

**Instrumentação por sensoriamento remoto para fiscalização de áreas de preservação permanente (APP) do cadastro ambiental rural (CAR) na área de preservação ambiental (APA) do Banhado Grande**

Pâmela Caroline Barros Fernandes  
Luis Fernando Chimelo Ruiz  
Pietra Krüger Bellin  
Laurindo Antonio Guasselli

Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS  
Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia  
Av. Bento Gonçalves, 9500 / Prédio 44202 Bairro Agronomia 91501-970 Porto Alegre RS -  
Agronomia, Porto Alegre - RS, 90501-970 – Brasil.  
pamcbf@gmail.com; ruiz.ch@gmail.com; pietrakbellin@gmail.com; laurindo.guasselli@ufrgs.br

**Resumo.** A Área de Proteção Ambiental (APA) do Banhado Grande constitui uma das áreas úmidas mais importantes do Estado do Rio Grande do Sul. A aprovação do Novo Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651/12) elucida novas disposições e adequações em relação às Áreas de Preservação Permanente (APPs) em imóveis rurais. O estudo usará métodos de sensoriamento remoto para obter uma classificação de uso e cobertura da terra a fim de encontrar inconsistências em áreas demarcadas como APPs pelos proprietários do Cadastro Ambiental Rural na APA do Banhado Grande. A área de estudo compreende 33% da APA do Banhado Grande localizada no limite municipal de Santo Antônio da Patrulha. Utilizou-se imagens sensor Multispectral Instrument (MSI), satélite Sentinel 2A, com resolução de 10 m e Radar de Abertura Sintética (RAS). A partir de uma segmentação efetuada com o método crescimento de regiões disponível no Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) se gerou uma classificação baseada em: Água, Mata Nativa, Silvicultura, Campo, Solo exposto, Agricultura e Banhado. Com a validação dos dados foram determinadas as inconsistências de acordo com o módulo fiscal dos imóveis rurais. Áreas menores que um módulo fiscal apresentaram um total de áreas de Campo e Mata Nativa de 74%, enquanto imóveis com áreas superiores a quatro módulos fiscais apresentaram somente 34% dessas. A devida tomada de decisão deve ser feita a campo. Logo, encontrar as inconsistências restringe os locais de fiscalização.

**Palavras-chave:** Área de Preservação Permanente, Cadastro Ambiental Rural, sensoriamento remoto, classificação da terra.

**Abstract.** The Banhado Grande Environmental Protection Area (EPA) is one of the most important wetlands in the Rio Grande do Sul State. The New Brazilian Forest Code (Law nº. 12.651/12) approval elucidates new provisions and adaptations in relation to the Areas of Permanent Preservation (APPs) in rural properties. This study used remote sensing methods to obtain a land use and land cover classification to find inconsistencies in areas marked as APPs by Rural Environmental Cadastre (CAR). The study area comprises 33% of the Banhado Grande (EPA) and is located in the Santo Antônio da Patrulha city. Multispectral Instrument (MSI) sensor images and Sentinel 2A satellite, with 10 m resolution and Synthetic Aperture Radar (SAR) were used. A segmentation was made using the region growth method available in the software SPRING developed by the Brazilian National Institute for Space Research (INPE). The classes identified were: Water, Native forest, Forestry, Field, Exposed soil, Agriculture, and Marsh. The inconsistencies were determined according to the rural properties fiscal module. Areas smaller than one fiscal module had a total of 74.6% of Field and Native forest areas, while farms with areas greater than four fiscal modules presented only 34.1% of these classes. The proper decision-making must be made by fieldwork; however, this study identified the most important areas to be checked.

**Keywords:** Permanent Preservation Area, Rural Environmental Cadastre, remote sensing, land classification.

## 1. Introdução

A Área de Proteção Ambiental (APA) do Banhado Grande (APABG) é uma extensa área territorial que abrange os municípios de Santo Antônio da Patrulha, Glorinha, Viamão e Gravataí no estado do Rio Grande do Sul. De acordo com o Sistema Nacional de Unidades de Conservação, a APABG é uma unidade de conservação que se insere no grupo de “Uso Sustentável” e tem como objetivo compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais.

A APABG está inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí (BHRG) e compreende um conjunto de banhados formadores, o Banhado do Chico Lomã, Banhado dos Pachecos e Banhado Grande. De acordo com Guasselli *et al.* (2018) a configuração geomorfológica e hidrográfica faz com que as áreas úmidas da BHRG se transformem em bacias de acumulação de água, perante as baixas cotas altimétricas registradas nestes ambientes, dificultando o escoamento superficial e contribuindo para a grande quantidade de umidade presente nas áreas de banhado. Para Martini (2006) as áreas úmidas geram um macrossistema formado por um complexo mosaico de áreas alagáveis, vegetação nativa e áreas antropizadas.

Atualmente as áreas úmidas estão sujeitas aos mais variados tipos de ações antrópicas, na área úmida do Banhado Grande a agricultura é um dos principais fatores, enquanto no Pantanal, maior área úmida do mundo, é a pecuária extensiva. Segundo Moraes (2008) a ocupação rápida e desordenada no uso e cobertura da terra tem provocado profundas transformações regionais. Logo, a divergência entre a necessidade de aumento da produção agropecuária e a conservação dos recursos gerou a revisão do código florestal brasileiro que rege a conservação ambiental em propriedades privadas.

A aprovação do Novo Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651/12) elucida novas disposições e adequações em relação às Áreas de Preservação Permanente (APPs) em imóveis rurais. Uma das formas de proteger e monitorar essas áreas referenciadas baseia-se no programa intitulado de Cadastro Ambiental Rural (CAR). O art. 29 da Lei nº 12.651 (2012) dispõe este programa de um registro auto declaratório, eletrônico, público, de âmbito nacional, obrigatório para todos os imóveis rurais, que visa integrar as informações ambientais das propriedades e posse rurais, constituindo base de dados para controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico e combate ao desmatamento. Constitui de uma importante ferramenta para a gestão do uso do solo, cuja inscrição se tornou obrigatória a todos os proprietários rurais e, perante o Decreto nº 9.395, deve ser realizada até 31 de dezembro de 2018. Conforme Bueno (2012) este cadastro é um registro público no qual

há a inscrição da propriedade com identificação e delimitação do perímetro, com coordenadas geográficas, assim como de todos os espaços de proteção no interior do imóvel, especialmente as Áreas de Preservação Permanente (APP) e Reserva Legal (RL) por meio de imagens de satélite.

Atualmente, há uma maior oferta de imagens de satélite gratuitas em diferentes resoluções espaciais, espectrais e temporais. Para Souza *et al.* (2014) a integração dessas imagens de multisensores e de multiresoluções propicia o mapeamento mais detalhado da cobertura e do uso da terra. Para Shultz *et al.* (2016) a Análise de Imagens Baseada em Objetos Geográficos (GEOBIA - *Geographic Object-Based Image Analysis*) tem facilitado essa integração, uma vez que, a unidade de processamento básica é o objeto geográfico formado pela segmentação, facilitando assim, a amostragem de imagens com multiresoluções.

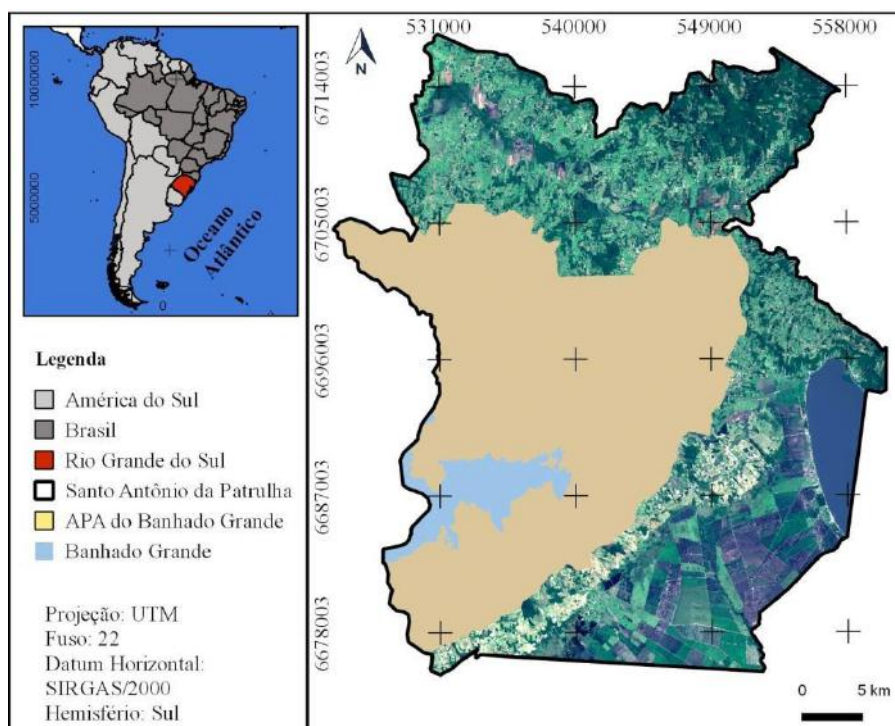
## 2. Objetivo

Através de métodos de sensoriamento remoto obter uma classificação para uso e cobertura da terra a fim de encontrar inconsistências em áreas demarcadas como APPs pelos proprietários do CAR na APA do Banhado Grande, identificando os locais de fiscalização.

## 3. Material e Métodos

### 3.1 Área de estudo

A área de estudo foi escolhida devido à abrangência de dados do CAR, bem como a proximidade a um dos banhados formadores APABG. Esta área restringe-se a 33% da APABG localizada no município de Santo Antônio da Patrulha, onde se encontra inserido parte do Banhado Grande (**Figura 1**). Neste município a rizicultura é uma das principais fontes agrícolas, sendo cultivada em escala extensiva nas várzeas, com proximidades ao Banhado Grande. Esta metodologia pode ser aplicada a qualquer área de estudo que apresente imóveis no CAR com atividades voltadas à agropecuária, por exemplo, no Pantanal.



**Figura 1** - Localização da área de estudo.

### 3.2 Aquisição e correção das imagens

A aquisição das imagens foi extraída através das 13 bandas do sensor *Multispectral Instrument* (MSI), do satélite Sentinel 2A, obtidas no dia 10/12/2016. A imagem foi adquirida no nível 1C de pré-processamento e processada para o nível 2A utilizando a ferramenta Sen2Cor da Plataforma de Aplicação do Sentinel (*Sentinel Application Platform* – SNAP). Também foi utilizada uma imagem de Radar de Abertura Sintética (RAS) da banda C do dia 20/12/2016, produto *Ground Range Detected* (GRD) do satélite Sentinel 1, com pré-processamento de nível 1 nas polarizações HH e VH. A imagem possui uma resolução espacial de 10 metros e temporal de 12 dias.

### 3.3 Segmentação

A segmentação da imagem Sentinel 2, utilizando as bandas ópticas com resolução espacial de 10 metros (B2, B3, B4 e B5), foi efetuada com o método crescimento de regiões disponível no Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Esse método de segmentação inicia rotulando cada pixel da imagem em uma região distinta, posteriormente, o critério de similaridade para cada par de regiões adjacente foi calculado. Para que as regiões sejam unidas, as similaridades entre elas devem ser menores que os limiares preestabelecidos e mutuamente próximas. A última etapa da segmentação é agrupar regiões com valores menores que o tamanho mínimo da região. Para este trabalho foram avaliados os valores de similaridade entre 5 a 100, variando 5, para o tamanho mínimo da região, entre 10 a 200, variando 10. As imagens ópticas e RAS foram amostradas por meio das segmentações, assim cada objeto geográfico das segmentações receberam os valores médios dessas imagens.

### 3.4 Classificação e validação

As segmentações foram classificadas por meio do método *Random Forest*, considerando valores de 5 até 30, variando 5, para os parâmetros número de árvores e profundidades. As amostras de treinamento foram geradas por meio de pontos regulares com equidistâncias de 1000 metros sobre toda a área de estudo, gerando um total de 395 pontos, abrangendo as classes de cobertura da terra: Água, Mata Nativa, Silvicultura, Campo, Solo exposto, Agricultura, Banhado. No Banhado Grande utilizou-se o limite fornecido pela Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul (FZB). As amostras de validação foram compostas a partir de 395 pontos aleatórios. As atribuições das classes de cobertura da terra para cada ponto, foram realizadas, por meio de uma imagem cor verdadeira do Sentinel 2 (R:B4-G:B3-B:B2), imagens do *Google Earth* e fotografias terrestres. As acurácias das classificações foram avaliadas considerando a Proporção Correta (PC), conforme Pontius (2011). A classificação mais acurada foi selecionada para avaliar o CAR. As classificações foram desenvolvidas com a biblioteca *SciKit – Learn*, e as validações foram calculadas pela biblioteca *Numpy*.

A classificação da cobertura e do uso da terra mais acurada foi obtida com similaridade igual 90, TMO igual a 40, profundidade igual a 45 e número de árvores igual a 25, resultando em um PC igual a 75,6%.

### 3.5 Determinações das inconsistências

As averbações das APPs para o município de Santo Antônio da Patrulha foram obtidas pelo Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR), assim como os imóveis rurais. O valor utilizado como referência para o módulo fiscal de acordo com o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) equivale a 18 hectares no município. O estudo

realizado não categorizou áreas rurais consolidadas anteriores a 22 de julho de 2008 e posteriores a essa data, englobando todos os imóveis a mesma condição legislativa.

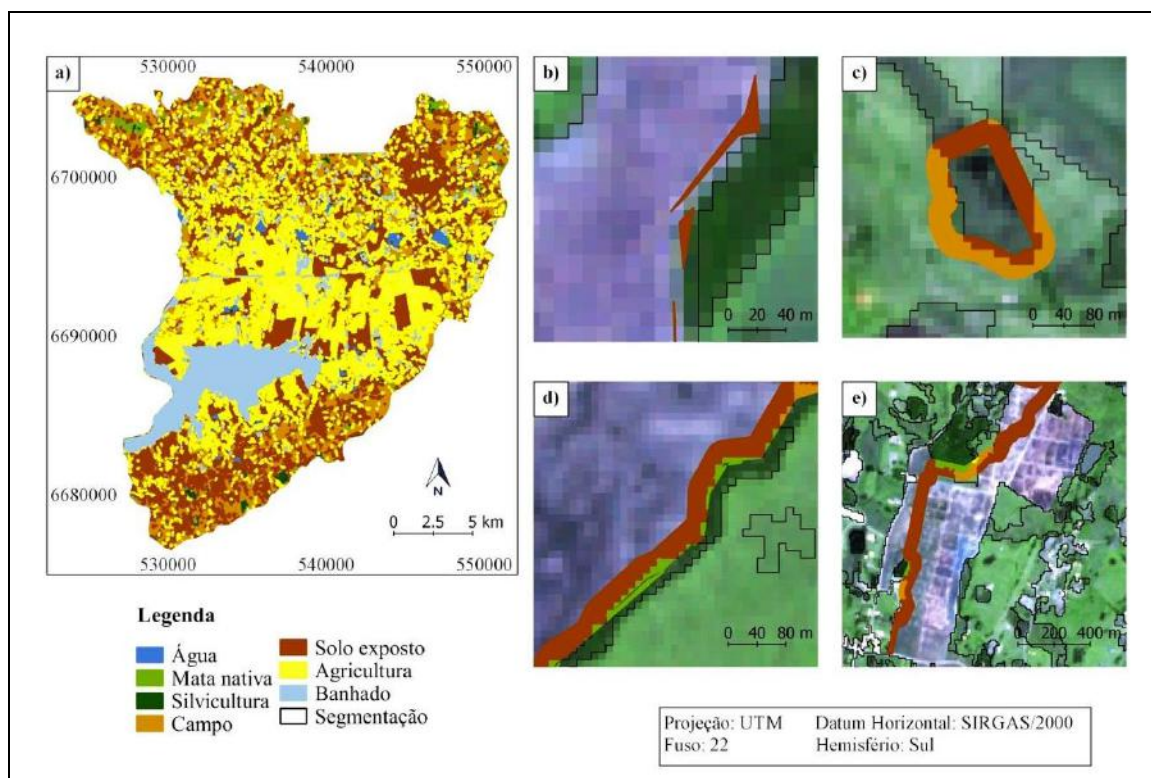
Deste modo, desenvolveu-se uma intersecção entre as APPs e os imóveis rurais utilizando como critério o módulo fiscal e suas respectivas faixas marginais de recomposição ao longo de cursos d'água naturais. São esses: imóveis com 1 módulo fiscal (5 metros); imóveis entre 1 e 2 módulos fiscais (8 metros); imóveis entre 2 e 4 módulos fiscais (15 metros); e imóveis superiores a 4 módulos fiscais (mínimo 20 metros e máximo 100 metros).

As inconsistências foram obtidas perante a sobreposição da classificação da cobertura e do uso da terra mais acurada e a sua intersecção. Para isso, foi utilizado o programa de Sistema de Informação Geográfica QGIS 3.

#### 4. Resultados e Discussão

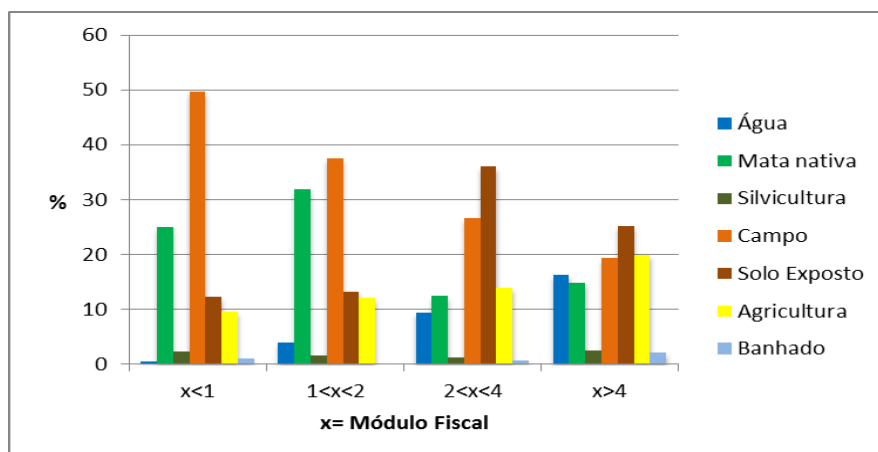
As inconsistências das APPs averbadas no CAR estão representadas na **Figura 2**, em que a **Figura 2a** apresenta o melhor caso da classificação da cobertura e do uso da terra e as demais às áreas de APPs averbadas pelo CAR de acordo com o módulo fiscal. Na **Figura 2b** está ilustrada a APP averbada em uma área menor que 1 módulo fiscal (18 ha), na qual observa-se que a APP averbada no CAR encontra-se na classificação de solo exposto. Essas inconsistências também podem ser verificadas na **Figura 2c**, representando áreas entre 1 e 2 módulos fiscais, uma vez que a APP averbada está situada na classe Solo Exposto e Campo. Para áreas entre 2 e 4 módulos fiscais, também foram verificadas inconsistências, **Figura 2d**, onde a APP averbada encontra-se sobre uma área de solo exposto, onde provavelmente existem atividades de agricultura. Na **Figura 2e**, áreas maiores que 4 módulos fiscais, observa-se que a APP envolve além das classes de solo exposto e campo encontradas anteriormente em propriedades menores, também as classes de agricultura e um pedaço de mata nativa.

Considerando a imagem de fundo na composição cor verdadeira, observa-se que a reflectância assemelha-se a um solo úmido exposto. Essa característica pode estar relacionada a atividades de agricultura. Também pode-se constatar a qualidade da classificação da cobertura e uso da terra por meio da GEOBIA, uma vez que foi possível discriminar as classes e localizar as suas inconsistências.



**Figura 2** - a) Classificação de uso e cobertura da terra. b) Área de APP em até 1 módulo fiscal. c) Área de APP entre 1 e 2 módulos fiscais. d) Área de APP entre 2 e 4 módulos fiscais. e) APP em áreas superiores a 4 módulos fiscais.

No **Gráfico 1** estão apresentadas as porcentagens das APPs contidas dentro das classes de cobertura e uso da terra, considerando os módulos fiscais propostos no CAR. Ao analisar as APPs averbadas em áreas menores que 1 módulo fiscal, identificou-se que dos 1889,73 ha, a maior parte foi classificada como Campo (49,59 %) e Mata nativa (25,02 %). Enquanto que as classes de Solo exposto e Agricultura representaram somadas 21,8% (412,03 ha). Os 67,7 ha restantes foram classificados como Silvicultura (2,19%), Água (0,47%) e Banhado (0,91%). Para APPs averbadas em áreas entre 1 e 2 módulos fiscais, o resultado é semelhante ao anterior, de um total de 921,1 ha as classes mais predominantes são as classes Campo (37,46%) e a Mata nativa (31,86 %). No entanto, para fazendas com 2 a 4 módulos fiscais, com total de 1682,55 ha, percebe-se um aumento das classes Solo exposto e Agricultura, e um decréscimo das classes Campo e Mata nativa. Esse comportamento também é identificado em áreas maiores que 4 módulos fiscais, equivalente a 4754,31 ha na área de estudo. Em fazendas deste porte as áreas de APP com as classes de solo exposto e agricultura aumentaram, totalizando 45,11% (2145,22 ha), e as classes Campo e Mata nativa diminuíram, para 34,17% (1624,72 ha).



**Gráfico 1:** Porcentagens de APPs contidas na classificação de uso e cobertura da terra desenvolvida.

Esses resultados possibilitam quantificar as inconsistências entre as APPs averbadas e a classificação da cobertura da terra, possibilitando o entendimento de que grande parte dos locais averbados como APP por pequenos proprietários estão em áreas de campo, logo, áreas destinadas à recuperação da mata nativa. Entretanto, as maiores propriedades apresentam maiores inconsistências cujas áreas são destinadas principalmente a atividades agrícolas.

Com o Novo Código Florestal propriedades com atividades de agropecuária e infraestrutura em APPs podem aderir ao Programa de Regularização Ambiental (PRA) onde o proprietário compromete-se com medidas de recuperação. Na qual, a recuperação ambiental de uma área pode ser destinada à outra, na extensão estabelecida pela Lei, conhecido como Regime de Manejo Florestal Sustentável. Assim como, o proprietário deve se adequar à lei num prazo máximo de 20 anos, sendo a recuperação de 10% da área a cada dois anos. Portanto, algumas das propriedades analisadas no estudo que apresentaram inconsistências das APPs averbadas no CAR podem estar passando por esse programa de regularização ambiental. Além disso, destaca-se que a Área de Proteção Ambiental (APA), não possui um plano de manejo para a gestão e controle dos empreendimentos sucedidos, o que dificulta o seu gerenciamento.

De acordo com Silvério (2013) o uso das ferramentas de sistema de informações geográficas proporciona uma avaliação para as tomadas de decisões e tornam-se mais precisas, eficientes e eficazes, otimizando tempo e recursos financeiros e ainda validam informações declaradas sobre a área de estudo. Embora, a devida tomada de decisão deva ser feita a campo, este trabalho teve como objetivo encontrar as inconsistências, e desta forma identificar os locais de fiscalização.

## 5. Conclusões

A partir de imagens de multisensores e ferramentas baseadas em Objetos Geográficos foi possível quantificar as inconsistências entre as APPs averbadas no CAR e a classificação de uso e cobertura da terra criada. Possibilitando a otimização de tempo e recursos financeiros e ainda validando as informações declaradas sobre as áreas de APP em diferentes módulos fiscais.

Portanto, propriedades menores apresentaram maiores áreas de mata nativa e de recuperação dessa localizadas em áreas de APP, enquanto a maioria dos locais averbados como APPs em grandes propriedades rurais estão sendo ocupados para fins agrícolas.



No entanto, a devida tomada de decisão deve ser feita a campo, este trabalho teve como objetivo propor uma metodologia para encontrar as inconsistências do que foi declarado no CAR como áreas de APP e identificadas utilizando imagens de satélite como outras classes de uso e cobertura da terra. Com os resultados aqui apresentados tomadores de decisão poderão identificar os principais locais de fiscalização.

## 6. Referências

- Brasil (Estado). Constituição (1998). Decreto nº 38.971, de 23 de outubro de 1998. **Cria A Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande, e Dá Outras Providências**. Porto Alegre, RS, 23 out. 1998.
- Brasil, Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, **institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências**. Brasília, DF, 18 jul. 2000.
- Brasil, Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa**; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, DF, 25 mai. 2012.
- Bueno, F. D. G.. **O Novo Código Florestal**: Entenda ponto a ponto, na análise do escritório CSMG. 2012. Disponível em: <<https://bit.ly/2K3WOOQ>>. Acesso em: 11 jun. 2018.
- Guasselli, L. A.; Belloli, T.; Simioni, J. P.; Etchelar, C. B. Brenner V. C. **Áreas úmidas: questões ambientais**. In: Guasselli, L. A (org.). Caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí. UFRGS/Programa de Pós Graduação em Geografia, 2018. pg. 113 - 138.
- Martini, P. R. **Áreas úmidas da América do Sul registradas em imagens de satélites**. Geotecnologia no Pantanal. Campo Grande, Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 876-882. 2006
- Moraes, A. S. **Pecuária e conservação do Pantanal: análise econômica de alternativas sustentáveis – o dilema entre benefícios privados e sociais**. 2008. 265 f. Tese (Doutorado em Economia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008.
- Pontius, R. G. J., and M. Millones. 2011. **Death to Kappa: Birth of Quantity Disagreement and Allocation Disagreement for Accuracy Assessment**. International Journal of Remote Sensing 32 (15): 4407 – 4429. doi:10.1080/01431161.2011.552923
- SEMA. Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande**. disponível em: <<http://www.sema.rs.gov.br/area-de-protecao-ambiental-do-banhado-grande>> acesso em 23 de jun. 2018.
- Silvério, P. C. **A importância do sistema de informações georreferenciadas para avaliação de riscos econômicos e ambientais em propriedades rurais. Estudo de caso Fazenda Perdizes – Porto dos Gaúchos/MT**. 2013. 32 f. Monografia (Especialização) - Curso de Informações Espaciais Georreferenciadas, Unisinos, São Leopoldo, 2013. Disponível em: < <https://bit.ly/2OsiVln> >. Acesso em: 22 mai. 2018.
- Sousa, S. B.; Ferreira, L. G. **Mapeamento da cobertura e uso da terra: uma abordagem utilizando dados de sensoriamento remoto óptico multitemporais e provenientes de múltiplas plataformas**. Revista Brasileira de Cartografia v. 66, n. 2, p. 321-336, 2014.
- Schultz, B.; Formaggio, A. R.; Eberhardt, I. D. R.; Sanches, I. D. A.; Oliveira, J. C.; Luiz A. J. B. **Classificação orientada a objetos em imagens multitemporais Landsat aplicada na identificação de cana-de-açúcar e soja**. Revista Brasileira de Cartografia, v. 68, n. 1, p. 131-143, 2016.