FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL

HENRIQUE LUIS ROESSLER

Programa Institucional de IC- PIBIC – 2010/2012

PIBIC / CNPq / FEPAM

RELATÓRIO PARCIAL DE PESQUISA

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

FASE III

Período: agosto 2011 - março 2012

Dra. Biól. KÁTIA HELENA LIPP NISSINEN[2]
Acadêmico ANDRÉ LUIS DOMIGUES[1]

[1]Curso de Engenharia Ambiental, Centro Universitário Franciscano – UNIFRA, Santa Maria – RS

[2]Programa de Pesquisas Ambientais, Diretoria Técnica, Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler/Porto Alegre – RS

Porto Alegre, 31 de março de 2012.

INTRODUÇÃO

A degradação dos ecossistemas é uma das principais consequências da má gestão dos recursos naturais. Por meio de um monitoramento ambiental adequado é possível minimizar ou até evitar a ocorrência dessa degradação. A gestão ambiental é uma atribuição dos órgãos ambientais, os quais realizam o controle de atividades potencialmente degradantes ou poluidoras do ambiente, bem como se encarregam da proteção e manutenção da qualidade ambiental do território.

As florestas e as várias outras formas de vegetação natural, situadas ao longo dos cursos hídricos, contribuem sobremaneira para a manutenção da qualidade da água, conservação do solo e conservação da flora e fauna. Tal vegetação que, dependendo do caso, denomina-se de restinga, ribeirinha, mata ciliar, mata de galeria, dentre outras, é considerada como de preservação permanente pelo Código Florestal Brasileiro - Lei Federal nº. 4771, de 15.09.1965, com atualizações posteriores dadas pelas Leis Federais nº 7.511, de 07.07.1986, e nº 7.803, de 18.07.1989.

No artigo 2° do atual Código Florestal, define-se como áreas de preservação permanente (APP) todas as áreas com vegetação natural situadas:

a) ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima será:

1 - de 30 (trinta) metros para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;

2 - de 50 (cinquenta) metros para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;

3 - de 100 (cem) metros para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;

4 - de 200 (duzentos) metros para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;

5 - de 500 (quinhentos) metros para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

b) ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais;

c) nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados "olhos d'água", qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 (cinquenta) metros de largura;

d) no topo de morros, montes, montanhas e serras;
e) nas encostas ou partes destas, com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive.

O Conselho Nacional de Proteção Ambiental (CONAMA) publicou resoluções complementares, dispondo sobre parâmetros, definições, limites e excepcionalidades que auxiliam a interpretação e a aplicação da lei de proteção das APPs.

A verificação do cumprimento da legislação pertinente às APPs, por meio de sua fiscalização e monitoramento, é uma tarefa de grande importância para a conservação dos ecossistemas, contudo sua execução é muitas vezes dificultada por motivos operacionais e metodológicos. O desenvolvimento das tecnologias de geoprocessamento, que incluem os Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) e o Sensoriamento Remoto (SR), tem proporcionado inúmeros estudos e pesquisas, com destaque para a sua aplicação à gestão ambiental. Segundo Correa e Silva & Martins (2005), uma das formas mais eficazes de monitoramento ambiental em escalas locais e globais é possibilitada pelo SR, graças à rapidez e à periodicidade na obtenção de dados primários sobre a superfície terrestre. Os produtos gerados pelo SR têm o potencial de revelar aspectos importantes das propriedades fundamentais dos sistemas ecológicos, de forma sinóptica e com custo relativamente baixo (Sausen *et. al*. 2006). É largamente difundido que as facilidades oferecidas pelo SR tornam a técnica fundamental para análise, monitoramento ambiental e modelagem das práticas de manejo, subsidiando as tomadas de decisões (Lachowski *et al*., 1994; Oliver, 1992). Conforme Vedovello (2004) *apud* Trentin (2007), por meio dessas técnicas, é possível verificar as potencialidades e fragilidades naturais do terreno, bem como os perigos, riscos, impactos e conflitos decorrentes da interação da ação humana sobre o meio ambiente. Portanto, o SR constitui-se numa ferramenta bastante útil ao mapeamento e monitoramento das APPs localizadas próximo a/ou dentro de propriedades rurais ou de outros empreendimentos com atividades potencialmente degradantes.

As culturas agrícolas irrigadas, tais como a cultura do arroz irrigado, apresentam potenciais impactos ambientais, cuja monta as tornam, até o momento, as únicas culturas olerícolas controladas através de licenciamento ambiental. O estado do Rio Grande do Sul é caracterizado pela alta produção de arroz, a qual tem sua produção

destinada para abastecer o mercado interno, havendo no RS cerca de 1.088.727 ha plantados e responsáveis por 6.798.591 ton/anuais (IRGA, 2009) e 58,9% da produção nacional (IBGE, 2006). A Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler – FEPAM/RS tem exercido seu papel no controle dessa atividade. Em parte pelas características fitogeográficas (ex. sazonalidade), larga extensão, distribuição e alto número de empreendimentos de cultivo de arroz irrigado no Estado, o controle ambiental dos irrigantes é um trabalho altamente demandante. Nos últimos dez anos, a FEPAM tem despendido grandes esforços, resultando na padronização de critérios e procedimentos técnicos e na construção de ferramentas de processamento e cadastramento de dados *online* e disponibilização de licenças digitais pela rede eletrônica de computadores, *World Wide Web*. Atualmente, existem 4.155 empreendimentos de cultivos irrigados no RS operando com licenças ambientais emitidas pela FEPAM, resultantes da avaliação técnica do Serviço de Licenciamento de Irrigantes da Divisão Agrossilvipastoril (SELI/DASP/FEPAM). Contudo, a FEPAM ainda não alcançou seus objetivos de implantar procedimentos complementares específicos para a gestão ambiental desses empreendimentos licenciados, tais como o monitoramento das APPs ao longo de cursos d'água.

Os ambientes naturalmente úmidos, como corpos d'água e suas APPs, são especialmente vulneráveis às modificações antrópicas e àquelas decorrentes das mudanças climáticas. No RS, a faixa litorânea apresenta em toda a sua extensão um cordão de lagos, lagoas e banhados interligados, caracterizados por ecossistemas biodiversamente ricos, com fragilidades e vulnerabilidades aos impactos ambientais e efeitos climáticos. Assim como todas as zonas úmidas, a região da Planície Costeira do RS possui uma elevada biodiversidade e complexidade sistêmica. A região tem sido objeto de várias pesquisas importantes publicadas ao longo das últimas décadas, incluindo-se o Diagnóstico da Situação e Ações Prioritárias para a Conservação da Zona Costeira da Região Sul - Rio Grande do Sul e Santa Catarina (FEPAM, 1999). Esta região abriga a Lagoa do Peixe, um dos 11 sítios brasileiros designados para preservação pela Convenção de Ramsar. Essa Convenção, com a participação de 160 países, designou 1.896 áreas alagadas em todo o mundo, consideradas de importância internacional, pela sua riqueza biótica e função na regulação dos ciclos hídricos e de

carbono. Descrições revisionais, dos dados bióticos, abióticos e da situação socioeconômica da região, encontram-se em várias obras publicadas, por exemplo no Plano Ambiental Municipal de Mostardas, publicado pela Prefeitura Municipal de Mostardas (2010) e no livro Biodiversidade – Regiões da Lagoa do Casamento e dos Butiazais de tapes, Planície Costeira do Rio Grande do Sul (FZB/RS, MMA, 2006).

Os estudos sobre as mudanças climáticas vêm ganhando grande espaço nesta última década, com vários relatórios internacionais e nacionais norteando convenções e protocolos globais, e os planos diretores nacionais (IPCC, 2007,). As alterações climáticas projetadas pelos estudos dão origem a vulnerabilidades territoriais com vários reflexos sociais, econômicos e ambientais, por exemplo, na alteração da geografia das culturas agrícolas (DECONTE *et al.* 2008) e das ocupações urbanas, o que se reflete na paisagem e na conservação de ambientes naturais.

Nessa conjuntura, outra demanda emergente da FEPAM constitui-se na implantação de ferramentas para o estudo das vulnerabilidades territoriais e possíveis adaptações dos ambientes urbanos, rurais e naturais às mudanças climáticas. Essa nova demanda é decorrente do Plano Nacional de Mudanças Climáticas - Decreto nº. 6.263, de 21.11.2007, e da Política Gaúcha de Mudanças Climáticas (PGMC) - Lei Estadual Nº 13.594 de 30.12.2010, ambos motivados pelas convenções e protocolos internacionais, dos quais o Brasil é signatário. A PGMC visa compatibilizar um desenvolvimento econômico-social ecologicamente sustentável com a proteção do sistema climático através de ações tanto para a redução dos agentes causadores das mudanças climáticas, quanto às necessárias adaptações aos seus impactos. Dentre as medidas a serem implantadas estão o fomento à pesquisa e à disseminação do conhecimento científico e tecnológico, à educação ambiental, ao planejamento territorial e à substituição de metodologias de produção. Com referência às APPs, no seu artigo 11º, a PGMC dispõe que o disciplinamento do uso do solo urbano e rural buscará, dentre outros: prevenir e evitar a ocupação desordenada de áreas de vulnerabilidade direta e indireta, como a região costeira, zonas de encostas e fundos de vale; delimitar, demarcar e recompor com cobertura vegetal as áreas de preservação permanente, matas ciliares, fragmentos e remanescentes florestais; identificar e mapear as

vulnerabilidades existentes nos territórios municipais; e manter atualizado o levantamento de áreas a serem preservadas pelo Estado.

Segundo o que consta na Resolução CONAMA n° 303/2002, as APPs devem ser demarcadas no entorno de lagos e lagoas naturais levando-se em consideração o momento em que suas águas atingem a cota máxima sazonal. Porém, a grande maioria desses corpos hídricos não possui dados históricos referentes às medidas de cota de superfície da água.

Com o avanço das tecnologias de sensoriamento remoto e a disponibilidade gratuita de imagens digitais pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, surge à possibilidade de explorar este recurso em estudos ambientais. A falta de dados registrados e a necessidade legal de se determinar o momento de cota máxima sazonal do nível da água em ambientes lacustres para a devida demarcação da APP em lagos levam à hipótese de que o disposto pela legislação, especificamente para essas APPs, não vem sendo cumprido. A necessidade de adequada preservação dessas áreas e da fiscalização e monitoramento de seu cumprimento demandam o estabelecimento de uma metodologia aplicável. As tecnologias de sensoriamento remoto apresentam-se como potenciais ferramentas para o estabelecimento dessa metodologia, aplicável tanto pelo agente da atividade potencialmente impactante, no caso, o produtor de arroz irrigado, como pelo agente de fiscalização e gestão do órgão ambiental competente.

Tendo isso em mente, o presente estudo visa elaborar uma metodologia para a determinação do momento de cota máxima da água em ambientes lacustres, tendo a Lagoa dos Gateados, no município de Mostardas, RS, como área de estudo, explorando as tecnologias do sensoriamento remoto, aspectos climáticos e meteorológicos, o histórico da situação de fragilidade eco-climática municipal, outras características físicas e o uso agrícola da região.

O objetivo específico do Projeto de Pesquisa é realizar um estudo piloto na FEPAM, uma vez que tais estudos de monitoramento/fiscalização de APPs, em empreendimentos de irrigação licenciados, ainda não foram realizados e também por que o estabelecimento de metodologias para a delimitação das APPs de lagoas se faz muito necessário.

O trabalho visa também contribuir para o preenchimento de lacunas metodológicas necessárias à construção, pelos órgãos de meio ambiente, de outro importante instrumento de gestão ambiental pública: o zoneamento ecológico-econômico das regiões do litoral médio e sul do RS. Nesse sentido, buscar-se-á contribuir com o Projeto RS Biodiversidade, o qual está em fase inicial de execução pelo Estado. Este estudo busca, ainda, introduzir a nova temática da vulnerabilidade dos meios às condições climáticas do território, dentro da atuação deste Órgão Estadual de Meio Ambiente. Esse último objetivo vai ao encontro das recomendações apresentadas pelo Relatório Final do Plano Ar, Clima e Energia (PACE, 2011), desenvolvido pela FEPAM com parcerias, a partir março de 2010.

1.1 Objetivos específicos do bolsista nesta fase do Projeto

- Dar continuidade ao desenvolvimento de uma metodologia para determinação do momento de cota máxima sazonal da água na Lagoa dos Gateados, município de Mostardas - RS, utilizando imagens digitais de sensoriamento remoto.
- Delimitar a área superficial da Lagoa dos Gateados através da vetorização das imagens e satélites analisadas.
- Determinar a área de preservação permanente (APP) da Lagoa dos Gateados, levando em consideração o momento de cota máxima sazonal obtido nas análises de imagens digitais de sensoriamento remoto selecionadas de uma ampla série histórica.

2 METODOLOGIA

2.1 Área de estudo

A Lagoa dos Gateados, escolhida como área piloto para o desenvolvimento da metodologia proposta, está situada no município de Mostardas no Litoral Médio Leste do Rio Grande do Sul, entre as coordenadas 30°25’41”S, 50°43’17”W e 30°35’40”S, 50°30’49”W, a oeste da rodovia RST101 (Figura 1). O município de Mostardas localiza-se na região da Planície Costeira do Rio Grande do Sul e caracteriza-se, basicamente, pela existência de campos com atividade agrícola, principalmente, de plantações de

arroz em grandes propriedades e pecuária extensiva, vegetação de restinga, campos de dunas e lagoas, que são habitats de espécies migratórias de aves, havendo a ocorrência de abundante fauna nativa, e a presença de uns poucos e pequenos núcleos urbanos (DIEGUES & ROSMAN, 1998). Nesta região também ocorrem alguns conflitos ecológicos, como excesso de retirada de água das lagoas e alteração de ecossistemas (campos de dunas) pelo florestamento com espécies exóticas (DIEGUES & ROSMAN, 1998).

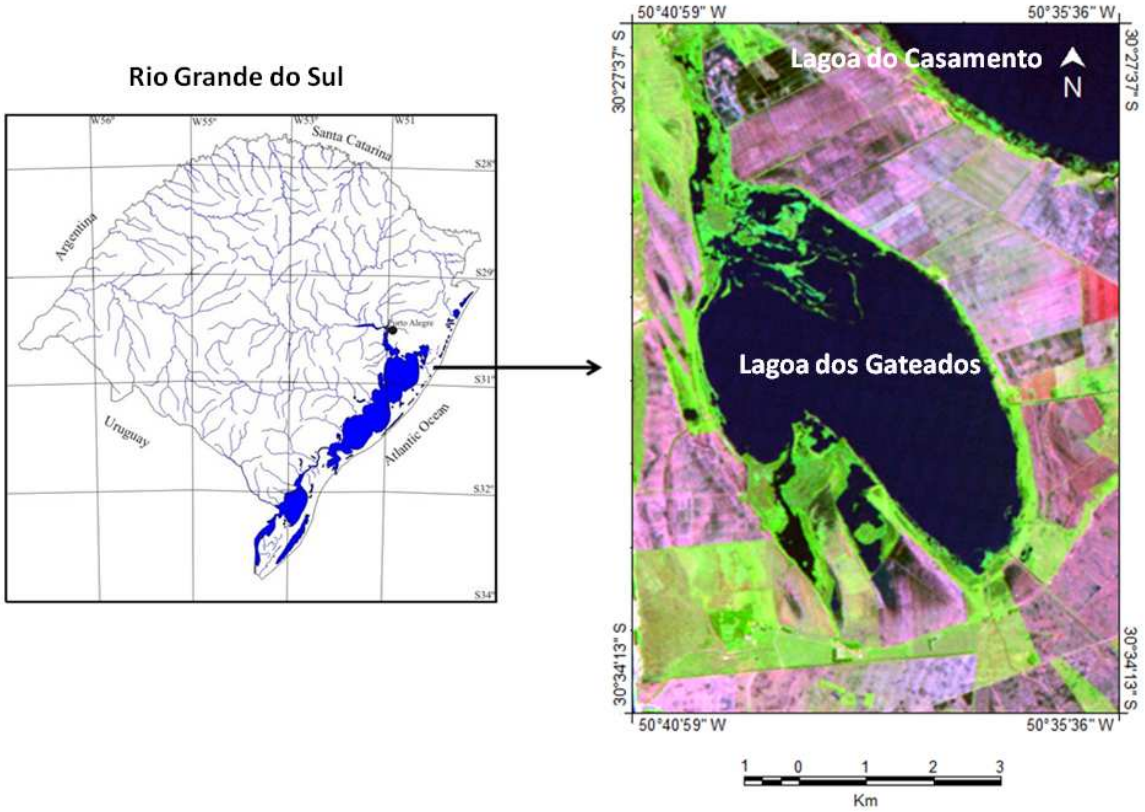


Figura 1. Mapa de localização da Lagoa dos Gateados e imagem *Landsat 5*, composição de bandas 543 RGB.

Considerando-se o relevo plano e o solo arenoso da região da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, a metodologia desenvolvida, para a determinação da cota máxima do nível da água para lagoas naturais existentes nessa região, foi planejada partindo-se do princípio de que o momento de cota máxima da superfície da água

sempre ocorrerá no momento em que a área de alague da lagoa atinja o seu máximo avanço horizontal.

2.2 Precipitação pluviométrica

Foram utilizados os dados de precipitação pluviométrica da estação pluviométrica de Palmares do Sul, localizada a cerca de 30 km a nordeste da Lagoa dos Gateados e pertencente à Agência Nacional das Águas (ANA). A série histórica escolhida no estudo representa a precipitação pluviométrica diária, mensal e anual do período de 31 anos, compreendido entre os primeiros registros feitos naquela estação pluviométrica em 1974, até o ano de 2006, com a exceção de 2005, ano sem registros disponíveis.

A partir dessa série histórica foram determinadas as médias dos totais mensais de precipitação pluviométrica e calculados o desvio padrão de cada mês, obtendo-se, assim, os valores normais mensais de precipitação e os meses com os maiores desvios padrão. Os valores normais mensais de precipitação foram importantes para conhecer o panorama normal de chuva na área de estudo. Já os maiores desvios padrão auxiliaram na identificação dos meses com tendência a maiores ou menores valores de chuva, apontando os meses com maior possibilidade de ocorrência de eventos de cheia e seca, guiando, assim, a seleção das imagens de satélite.

Também a partir desses dados, foram quantificados os acumulados de chuva nos 31 dias anteriores à data de obtenção de cada imagem, sendo esse um dos critérios determinantes da escolha das imagens de seca e de cheia.

2.3 Balanço hídrico

As condições de balanço hídrico normal da região da Lagoa dos Gateados foram extraídas do Plano Integrado para o Desenvolvimento do Litoral Norte do Rio Grande do Sul – Adequação de Uso do Solo – Zoneamento Agroclimático, produzido através de convênio firmado entre o Governo do Rio Grande do Sul, SUDESUL e DNOS (1978). Os dados utilizados são referentes ao município de Mostardas. Esse importante estudo do balanço hídrico, ainda único para o RS, foi utilizado como referência para identificar

os períodos de déficit hídrico e excesso hídrico. Tais períodos foram estabelecidos como critérios relevantes na etapa de seleção das imagens.

2.4 Escolha das imagens de Satélite

O Satélite *Landsat 5* foi lançado em 01 de março de 1984 com o objetivo de obter imagens temáticas da superfície terrestre para diferentes usos e finalidades, tais como estudos ambientais. Por meio do catálogo de imagens digitais do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, foi possível obter cenas, gratuitamente, do Satélite *Landsat 5* e explorar uma série histórica que se inicia em 1985 e vai até 2011, sendo continuamente atualizada com novas cenas. As cenas *Landsat 5* apresentam resolução espacial de 30 metros, ou seja, cada um dos pixels que compõem a imagem tem dimensões de 30m de largura por 30m de comprimento, totalizando uma área do terreno de 900m². Cada cena abrange uma área do terreno de 32.400km² (180km x 180km). O satélite *Landsat 5* obtém imagens em sete diferentes bandas do espectro eletromagnético, distribuídas em bandas do visível: azul (banda 1 - 0,45 até 0,52µm), verde (banda 2 - 0,52 até 0,60µm) e vermelho (banda 3 - 0,63 até 0,69µm), e em bandas do infravermelho: próximo (banda 4 - 0,76 até 0,90µm), médio ou de ondas curtas (banda 5 - 1,55 até 1,75µm e banda 7 – 2,08 até 2,35µm) e termal (banda 6 - 10,4 até 12,5µm, com resolução espacial de 60m) (NASA, 2012). A resolução temporal do Satélite *Landsat 5* é de 16 dias, ou seja, o imageamento de um mesmo ponto da superfície terrestre é realizado a cada 16 dias (NASA, 2012).

Para a execução do trabalho foram selecionadas 15 cenas *Landsat 5* do catálogo, com o intuito de obter um número significativo de imagens e possibilitar a análise de correlação estatística entre as áreas alagadas e os dados de precipitação pluviométrica . Dentre essas 15 imagens, dez retratavam o período de cheia da Lagoa dos Gateados e cinco retratavam as situações de seca.

Para a seleção foram estabelecidos os seguintes critérios, objetivando o melhor desempenho das análises:

- para todas as imagens, buscou-se somente imagens com nenhuma, ou mínima cobertura de nuvens, principalmente sobre a área de alague da Lagoa dos Gateados;

- para as imagens de seca, buscou-se aquelas situadas no período de balanço hídrico negativo, com os menores valores de acumulado de chuva nos 31 dias anteriores à data de imageamento;

- para as imagens de cheia, buscou-se aquelas situadas no período de balanço hídrico positivo, com os maiores valores de acumulado de chuva nos 31 dias anteriores à data de imageamento.

2.5 *Download* e geoprocessamento das imagens

A partir da página eletrônica do Catálogo de Imagens de Satélite do INPE, http://www.dgi.inpe.br/CDSR/, foi realizado o cadastramento individual do bolsista, permitindo o acesso ao banco de dados de imagens de satélites. Seguiu-se a escolha do banco de dados do satélite *Landsat 5* e, a partir daí, realizou-se o *download* de 15 cenas desse satélite, utilizando-se os seguintes parâmetros básicos da imagem: sensor TM, órbita 220 e 221, ponto 081. As cenas, cada uma com 185km x 185km, foram registradas no aplicativo *Erdas Imagine 9.1*, considerando um erro médio quadrático inferior a um pixel. As datas das imagens constam na Tabela 1.

Para a realização do registro das imagens foi necessário o *download* de uma imagem *GeoCover Landsat 7*, da qual foram retirados os pontos homólogos de apoio, que são pontos com coordenadas geográficas conhecidas e de fácil visualização nas duas imagens. A imagem *GeoCover* foi obtida após o cadastramento individual no *website* http://glcf.umd.edu/research/portal/geocover/, da *Global Land Cover Facility* desenvolvido pela Universidade de Maryland (EUA). Após o cadastramento individual nessa instituição, realizou-se a busca da imagem *GeoCover* no catálogo de imagens, com os seguintes parâmetros preenchidos: sensor ETM+, órbita 220, ponto 81, WRS-2, *GeoCover*. A imagem obtida data de 29 de novembro de 1999.

O processo de registro das imagens *Landsat 5*, foi realizado no aplicativo *Erdas Imagine* 9.1, utilizando-se 25 pontos de apoio da imagem *GeoCover*, o sistema de projeção *Universal Tranversa de Mercator* (UTM) e o 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.

Tabela 1. Datas das imagens digitais do Satélite *Landsat 5* selecionadas no catálogo do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e seus dados de órbita e ponto para localização.

Datas das Imagens *Landsat 5*	**Órbita**	**Ponto**
08/09/1987 (cheia)	221	081
25/09/1990 (cheia)	220	081
31/01/1991 (seca)	220	081
13/06/1993 (cheia)	220	081
18/07/1994 (cheia)	220	081
22/08/1995 (cheia)	220	081
19/12/1995 (seca)	221	081
04/01/1996 (seca)	221	081
27/08/1997 (cheia)	220	081
20/07/1998 (cheia)	221	081
25/11/1998 (seca)	221	081
14/06/1999 (cheia)	220	081
27/09/2000 (cheia)	221	081
06/03/2001 (seca)	221	081
01/10/2004 (cheia)	220	081

2.6 Delimitação e cálculo da área alagada

Para a delimitação da área alagada da Lagoa dos Gateados foi necessário criar um banco de dados no *software Spring* 4.3.3, onde foram inseridas as 15 imagens georreferenciadas. Com as imagens à disposição no banco de dados, realizou-se o trabalho de vetorização, identificando e delimitando manualmente a área alagada em cada imagem. Para a melhor visualização da área alagada foi feita uma combinação de bandas utilizando, nos canais RGB, as bandas 543 do satélite *Landsat 5* que correspondem à banda do infravermelho médio (banda 5), infravermelho próximo (banda 4) e vermelho (banda 3). Após a delimitação da área alagada, foi realizado o cálculo dessas áreas, por meio da soma do número de pixels interiores à área de alagamento delimitada, utilizando-se a ferramenta de “operações métricas” do *Spring 4.3.3*. Importante observar que as pequenas e transitórias ilhas interiores foram contabilizadas como área alagada.

2.7 Demarcação e cálculo das APPs

As demarcações das APPs foram realizadas utilizando-se a ferramenta “mapa de distância” do *Spring* 4.3.3 com o seguinte procedimento. Após a determinação e cálculo das áreas alagadas da Lagoa dos Gateados, foram estabelecidas duas classes de áreas alagadas, aquelas até 20 hectares e aquelas acima de 20 hectares. A demarcação das APPs nas áreas de alagamento de até 20 hectares foi feita com faixa marginal de 50 metros de largura, já nas áreas alagadas acima de 20 hectares foram estabelecidas faixas marginais de 100 metros de largura, preconizando o que determina a Resolução nº303/2002 do CONAMA. Para o cálculo das APPs, considerou-se o número de pixels interiores aos polígonos formados pelas faixas de 100 e de 50 metros demarcados a partir da borda das áreas alagadas.

2.8 Campo de reconhecimento da área piloto

Com o objetivo de conhecer a área piloto em estudo, foi realizada uma saída de campo no dia 03 de agosto de 2011. Para o deslocamento, foi utilizado veículo da FEPAM. Neste dia foram feitos registros fotográficos e obtidas as coordenadas geográficas de alguns pontos, próximos aos limites das APPs atualmente demarcadas na Lagoa dos Gateados e também dos limites da área alagada da lagoa neste dia.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2, observam-se os dados de precipitação pluviométrica normal e os desvios padrão para a região da Lagoa dos Gateados. Esses demonstram que o período mais chuvoso ocorre entre os meses de junho (129mm), julho (132mm), agosto (110mm) e setembro (118mm) e o período menos chuvoso ocorre entre os meses de dezembro (84mm), janeiro (88mm), fevereiro (93mm) e março (87mm). Os maiores desvios padrão ocorreram nos meses mais chuvosos, julho (±66mm) e agosto (±72mm), com exceção do mês de fevereiro no qual, apesar de ser um dos meses menos chuvosos, o desvio padrão foi semelhante àqueles dos meses chuvosos (±67mm). Ainda na Figura 2, apresenta-se a evapotranspiração potencial normal para o

município de Mostardas, onde se pode observar que a perda de água por evapotranspiração é maior no período de novembro a março (meses mais quentes) e menor no período de abril a outubro, com a menor perda de água nos meses de junho, julho e agosto (meses mais frios).

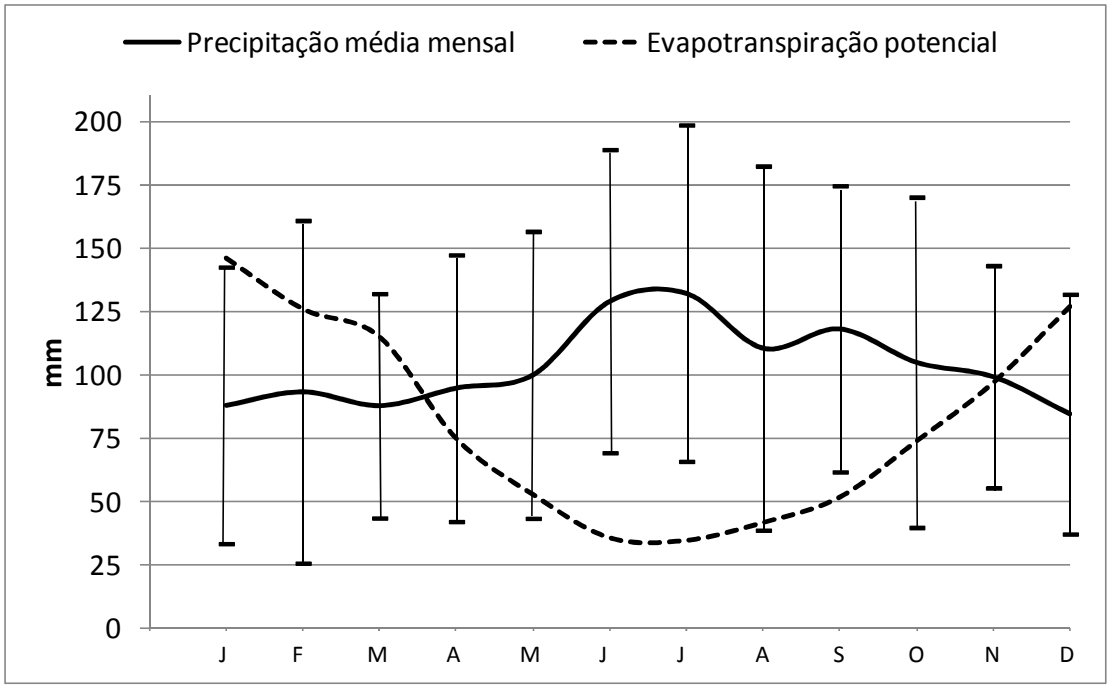


Figura 2. Precipitação pluviométrica mensal normal (31 anos, entre 1974-2006) – Estação Meteorológica de Palmares do Sul, evapotranspiração potencial normal – Estação Meteorológica de Mostardas (Secretaria de Coordenação e Planejamento, 1978) e os desvios padrão da precipitação em cada mês (31 anos, entre 1974-2006) para a região da Lagoa dos Gateados, Mostardas-RS.

Os valores de precipitação pluviométrica acumulados nos 31 dias anteriores à obtenção de cada imagem de satélite no período de cheia variaram entre 155mm e 300mm (Figura 3), e no período de seca entre 25mm e 60mm (Figura 4).

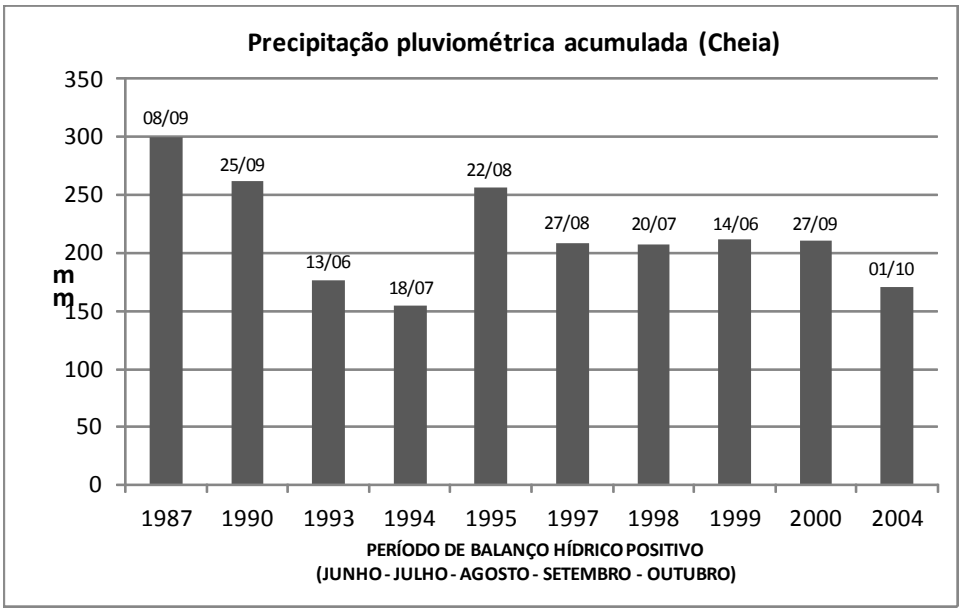


Figura 3. Precipitação pluviométrica acumulada nos 31 dias que antecederam a data de imageamento das dez imagens *Landsat 5*, selecionadas no período de excesso hídrico da região da Lagoa dos Gateados, Mostardas-RS.

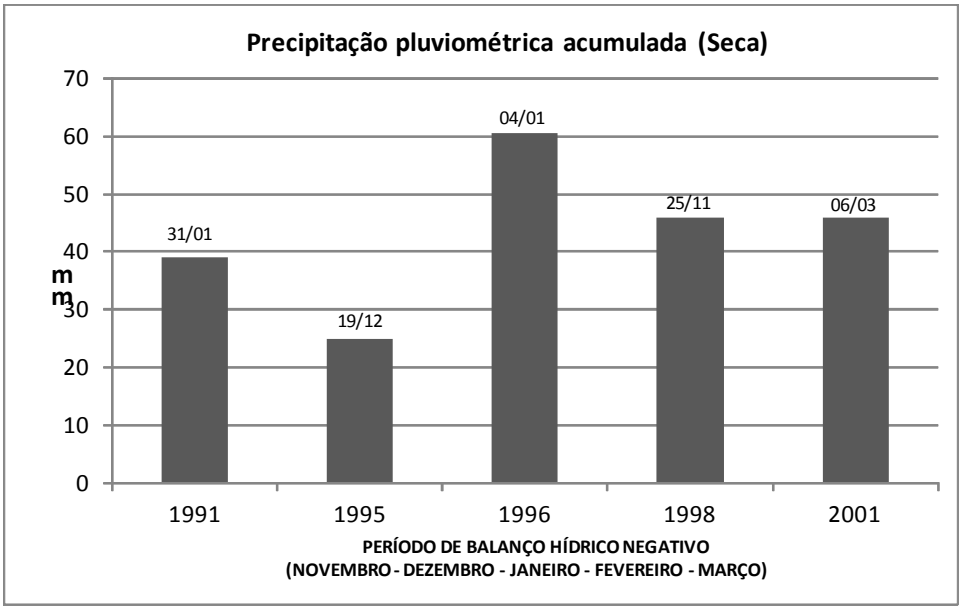


Figura 4. Precipitação pluviométrica acumulada nos 31 dias que antecederam a data de imageamento das cinco imagens *Landsat 5*, selecionadas no período de déficit hídrico da região da Lagoa dos Gateados, Mostardas-RS.

Constata-se, ao observar o balanço hídrico da região do município de Mostardas (Figura 5), que ocorre um período marcado pela deficiência hídrica, entre os meses de novembro a abril, onde a maior perda de água se dá pela elevada evapotranspiração potencial, principalmente nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março, quando ocorrem os maiores valores de temperatura e vento (Secretaria de Coordenação e Planejamento, 1978). Observa-se também na Figura 5, que a utilização da água é maior no período de déficit hídrico, o que pode agravar ainda mais a situação de recuo da área alagada na Lagoa dos Gateados no período de seca. Esta situação pode ser observada nas imagens obtidas neste período (Figuras 6 e 8).

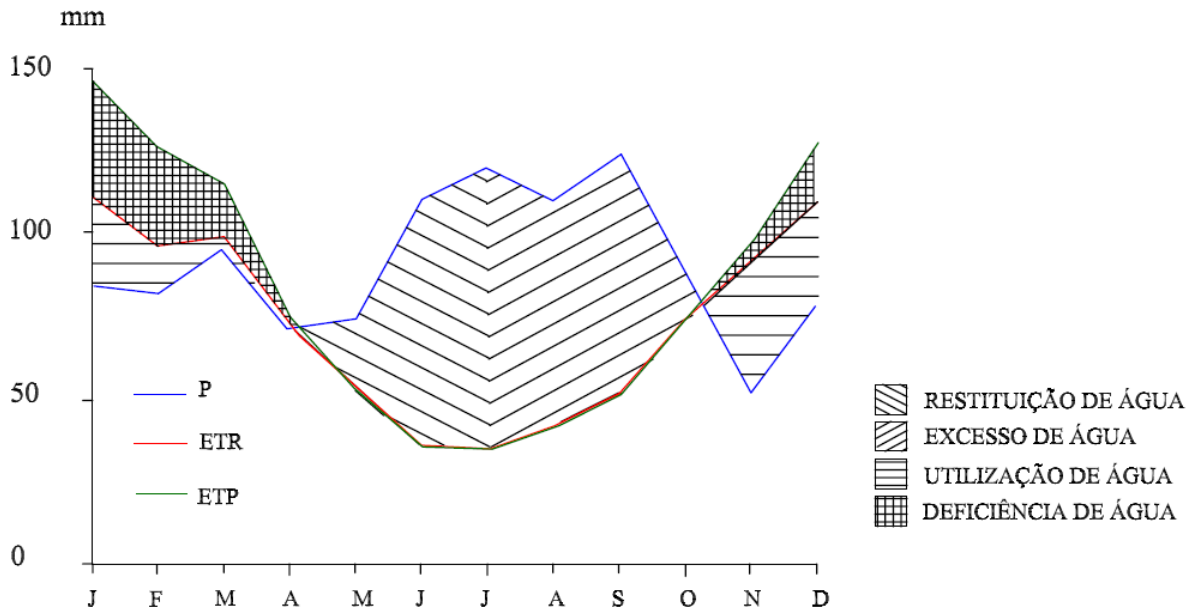


Figura 5. Balanço hídrico da região de Mostardas-RS, média de 23 anos, capacidade de retenção de 150mm. P - precipitação, ETR - evapotranspiração real e ETP - evapotranspiração potencial. Adaptado do estudo realizado pela Secretaria Estadual de Coordenação e Planejamento, 1978.

O período de balanço hídrico positivo é caracterizado por um período inicial de reposição de água, nos meses de abril, maio e junho, com os valores de precipitação pluviométricos superando os valores de evapotranspiração potencial. E por um período subsequente de excesso hídrico, nos meses de julho a outubro, que ocorre devido à reposição de água no período anterior e ao maior acumulo de águas precipitadas nesses meses. A área alagada na Lagoa dos Gateados tende a ser maior no período

excesso hídrico, conforme observado na Figura 8, quando as maiores áreas alagadas correspondem às imagens obtidas em datas entre julho e setembro (Figura 6).

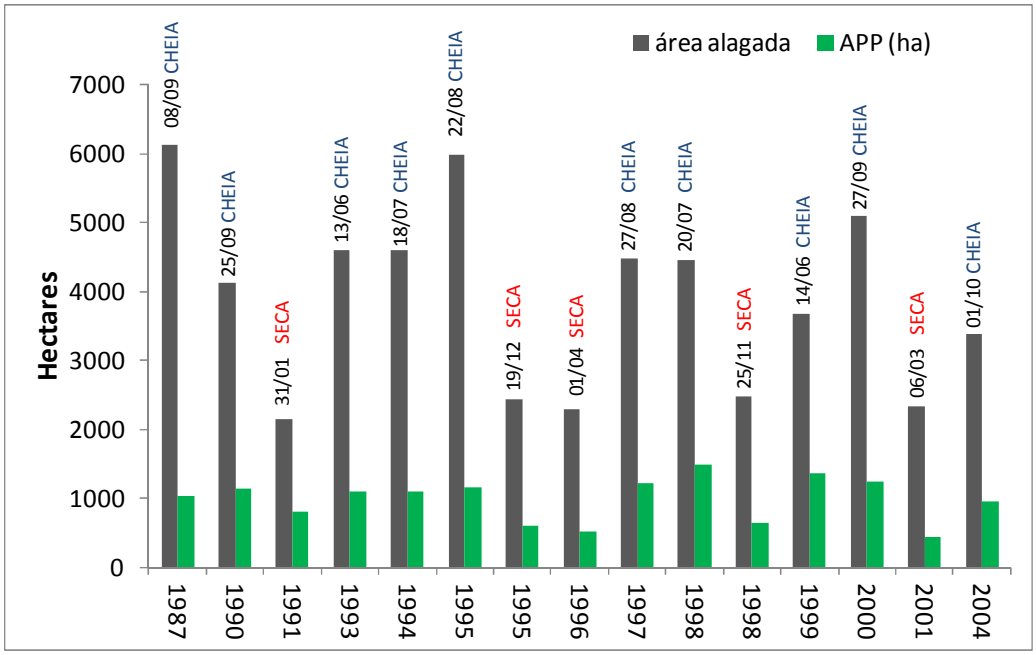


Figura 6. Variações das áreas alagadas e de preservação permanente (APP) na Lagoa dos Gateados, Mostardas-RS, determinadas a partir de 15 imagens *Landsat 5* representando situações de cheia e de seca entre 1987 e 2004.

Ao observar-se a Figura 6, nota-se que nem sempre a imagem detentora da maior área alagada é aquela que possui a maior APP, isso ocorre por que muitas vezes uma menor área alagada forma cordões de pequenos lagos no entorno do lago principal, aumentando o perímetro da área alagada, e como consequência, aumentando sua Área de Preservação Permanente, como se pode notar nas imagens do Anexo 2.

Ao analisar os resultados obtidos, em uma perspectiva ecológica, deve-se considerar a dependência e a interrelação do ecossistema aquático com as regiões de seu entorno para a manutenção da vida, da qualidade da água e da regulação de outros processos essenciais. Assim, torna-se interessante somar estas duas áreas contíguas: a área alagada e a área marginal legalmente considerada para preservação permanente. Constata-se, diante disso, que os trechos com maior alagamento representam as maiores áreas a serem preservadas.

Os valores obtidos nos cálculos das áreas alagadas das imagens *Landsat 5* tiveram uma forte correlação (r = 0,9) com os valores de precipitação acumulados nos

31 dias anteriores as datas de obtenção das imagens, conforme se observa no diagrama de dispersão da Figura 7. Esta forte correlação é um sinal positivo com relação à proposta metodológica de utilização dos dados de precipitação pluviométrica para balizar a escolha das imagens.

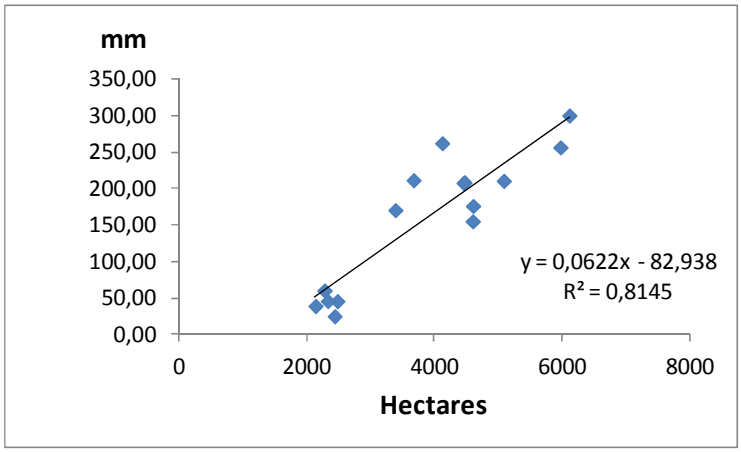


Figura 7. Diagrama de dispersão entre as 15 áreas alagadas obtidas nas imagens e a precipitação acumulada nos 31 dias anteriores à data das imagens *Landsat 5,* Lagoa dos Gateados, Mostarda-RS.

Verificou-se que algumas limitações técnicas das imagens *Landsat 5,* tais como a sua baixa resolução espacial (pixel=30m), depreciaram um pouco os resultados até aqui obtidos. Esse detalhe técnico atribuiu um erro em termos de medições geométricas precisas, pois no processo de georreferenciamento da imagem temos um erro médio quadrático de um pixel, significando que a área medida tem uma margem de erro mínima de 30 metros. Outro fator intrínseco ao tamanho do pixel é a resposta espectral em zonas de transição entre dois alvos distintos fisicamente, tais como, a região onde termina a área alagada e inicia a terra firme. Ou seja, se um pixel com 30m de largura fica sobre esta zona de transição, acarreta numa resposta espectral confusa, o que dificulta a delimitação da área alagada na imagem.

Porém, tais limitações técnicas não prejudicam a metodologia utilizada, pois ainda será possível obter melhores resultados utilizando imagens de satélites ou fotografias aéreas com melhores resoluções espaciais e resultados bem mais precisos, com uma margem de erro da ordem dos centímetros.

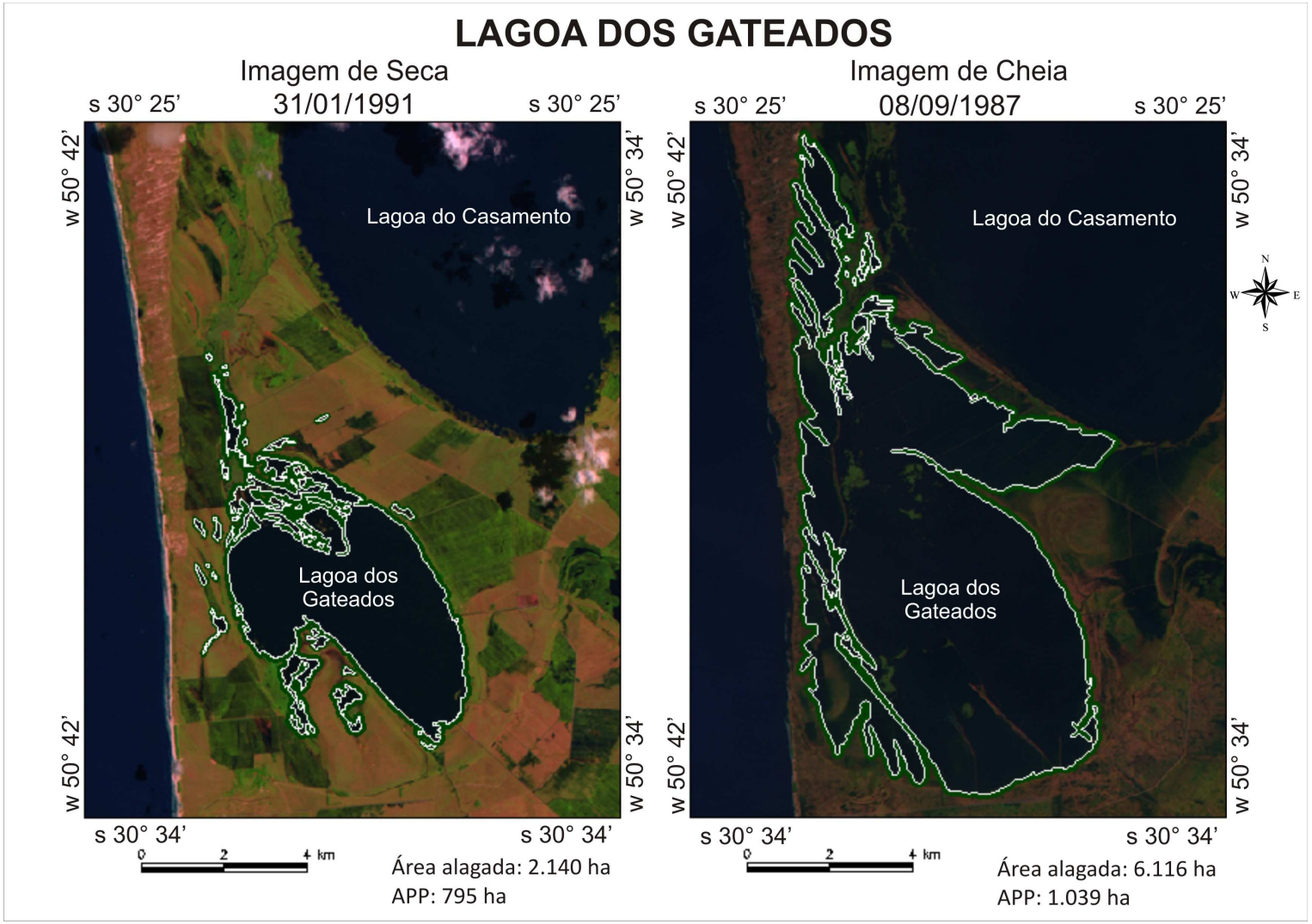


Figura 8. Situações de menor e maior área alagada, identificadas dentre a série histórica de imagens Landsat 5, representando situações de seca e cheia sazonal na Lagoa dos Gateados, Mostardas-RS. Composição de bandas 543 – RGB. Delimitação da área alagada e simulação da demarcação das Áreas de Preservação Permanente.

A Figura 8 evidencia a diferença entre a área alagada de uma imagem adquirida no período de seca e de uma imagem adquirida no período de cheia. **Foi obtida uma diferença de aproximadamente 3.976 hectares a mais em área alagada no período de cheia.** Enquanto que, relativamente às **APPs, a diferença entre as duas imagens foi de 244 hectares.** Ao somar-se a área alagada com as APPs o valor aumenta para 4.220 hectares, o que representa uma diferença muito significante. **Esse resultado corrobora a importância da demarcação das APPs quando o corpo hídrico se encontra em cota máxima sazonal, principalmente para ambientes lacustres localizados em planícies costeiras.**

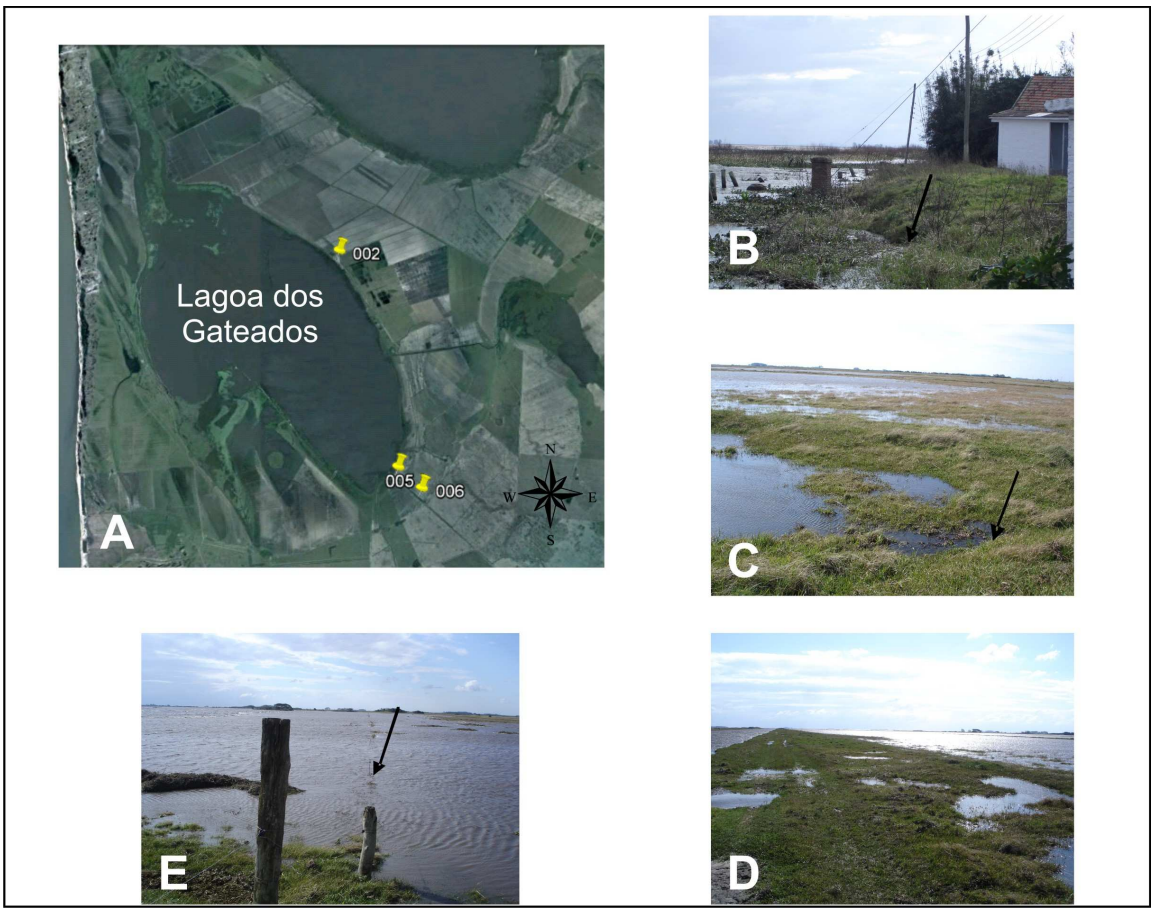


Figura 9. Localização dos pontos obtidos com GPS na saída de campo na Lagoa dos Gateados (A); limites da área de alague, ponto 002 (B) e ponto 006 (C); vista da taipa do canal utilizado para irrigação das lavoras de arroz; e cerca elétrica que delimita a APP da lagoa, ponto 005 (E).

Na figura 9 observa-se a situação de alague encontrada na saída de campo realizada no dia 03 de agosto de 2010. Na figura 9A encontra-se a localização dos pontos visitados na Lagoa dos Gateados, na figura 9B e 9C tem-se o registro

fotográfico dos limites da área alagada nos pontos 002 e 006 respectivamente. A figura 9D demonstra a vista do dique que separa o canal de irrigação da Lagoa dos Gateados e na figura 9E observa-se a cerca elétrica que limita a APP, parcialmente submersa pela água da lagoa.

A saída de campo foi fundamental para o reconhecimento da área de estudo e também para verificar a situação atual da demarcação das APPs. Contatou-se que situação observada no campo não condiz com o que preconiza a Resolução 303 do CONAMA, onde a APP deveria ter sido demarcada a partir da cota máxima da lagoa, observa-se claramente isto na figura 9E, onde as cercas limites da APP estão parcialmente submersas.

Os resultados alcançados até o momento demonstraram as situações de cota máxima sazonal (imagens de cheia) e cota mínima sazonal (imagens de seca), para a área piloto (a Lagoa dos Gateados, município de Mostardas, RS), possibilitando a simulação da demarcação das APPs para as respectivas condições. Estes resultados atingiram as expectativas do plano de trabalho, fortalecendo a metodologia proposta, como uma boa alternativa para demarcação de APPs e seus processos de monitoramento e fiscalização.

Paralelamente à elaboração deste estudo foram discutidos e apresentados pela Câmara Federal projetos para alteração da Lei Federal nº 4.771/1965, do Código Florestal. O Projeto de Lei nº 30 de 2011, aprovado pela Câmara, foi encaminhado ao Senado Nacional onde, após alterações e emendas, foi aprovado e devolvido para nova tramitação na Câmara dos Deputados, onde está atualmente. Este projeto de lei, ressalte-se bastante polêmico, estabelece, em seu artigo 3º, que as faixas marginais de APPs sejam demarcadas a partir da borda da calha do **leito regular** dos cursos d'água. Sendo definido como leito regular, a calha por onde correm regularmente as águas do curso d'água durante o ano. Dessa forma e na possibilidade do PL 30/2011 vir a ser sancionado pela Presidência da República, o conhecimento dessa condição de **leito regular** será importante para o cumprimento da legislação. Recomenda-se, então, como necessário um estudo complementar para determinar situações de cotas de superfície d'água, em condições normais de pluviosidade, visando delimitar as áreas alagadas e suas respectivas APPs naquelas situações em que a lagoa esteja em seu leito regular.

Dentro deste contexto, um ajuste na metodologia proposta até o momento será necessário, visando também o atendimento às disposições previstas no PL n°30 de 2011. Tais ajustes ainda não contemplados até este momento, espera-se sejam desenvolvidos até o final deste projeto, com a participação de novo aluno bolsista integrante.

4 CONCLUSÕES

Os resultados demonstram que o método presentemente desenvolvido, com a finalidade de determinar o momento de cota máxima do nível da água de lagoas, através de medições de sua área alagada em imagens de satélite, usando técnicas de sensoriamento remoto apoiadas em registros climáticos históricos, é eficiente e aplicável para a Lagoa dos Gateados. A partir disso, sugere-se a utilização desta metodologia em outras lagoas, localizadas em regiões com topografias planas e solos similares aos da Planície Costeira do Rio Grande do Sul.

O método poderá tornar-se mais preciso, com imagens que tenham maior resolução espacial, proporcionando uma substancial redução do erro nas medições de APPs, em torno da ordem de centímetros.

A utilização da presente metodologia na demarcação de APPs de corpos lagunares poderá representar a preservação de áreas marginais significativamente maiores do que as resultantes de outros métodos que não consideram o momento de cota máxima da lagoa. Esse ganho na correta demarcação das APPs, em cumprimento à legislação, será fundamental para a conservação destes valiosos, sabidamente vulneráveis e abundantes ecossistemas.

Espera-se que a metodologia possa ser ainda mais refinada e posteriormente testada para outras lagoas da Planície Costeira, sendo então incorporada pelos órgãos ambientais, auxiliando-os na fiscalização, no monitoramento e na gestão ambiental de APPs em lagoas da Planície Costeira do Rio Grande do Sul. Nesse sentido, em consonância ao legalmente disposto sobre os instrumentos de gestão ambiental e dentro do contexto dos objetivos do atual Projeto RS Biodiversidade (Decreto Estadual nº 43.487, de 8 de dezembro de 2004), espera-se que a metodologia aqui desenvolvida possa ser aplicada na elaboração do zoneamento

ecológico-econômico do Litoral Médio, bem como das demais regiões da Planície Costeira do Estado.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq), pela concessão da bolsa de iniciação científica (PIBIC/FEPAM) ao aluno bolsista André Luis Domingues. Ao Prof. Dr. Galileo Adeli Buriol e ao Dr. Flávio Wachholz valiosas sugestões e auxílio técnico. Ao INMET-RS pelas informações sobre localização e implantação das estações de meteorologia. Aos servidores da Biblioteca, do Serviço de Licenciamento de Irrigantes, do Serviço de GEOFEPAM e do Serviço de Transportes da FEPAM pelo apoio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Decreto nº 6.263, de 21 de novembro de 2007. **Comitê Interministerial Sobre Mudança do Clima.** Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/smcq_climaticas/_publicacao/141_publicacao07122009030757.pdf> Acesso em: 20 de junho de 2010.

BRASIL. Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente nº 303/2002, de 20 de março de 2002. **Ministério de Meio Ambiente.** Disponível em: <http://www.mma.gov.br/conama/> Acesso em: 15 de março de 2012.

BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 19 jul. 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil/Leis/ > Acesso em: 14 julho de 2010.

BRASIL. Parecer Nº 1.358, de 2011. **Redação final do Substitutivo do Senado ao Projeto de Lei da Câmara nº 30, de 2011 (nº 1.876, de 1999, na Casa de origem)**. Disponível em:

<http://www.senado.gov.br/atividade/materia/getPDF.asp?t=100772&tp=1> Acesso em: 14 de abril de 2012.

BRASIL. Lei nº 7.803, de 18 de julho de 1989. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 jul. 1989. Disponível em:
< http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=557 > Acesso em: 23 abril de 2012.

BRASIL. Lei nº 7.511, de 7 de julho de 1986. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 7 jul. 1986. Disponível em:
<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=557 > Acesso em: 23 abril de 2012.

CORREA e SILVA, R. C., MARTINS, A. K. E. O uso de imagens CBERS-2 para quantificar e qualificar áreas degradadas no Projeto Rio Formoso no município de Formoso do Araguaia – TO. **Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 1083-1089. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/cbers/cbers_XIISBSR/421_INIC_Artigo3.pdf> Acesso em: 20 julho 2010.

DECONTE, J.G. **Aquecimento Global e a nova Geografia da Produção Agrícola no Brasil.** EMBRAPA, agosto 2008. Disponível em <http://www.embrapa.br/publicacoes/tecnico/aquecimentoglobal.pdf> Acesso em: 20 julho 2010.

DIEGUES, A.C; ROSMAN, P.C.C. **Caracterização dos Ativos Ambientais em Áreas Selecionadas da Zona Costeira Brasileira.** Ministério do Meio Ambiente - MMA, Programa Nacional do Meio Ambiente - PNMA. Brasília, 1998.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO RIO GRANDE DO SUL (FEPAM). **Relatório Final Relatório do Plano Ar, Clima e Energia, uma estratégia territorial integrada.** 2011. Disponível em:

<http://www.fepam.rs.gov.br/Documentos_e_PDFs/RELATORIO_PACE_FINAL.pdf>. Acesso em: 23 de abril de 2012.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO RIO GRANDE DO SUL (FEPAM). **Diagnóstico da Situação e Ações Prioritárias Para a Conservação da Zona Costeira da Região Sul - Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** PRONABIO**,** Porto alegre, 1999.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **A produção brasileira de cereais, leguminosas e oleaginosa de 2006**, 2006. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pamclo/2002_2006/comentario.pdf>. Acesso em: 21 junho 2010.

INSTITUTO RIO GRANDE DO ARROZ (IRGA). **Relatório final de colheita do arroz irrigado no Rio Grande do Sul – Áreas e Produções Municipais** – Safra 2009/2010 <http://www.irga.rs.gov.br/> Acesso em: 21 junho de 2010.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). 2007. **Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Working Group II Report**. Disponível em:< http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg2.htm> Acesso em: 21 junho de 2010.

LACHOWSKI, H. M. et al. Remote Sensing and GIS: their role in ecosystem management. **Journal of Forestry**, v. 92, n. 8, p. 39-40, 1994.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). 2005. **An Introductory Landsat Tutorial.**
Disponível em: <http://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/tutorial/Landsat%20Tutorial-1.html> Acesso em 29 de março de 2012.

OLIVER, C. D. A landscape approach: achieving and maintaining biodiversity and economic productivity. **Journal of Forestry**, v. 90, n. 9, p. 20-25. 1992.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MOSTARDAS/RS. **Plano Ambiental Municipal de Mostardas,** 2010.

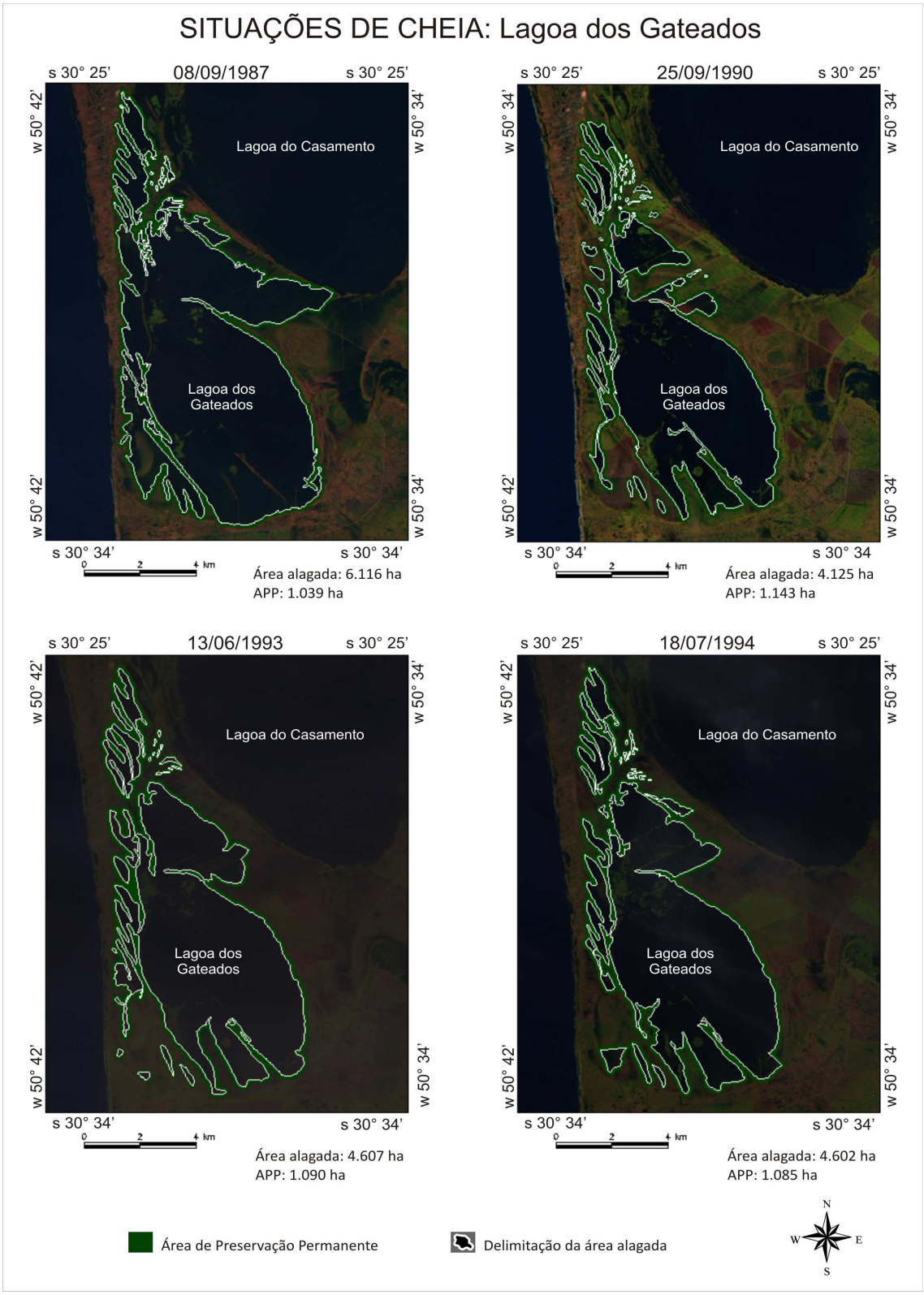
RIO GRANDE DO SUL. Lei n.º 13.594, de 30 de dezembro de 2010. **Assembleia Legislativa do Estado do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, RS, 31 dez. 2010. Disponível em: <http://www.al.rs.gov.br/Legis/Arquivos/13.594.pdf>. Acesso em: 23 de abril de 2012.

SAUSEN, T. M. SELPER populariza imagens de satélite. **Info GEO Revista de Análise Geográfica**, Curitiba, n. 41, ano 8, p. 30-32, 2006.

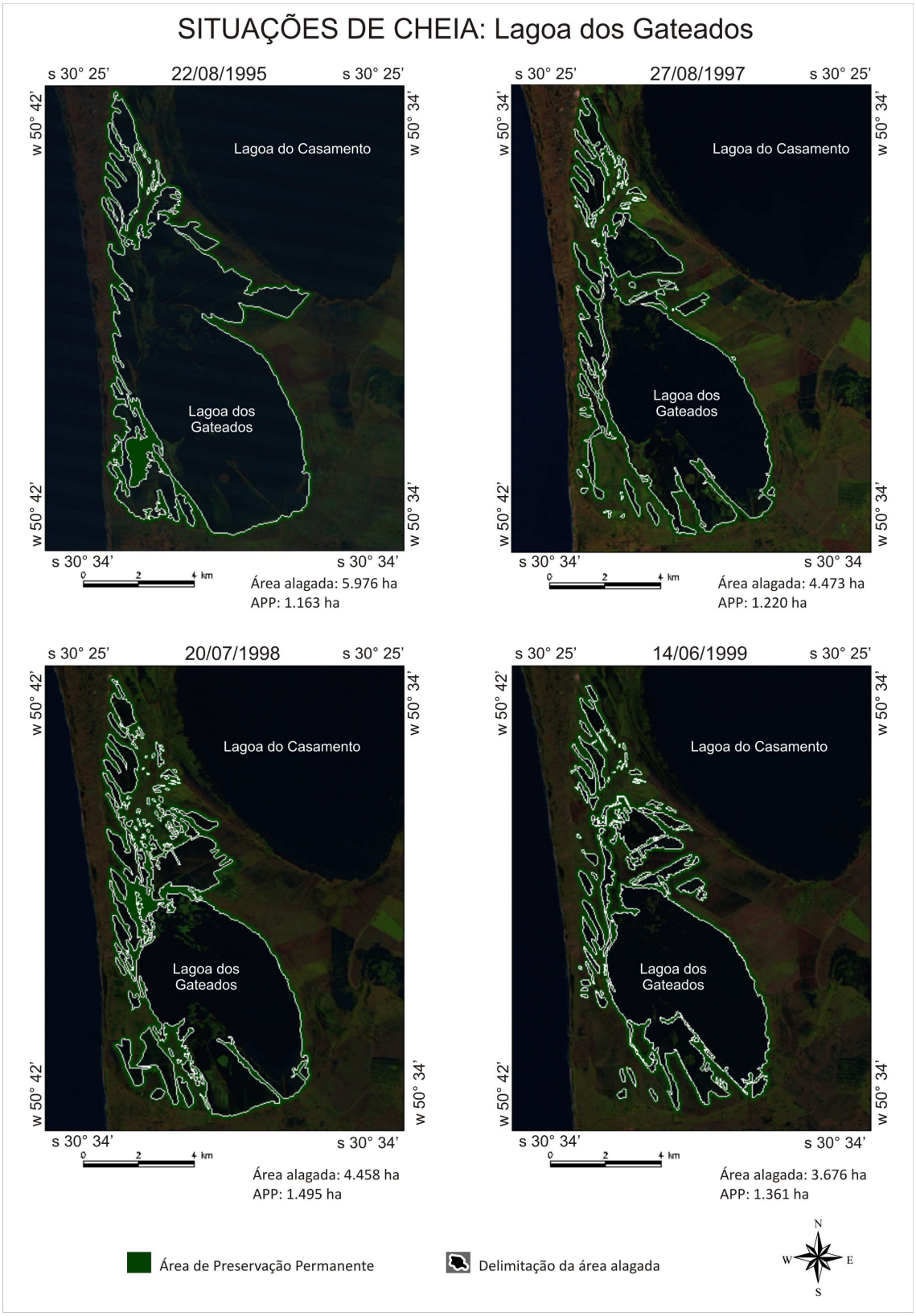
SECRETARIA DE COORDENAÇÃO E PLANEJAMENTO. Plano Integrado para o desenvolvimento do Litoral Norte do Rio Grande do Sul, adequação e uso do solo, Zoneamento Agroclimático. Porto Alegre: Editora Meridional EMMA, 1978.

TRENTIN, R; ROBAINA, L. E. de S. Definição de Unidades Geoambientais na Bacia Hidrográfica do Rio Itu – Oeste do RS. **Dissertação de Mestrado**. UFSM. Santa Maria, 2007.

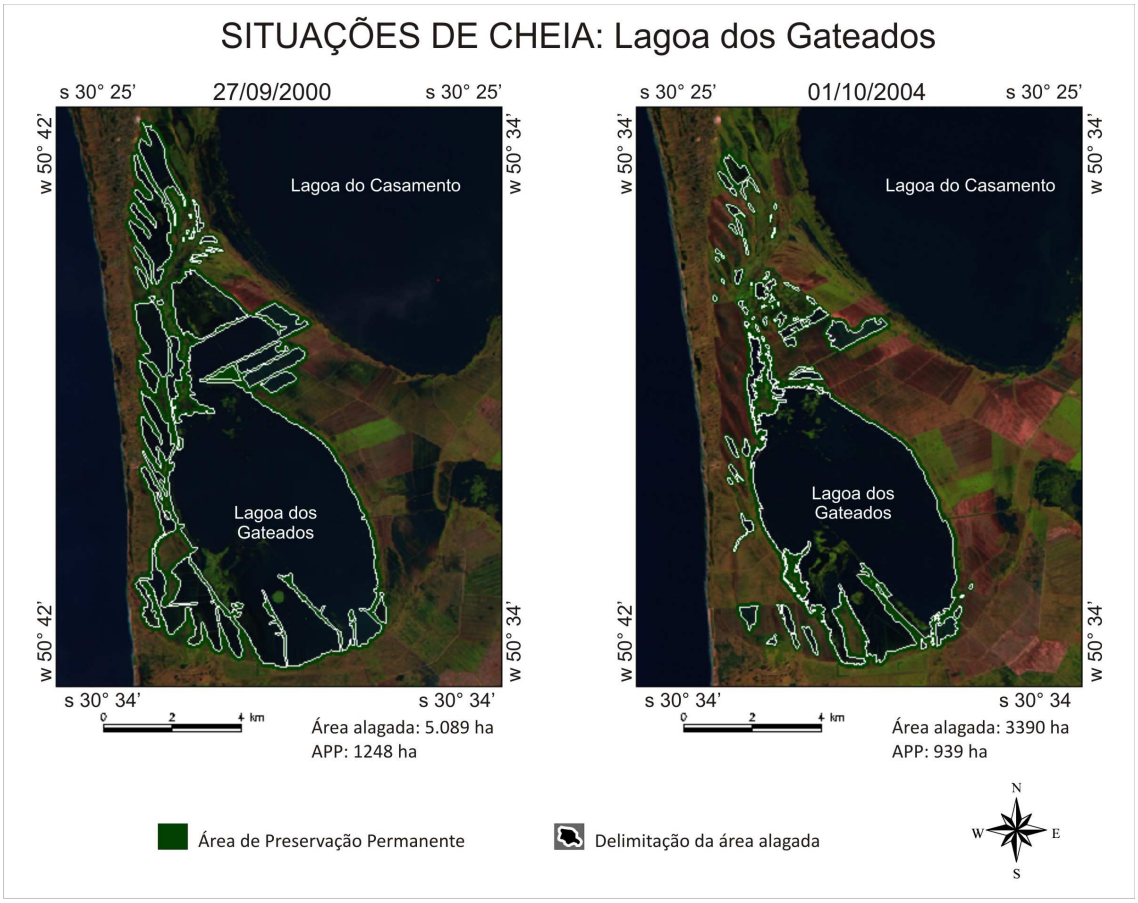
ANEXOS - Delimitação da lagoa e de APPs



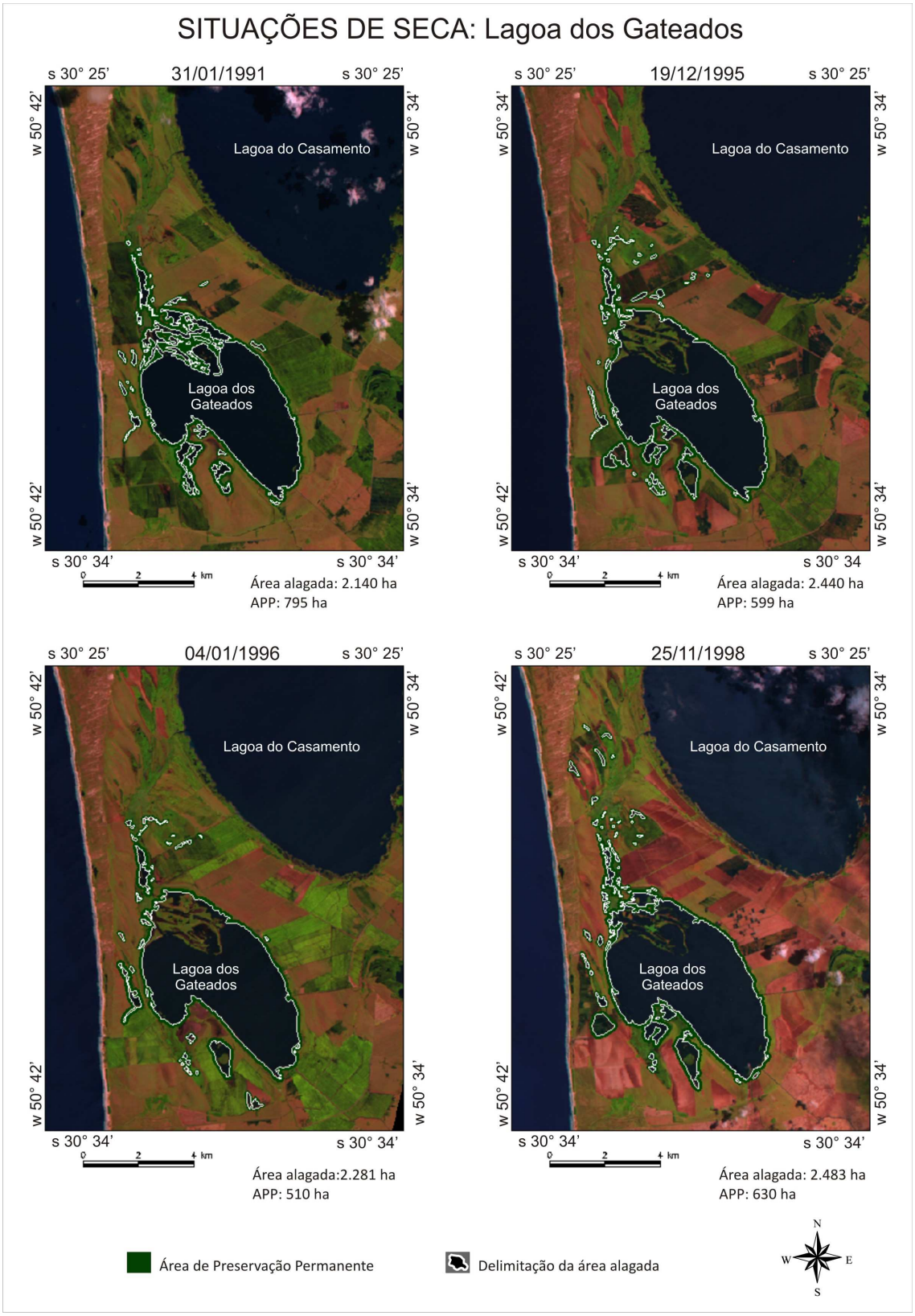
Anexo 1. Situações de cheia sazonal na Lagoa dos Gateados representada nas Imagens *Landsat 5*, composição de bandas 543 – RGB. Delimitação da área alagada e simulação da demarcação das Áreas de Preservação Permanente.



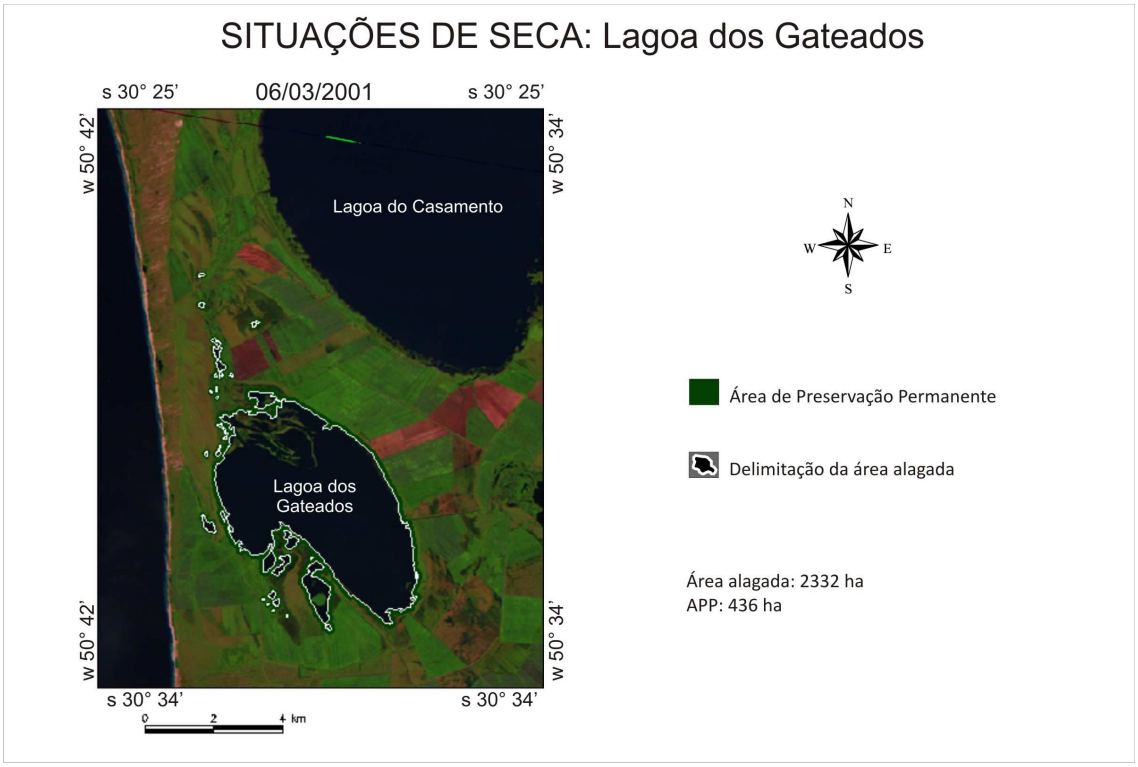
Anexo 2. Situações de cheia sazonal na Lagoa dos Gateados, Mostardas-RS, representada nas Imagens *Landsat 5*, composição de bandas 543 – RGB. Delimitação da área alagada e simulação da demarcação das Áreas de Preservação Permanente.



Anexo 3. Situações de cheia sazonal na Lagoa dos Gateados, Mostardas-RS, representada nas Imagens *Landsat 5*, composição de bandas 543 – RGB. Delimitação da área alagada e simulação da demarcação das Áreas de Preservação Permanente.



Anexo 4. Situações de seca sazonal na Lagoa dos Gateados representada nas Imagens *Landsat 5*, composição de bandas 543 – RGB. Delimitação da área alagada e simulação da demarcação das Áreas de Preservação Permanente.



Anexo 5. Situações de seca sazonal na Lagoa dos Gateados representada nas Imagens *Landsat 5*, composição de bandas 543 – RGB. Delimitação da área alagada e simulação da demarcação das Áreas de Preservação Permanente.