal Brasileiro (Lei Federal Nº12.651 de 25 de maio de 2012), como uma faixa marginal com largura de 100 metros em corpos de água com mais de 20 hectares, localizados em área rural.

### 3 Resultados e discussão

Com o estudo do balanço hídrico (Figura 2) constata-se que nos meses de novembro a abril ocorre um período de deficiência hídrica na região próxima à área de estudo, quando a maior perda de água se dá pela elevada evapotranspiração potencial, principalmente nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março, ocasião dos maiores valores de temperatura e vento. Também se observa maior utilização da água no período de deficiência hídrica, indicando a possibilidade de um agravamento da situação de recuo da área superficial alagada da lagoa no período mais seco.

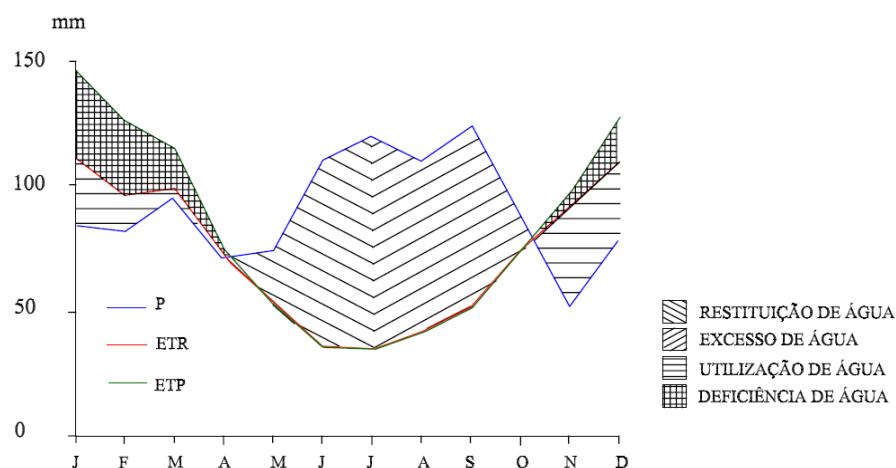


Figura 2. Balanço hídrico da região de Mostardas-RS, média de 23 anos, capacidade de retenção de 150 mm. P - precipitação, ETR - evapotranspiração real e ETP - evapotranspiração potencial. Adaptado do estudo da Secretaria Estadual de Coordenação e Planejamento-RS, 1978.

Os meses de abril, maio e junho possuem um período inicial de reposição de água, onde os valores de precipitação pluviométrica superam os valores de evapotranspiração potencial. Devido a essa reposição, os meses de julho a novembro são marcados por um período de excesso hídrico, com valores elevados de acumulado de chuva. A área alagada na Lagoa do Potreirinho tende a ser maior no período de excesso hídrico, conforme observado na Figura 3, correspondendo à imagem obtida em data referente ao inverno no estado do RS. Na Figura 4, a imagem correspondente à menor área alagada da Lagoa, no período de déficit hídrico, é referente à estação do outono.

As Figuras 3 e 4 evidenciam também as diferenças entre as áreas alagadas e as APP da Lagoa do Potreirinho delimitadas nos períodos de déficit e excesso hídrico. No período de excesso hídrico (28/08/2009), a área alagada atingiu 347,12 ha, com uma APP de 113,64 ha. Enquanto no período de déficit hídrico (28/04/2011), a área alagada atingiu 219,76 ha, com





uma APP de 60,95 ha. A diferença entre os dois períodos foi de 127,36 ha para a área alagada e 52,69 ha para a APP. Ao somar-se a área alagada com a APP, a área total resulta em 460,76 ha em situação de excesso hídrico e em 280,71 ha em situação de déficit hídrico. Obtendo-se, assim, um aumento de 180,05 hectares de área a ser preservada a mais quando a demarcação é realizada no período de excesso hídrico.

Os resultados, indicativos do inverno como a época de cota máxima da Lagoa do Potreirinho e da máxima área da APP marginal, assemelham-se aos previamente obtidos por este grupo de pesquisa para a Lagoa dos Gateados e a Lagoa do Paurá, também no Litoral Médio do RS (DOMINGUES *et al.*, 2012; MIRANDA *et al.*, 2015).

Durante as visitas à área de estudo, verificou-se que a faixa legal mínima de 100m de APP não está sendo cumprida em toda a extensão da lagoa, havendo plantação de *Pinus* adentrando inclusive a área alagada da lagoa (Figura 5). As consequências danosas do acúmulo de acículas de *Pinus* neste corpo hídrico deverão ser investigadas, em vista das evidências de que a liberação de compostos fenólicos dessas coníferas para a água de outros mananciais no estado do RS possa causar atividade mutagênica, constatada em ensaios laboratoriais com microorganismos (DUTRA *et al.*, 2013).

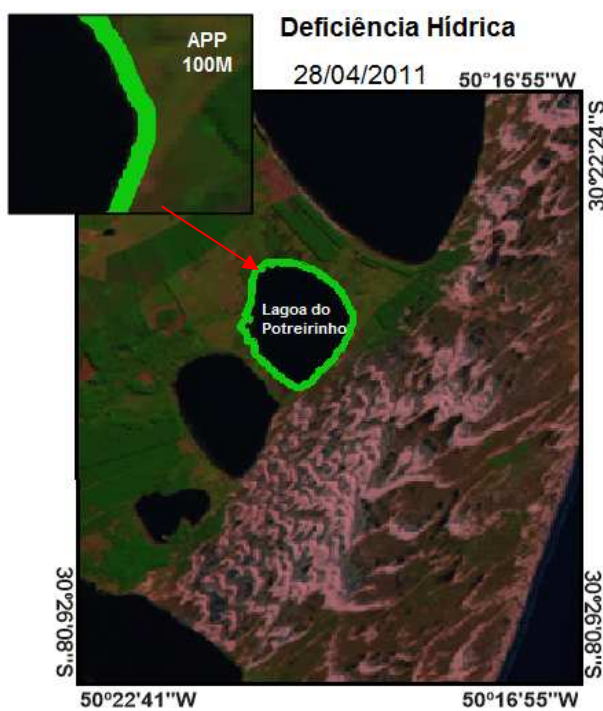


Figura 3. Delimitação das áreas de alagade e de preservação permanente da Lagoa do Potreirinho em situação de cota mínima, Palmares do Sul-RS, imagem Landsat-5, georreferenciada, 28 de abril de 2011. Área de alagade = 219,76 ha; APP= 60,95 ha.

Fonte: este trabalho.

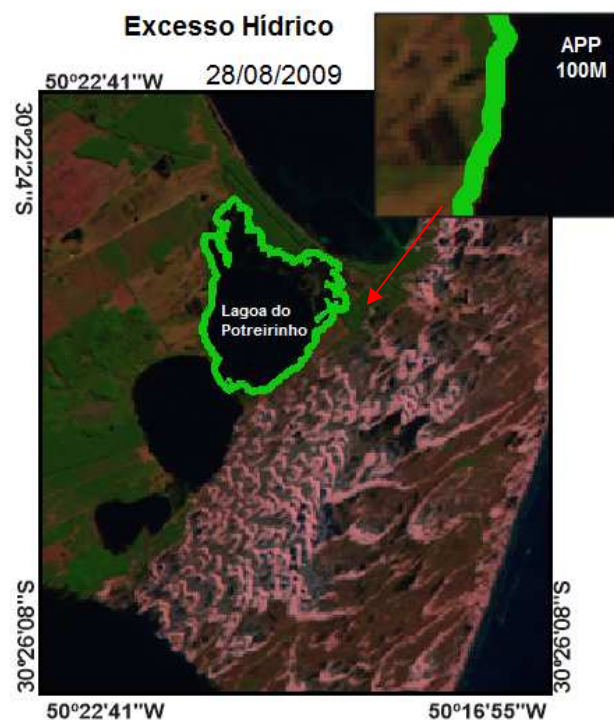


Figura 4. Delimitação das áreas de alagade e de preservação permanente da Lagoa do Potreirinho em situação de cota máxima, Palmares do Sul-RS, imagem Landsat-5, georreferenciada, 28 de agosto de 2009. Área de alagade = 347,12 ha; APP= 113,64 ha. Fonte: este trabalho.



Figura 5 – Margem oeste da Lagoa do Potreirinho, Palmares do Sul-RS, com plantação de *Pinus* sp dentro da APP legal e da área de alague da lagoa, em época de cota máxima (inverno).

Fotografia dos autores, em 10/09/2015.

#### 4 Conclusão

A delimitação de áreas nas imagens georeferenciadas indica que a área de alague superficial (ou espelho d'água) da Lagoa do Potreirinho e a respectiva área de preservação permanente (APP) alcançam maiores dimensões no inverno, quando a lagoa está em período de excesso hídrico, ou cota máxima. Nessas condições, as funções ecossistêmicas da faixa marginal poderão ser desempenhadas em uma área maior, potencialmente aumentando a eficiência da APP à conservação ambiental. Ou seja, o habitat das espécies microbianas, animais e vegetais, e as funções de filtro de insumos agrícolas, recarga hídrica, e proteção à erosão, por exemplo, poderão ser mantidas e/ou ampliadas. Assim, se recomenda a demarcação da APP *in loco*, como definido no Código Florestal, quando a Lagoa do Potreirinho estiver em condições de cota máxima sazonal, ou seja, no inverno local. Em toda a sua extensão, a APP desta lagoa deverá ser mantida livre de árvores exóticas, sejam essas deliberadamente plantadas ou naturalmente dispersas, bem como de culturas agrícolas e instalações que firam os propósitos de preservação dispostos na legislação vigente. Os dados obtidos e as recomendações deste estudo deverão ser incorporados aos processos de regularização, licenciamento e monitoramento de atividades com potencial de degradação ou poluição ambiental, particularmente as atividades de silvicultura e orizicultura atualmente presentes nas imediações deste corpo hídrico. Como ferramenta à gestão ambiental, a metodologia poderá ser similarmente aplicada na demarcação de APP no entorno de outras lagoas próximas na região.

#### Referências

BRASIL. Lei 12.651 de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 19 jul. 2000. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm)>. Acesso em: 02 de out. de 2014.

CASTRO RAMOS, B. V; LANZER, R. **Gestão dos Recursos Hídricos dos Municípios de Cidreira, Balneário Pinhal e Palmares do Sul**: Recursos Turísticos. Caxias do Sul, RS: EDUCS, v. 3, 2013.



DOMINGUES, A. L.; MIRANDA, L. S.; BURIOL, G. A.; LIPP NISSINEN, K. H. Delimitação de áreas de preservação permanente (APPs) de lagoas: uma proposta metodológica. In: SIMPÓSIO PROCESSOS ECOLÓGICOS, RESTAURAÇÃO E ECOVALORAÇÃO EM ZONAS RIPÁRIAS. Brasília-DF, 06 a 08 agosto de 2012. Anais... p.13, 2012. Disponível em: <[http://www.fepam.rs.gov.br/biblioteca/areas\\_preservacao/ANAIS\\_SIMPOSIO\\_AQUARIPARIA\\_2012.pdf](http://www.fepam.rs.gov.br/biblioteca/areas_preservacao/ANAIS_SIMPOSIO_AQUARIPARIA_2012.pdf)> Acesso em 17 de nov. de 2015.

DUTRA, B. K.; ALDERATE, B. L. ; ROCHA, J. V. ; VARGAS, V. M. F. Mutagenic potential of hydrosoluble compounds of *Pinus taeda* and *Araucaria angustifolia*. In: 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENVIRONMENTAL MUTAGENS. Foz do Iguaçu-PR, 2013. Anais...

FIGUEIREDO, D. **Conceitos Básicos de Sensoriamento Remoto**. 2005. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/conabweb/download/SIGABRASIL/manuais/conceitos\\_sm.pdf](http://www.conab.gov.br/conabweb/download/SIGABRASIL/manuais/conceitos_sm.pdf)>. Acesso em: 01 de out. de 2014.

LIPP-NISSINEN, K. H. & DOMINGUES, A. L. **Monitoramento de áreas de preservação permanente próximas a culturas de arroz irrigado em regiões de vulnerabilidade eco-climática no estado do Rio Grande do Sul: projeto piloto no município de Mostardas**. Relatório Parcial de Pesquisa – Fase III, FEPAM, Porto Alegre, 2012, 31p. Disponível em: <[http://www.fepam.rs.gov.br/biblioteca/areas\\_preservacao/Relatório\\_Delim\\_APP\\_Lagoa\\_dos\\_Gateados\\_maio2012.pdf](http://www.fepam.rs.gov.br/biblioteca/areas_preservacao/Relatório_Delim_APP_Lagoa_dos_Gateados_maio2012.pdf)> Acesso em 17 de nov. de 2015.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. Portaria MMA nº 9, de 23 de janeiro de 2007. <Available on-line at <http://www.mma.gov.br/estruturas/chm/arquivos/biodiversidade31.pdf>>. Acesso em: 01 de jun. de 2015.

MIRANDA, L. S.; LIPP-NISSINEN, K. H.; DOMINGUES, A. L.; BURIOL, G. A. Delimitação de áreas de alagado e de preservação permanente (APP) da Lagoa do Jacaré - Torres, Litoral Norte do Rio Grande do Sul (RS), Brasil - usando sensoriamento remoto em situações de máxima e mínima cotas d'água . **FEPAM em Revista** (ISSN 1982-2162 online) v.8, n.1 e 2, p. 7-23. Porto Alegre, 2014. Disponível em: <[http://www.fepam.rs.gov.br/fepamemrevista/downloads/FEPAM\\_REVISTA\\_V8N1-2\\_2014.pdf](http://www.fepam.rs.gov.br/fepamemrevista/downloads/FEPAM_REVISTA_V8N1-2_2014.pdf)> Acesso em 17 de nov. de 2015.

PORTZ, L.; MANZOLLI, R. P.; SALDANHA, D. L.; CORREA, I. C. S. Dispersão de espécie exótica no Parque Nacional da Lagoa do Peixe e seu entorno. **Revista Brasileira de Geografia Física** (ISSN 1984-2295), v.4, n.1, p.35-38. Porto Alegre, 2011.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria de Coordenação e Planejamento. Plano Integrado para o desenvolvimento do Litoral Norte do Rio Grande do Sul, adequação e uso do solo, Zoneamento Agroclimático. Porto Alegre: Editora Meridional EMMA, 1978.

SCHÄFER, A. et.al. **Atlas Socioambiental dos municípios de Cidreira, Balneário Pinhal e Palmares do Sul**. Caxias do Sul, EDUCS, 2013. 354p.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. Impactos potenciais das alterações do Código Florestal nos recursos hídricos. **Biota Neotropica**, v.10, n.4, p.67-75, 2010. Disponível on-line em <<http://www.redalyc.org/pdf/1991/199118978010.pdf>>. Acesso em: 15 de out. de 2015. ISSN: 1676-0611.