

## Impacto da construção de uma usina hidrelétrica no uso e cobertura da terra: estudo da bacia Lajeado Bonito-RS

Impact of the construction of a hydroelectric power plant on the land cover and use: study of the basin Lajeado Bonito - RS

Juliana Tramontina, Fábio Marcelo Breunig

Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, RS, Brazil

### Resumo

*Esse trabalho visa analisar o impacto da construção de uma usina hidrelétrica sobre o uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica Lajeado Bonito - RS. O trabalho avalia a evolução temporal do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica para o período anterior e posterior a instalação da Usina Hidrelétrica Foz do Chapecó (2009 a 2010). Para análise temporal, foram interpretadas duas imagens, uma imagem orbital da Câmera de Alta Resolução– HRC, a bordo do satélite CBERS-2B, para a data de 29/12/2009. E uma imagem de alta resolução obtida do aplicativo Google Earth, para a data de 26/12/2010. Os mapas de uso e cobertura da terra foram gerados através da edição vetorial do programa SPRING. Constatou-se que o grupo de uso da terra predominante na área é voltado para fins de agricultura e pecuária, incluindo o solo exposto. Em 2009 esse grupo correspondeu a 70,23% da área total, enquanto que em 2010 passou a representar 61,8%. Ao mesmo tempo, houve o aumento de áreas com cobertura florestal nativa, passando de 27,49% da área era coberta por florestas em 2009, para 31% em 2010. Os resultados mostraram que tanto no ano 2009 e quanto no de 2010, aproximadamente 49% das áreas de preservação permanente eram utilizadas inadequadamente.*

**Palavras-chave:** *Uso da terra, Análise temporal, Cobertura florestal, Geoprocessamento.*

### Abstract

*This work aims to analyze the impact of the construction of a hydroelectric power plant on land cover and use in Lajeado Bonito-RS watershed. The study evaluated the temporal evolution of land cover and use in the watershed for the period before and after to installation of hydroelectric plant Foz do Chapecó (2009 to 2010). For temporal analysis, two images were interpreted, one orbital image of High Resolution Camera (HRC) onboard of the CBERS-2B, acquired in December 29, 2009. And a high-resolution image obtained from Google Earth application, acquired at December 26, 2010. The land cover and use maps were generated by vector editing SPRING software. We found that the predominant land use related to agriculture and livestock, including bare soil. In 2009 this class accounted for 70.23% of the total area, while it come to represent 61.8% in 2010. At the same time, there was increase of areas with native forest cover, from 27.49% covered by forest in 2009, to 31% in 2010. The results showed that in both 2009 and 2010 years, approximately 49% of permanent preservation area were used inappropriately.*

**Keywords:** *Land use, Temporal analysis, Forest cover, Geoprocessing.*

## 1 Introdução

**E**m um processo evolutivo bastante acelerado, a participação do homem como agente dos processos de alterações da paisagem tem se dado principalmente pelas atividades do setor produtivo e pelas ações humanas diretamente desenvolvidas nas bacias hidrográficas. Esse é o caso de grandes empreendimentos, como a construção de Usinas Hidrelétricas, as quais causam impacto sobre o ecossistema em geral, provocando alterações hídricas na bacia hidrográfica, além de um número considerável de abandono de áreas sob sua influência, implicando assim na alteração na dinâmica de uso e cobertura da terra (SOUZA, 2004).

As alterações das paisagens ocasionadas por mudanças do uso e cobertura da terra interferem na dinâmica de populações vegetais e animais, e ampliam o desequilíbrio ocasionado pela relação homem-natureza (BOLZAN, 2006). A análise temporal do uso e ocupação da terra permite acompanhar a evolução dos padrões de organização do espaço geográfico, e ainda, identificar áreas com risco ambiental, crescimento urbano, expansão de atividades agrícolas, degradação de florestas, assoreamento, perda de recursos naturais, etc. (PÉRICO et al., 2006). Dessa forma, o estudo da evolução da paisagem é um importante passo para a avaliação da influência do homem no meio físico (OKA-FIORI et al., 2003).

Segundo Santos et al. (2010), há muitos exemplos da relação entre degradação ambiental e o uso e cobertura da terra, e muitas delas decorrentes da falta de planejamento ou do planejamento que não considera a fragilidade do ambiente. Por isso, deve-se considerar, em análises temporais de parâmetros hidrológicos de bacias hidrográficas, a influência do uso e ocupação do espaço físico.

Definida como a área de captação natural da água da chuva que proporciona escoamento superficial para o canal principal e seus tributários, em que seus limites superior e inferior, são delimitados pelo divisor topográfico e o exutório, respectivamente (LIMA, 2008; GROSSI, 2006; MAFFIA, 2011), uma bacia hidrográfica é considerada uma

unidade natural de estudo e de gerenciamento, com relevância nos processos fluviais e geomorfológicos. Essa relevância se dá devido à relação direta entre a qualidade da água e o manejo dos demais fatores presentes no ecossistema terrestre da bacia hidrográfica (VENTURIERI et al., 2005; CÂMARA, 2004).

Ponderando que as atividades humanas desenvolvidas e aplicadas podem, em diferentes escalas, impactar e desestabilizar o sistema natural da bacia hidrográfica. O acompanhamento e monitoramento dessas implicações tornam-se fundamentais uma vez que permitem o planejamento da compatibilização das atividades antrópicas com a conservação hídrica (VENTURIERI et al., 2005). Na avaliação de tal problemática, ferramentas de Geoprocessamento, Sensoriamento Remoto e os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), tornam-se importantes aliados para estudos de caracterização de alteração da paisagem de bacias hidrográficas (LANG et al., 2009).

Grossi (2006) afirma que o levantamento dos atributos espaciais de uma bacia, por meio de ferramentas do SIG, facilita a tomada de decisões sobre a readequação do manejo empregado na área. Afirma ainda, que o emprego de mapas temáticos para o monitoramento do manejo do solo e da água de uma bacia hidrográfica, promove a identificação dos impactos ambientais originados do manejo.

De acordo com Silva et al. (2011), o geoprocessamento, contribui para a caracterização da distribuição espacial da vegetação, permitindo diagnosticar a evolução e mostrar a real situação desse recurso nas áreas em estudo. Afirmam ainda, que as geotecnologias permitem o monitoramento e estimativa da expansão e intensidades das alterações provocadas pela ação antrópica.

Na tentativa de desenvolver meios mais eficazes e econômicos de observar a Terra, e com o intuito de implantar um sistema completo de sensoriamento remoto de nível internacional, em Julho de 1988 Brasil e China assinaram uma parceria envolvendo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e a Academia Chinesa de Tecnologia Espacial (CAST) para o desenvolvimento do Programa CBERS (China-Brazil Earth Resources Satellite, Satélite Sino-

Brasileiro de Recursos Terrestres), que visava o desenvolvimento de dois satélites (CBERS 1 e 2) (INPE, 2013a). A fim de dar continuidade ao programa de imageamento foi lançado o CBERS-2B em setembro de 2007, o qual pertence à primeira geração do CBERS e, portanto, é similar aos CBERS-1 e 2., diferenciando-se apenas pela substituição do imageador IRMSS (Infrared Multispectral Scanner) por uma Câmera Pancromática de Alta Resolução (HRC-High Resolution Camera) (INPE, 2013a).

A HRC opera numa única faixa espectral pancromática, que cobre o visível e parte do infravermelho próximo e produz imagens de uma faixa de visada de 27 km de largura com uma resolução espacial nominal de 2,7 m (INPE, 2013a). Essas características permitem importantes aplicações, entre elas, a atualização de cartas temáticas e outros tipos de cartas; geração de produtos para fins de planejamento local ou municipal; aplicações urbanas e de inteligência. Paralelamente a política de distribuição gratuita das imagens CBERS, produtos de alta resolução espacial gerados por diversos sensores têm sido amplamente difundidos através do aplicativo *Google Earth* © (Google Inc. 2014).

O *Google Earth* revoluciona no que diz respeito a disponibilização de produtos cartográficos gratuitos, uma vez que, fornece a toda comunidade a possibilidade de utilizar imagens de alta resolução para, dentre outras aplicações, estudos ambientais (OLIVEIRA et al, 2010). As imagens adquiridas no Google são produtos da *Digital Globe*, companhia responsável pelo fornecimento de imagens de satélites para serviços *Google Earth* e *Maps*. As imagens

disponibilizadas pela *Digital Globe* são provenientes de satélites como QuickBird, Ikonos, GeoEye-1, WorldView-1 e 2, mais recentemente o WorldView 3, entre outros, ambos com resolução submétricas (Digital Globe, 2015).

Combinando imagens de alta resolução do HRC – CBERS-2b e produtos do *Google Earth*, é possível, por meio de uma análise temporal, analisar as alterações sobre o uso e cobertura da terra. Dessa forma, esse trabalho visa analisar o impacto da construção de uma usina hidrelétrica sobre o uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica Lajeado Bonito - RS.

## 2 Metodologia

A microbacia em estudo está localizada no extremo norte do estado do Rio Grande do Sul, na microrregião do Médio Alto Uruguai, município de Alpestre (Figura 1). O clima de acordo com a classificação de Köppen é do tipo Cfa, com temperaturas médias do mês mais quente superiores a 22° C e no mês mais frio oscilando entre -3° C e 18° C, caracterizado por uma média de precipitação de 1.665 mm, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano (MORENO, 1961; SEMA-RS, 2005). Situada na Região Hidrográfica do Uruguai, está inserida na Bacia do Rio da Várzea. Possui extensão aproximada de 4561,5 ha, sendo que seu exutório está localizado na Latitude 27°11'24" Sul e Longitude 53°00'16" Oeste.

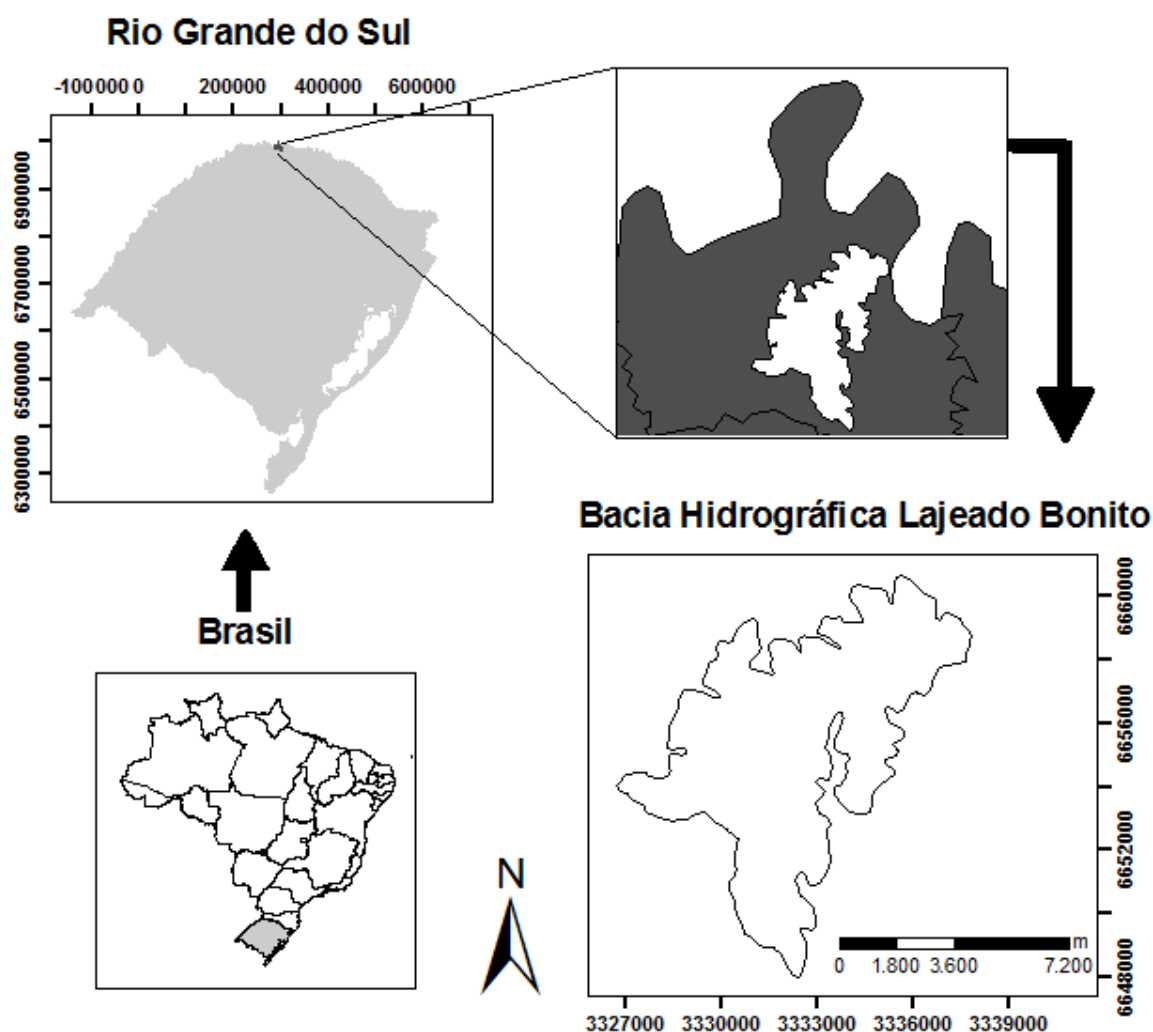


Figura 1 - Localização da área de estudo: Bacia Hidrográfica do Rio Lajeado Bonito, no norte do Rio Grande do Sul, Brasil.

A rede hidrográfica interna da bacia em estudo drena a totalidade do território para o Rio Uruguai. Os principais usos da água na bacia se destinam a dessedentação animal e ao abastecimento humano. A vegetação nativa da região é de Floresta Estacional Decidual (UHFC/PACUERA, 2009; SEMA/RS, 2005; UFSM, 2013). Inserida parcialmente no município de Alpestre-RS, a bacia é ocupada basicamente por áreas de cultivos agrícolas e pecuária.

A bacia hidrográfica está inserida na área de influência do reservatório da Hidrelétrica Foz do Chapecó. A Usina Hidrelétrica Foz do Chapecó foi implantada na região sul do Brasil, no Rio Uruguai, na divisa entre os municípios de Águas

de Chapecó no estado de Santa Catarina e de Alpestre no estado do Rio Grande do Sul (UHFC/PACUERA, 2009). Inaugurada em dezembro de 2010, a Usina Hidrelétrica Foz do Chapecó, encontra-se nas coordenadas 27° 08' 22,75" de latitude sul e 53° 02' 50,59" de longitude oeste.

Para a definição do limite da bacia hidrográfica foram utilizadas como base as cartas topográficas do Exército Brasileiro de 1973, com escala 1:50.000, denominadas Planalto (Folha SG. 22- Y- C- II-4) e Palmitos (Folha SG. 22- Y-C-II-2), as quais passaram pelo processo de registro e mosaico, observando um erro médio quadrático inferior a 1 (um pixel).

Já para a definição e digitalização da rede de drenagem foram utilizados, além das cartas topográficas, dados geomorfométricos da base reamostrada *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) do projeto TOPODATA (VALERIANO, 2008).

A análise temporal e o mapeamento de uso e ocupação da terra foram executados mediante a interpretação de duas imagens de alta resolução espacial: uma imagem orbital da Câmera Pancromática de Alta Resolução– HRC, a bordo do satélite CBERS-2B, para a data de 29/12/2009; e uma imagem de alta resolução disponibilizada pela DigitalGlobe, datada de 26/12/2010 no aplicativo Google Earth© (Google Inc., 2014). A imagem HRC do satélite CBERS- 2B foi adquirida do banco de imagem do INPE (INPE, 2013b).

A correção geométrica das imagens através da aplicação do ajuste polinomial (registro) foi realizada tendo como referência o mosaico das cartas Topográficas (Planalto e Palmitos) previamente registradas e o produto Geocover 2000. Para o registro, foram utilizados pelo menos 16 pontos de controle e um erro médio quadrático (RMSE) menor que 1 pixel. A projeção utilizada foi a *Universal Transversa de Mercator* (UTM), datum WGS-84.

A etapa de pré-processamento das imagens de satélites corresponde, além do registro, a geração das composições coloridas, alteração do contraste e formação de imagens sintéticas, com o objetivo de melhorar a qualidade visual para a extração de informações visualmente.

Os mapas de uso e cobertura da terra foram gerados com base na interpretação visual dos alvos. Os procedimentos para a elaboração cartográfica foram baseados na edição manual e digitalização, considerando um fator de digitalização e tolerância de 0,1 e 0,25, respectivamente.

Foram interpretadas e classificadas seis classes de uso da terra: floresta, agricultura e pecuária, solo exposto, açudes, benfeitorias e lago. A classe floresta inclui áreas com florestas nativas e plantadas; a classe agricultura e pecuária inclui áreas com plantios agrícolas e áreas de campo; já a classe solo exposto corresponde a áreas com solo sem cultivos implantados, também identificadas como áreas

de pouso; açudes corresponde às áreas com água na superfície; a classe benfeitorias inclui construções e instalações rurais e urbanas, e; a classe lago corresponde a área de alague da usina hidrelétrica Foz de Chapecó. As classes mapeadas foram definidas de acordo com a área de estudo, as quais são características da mesma.

O banco de dados e os processamentos foram formados no Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING), versão 5.2.3 (CÂMARA et al., 1996). A partir dos vetores (pontos, linhas e polígonos) obtidos no processo de classificação foram gerados dois mapas, que representam a dinâmica da alteração da paisagem referente ao uso e ocupação da terra para a microbacia do rio da Lajeado Bonito, no intervalo de tempo anterior a instalação da Usina Hidrelétrica Foz do Chapecó (2009), e o período posterior a inauguração (2010), em que a mesma se encontra em funcionamento.

A partir dos mapas de drenagens (rios, nascentes e reservatório da usina) foram calculadas/delimitadas as Áreas de Preservação Permanentes (APP): 50 m para nascente, 30 m das margens dos rios e 100 m do reservatório da Usina Hidrelétrica Foz do Chapecó. Após a delimitação, efetuou-se o cruzamento com os mapas de uso e cobertura da terra. Dessa forma, foram consideradas áreas de conflito todas as classes de uso não associadas à floresta. Os dados de todas as classes foram computados e tabelados.

Os dados resultantes das classificações e mapeamentos foram tabelados e apresentados em valores absolutos e relativos (percentagem). Para a análise dos resultados foi realizado a comparação dos dados das classificações, e discutidos em função da evolução espaço - temporal, do conflito do uso da terra em APPs e ainda, apresentando um diagnóstico para a readequação dessas áreas.

A validação dos resultados foi realizada a partir de visitas em campo e com base no conhecimento empírico da área de estudo.

### 3 Resultados e discussão

Os mapas temáticos de uso e cobertura da terra gerados através da interpretação visual e

classificação manual da microbacia do Rio Lajeado Bonito, para os anos de 2009 e 2010, são representados na Figura 2. Claramente se verifica o incremento na classe drenagens, representando uma grande mudança de 2009 para 2010. Na Tabela 1 estão dispostos os valores estimados correspondentes as áreas de cada classe de uso e cobertura da terra para a bacia hidrográfica do Rio Lajeado Bonito, para os anos de 2009 e 2010. Esses dados permitiram analisar a respeito da preservação ambiental da bacia.

Considerando os 4561,5 ha da bacia hidrográfica do Rio Lajeado Bonito, foi constatado que o grupo de uso da terra que predomina na área é voltado para fins de agricultura e pecuária, englobando as classes "agricultura e pecuária" e "solo exposto" (Tabela 1). Em 2009, esse grupo de uso do solo correspondeu a 70,23% da área total. Com relação a subclasses, 61,71% é representado pela classe "Agricultura e pecuária" e 8,52% por "solo exposto". Em 2010, houve uma redução de 8,43% desse grupo, passando a representar 61,8% da

área total, sendo 49,43% representado pela classe "agricultura e pecuária" e 12,37% por "solo exposto".

A redução das áreas com cultivos agrícolas e de pecuária foi acompanhada pelo aumento de áreas com cobertura florestal. Aproximadamente 27,49% da área era coberta por florestas em 2009, tendo um acréscimo de 3,5% de área com cobertura florestal em 2010 (31%). Essa tendência do aumento de áreas com cobertura florestal é observada também por Kleinpaul et al. (2005) e Rosa et al. (2013), em períodos e áreas distintas da região do Médio e Alto Uruguai. Após um período de constantes perdas de área florestal, atualmente em algumas regiões pode-se perceber um acréscimo de áreas com florestas, devido principalmente pela proibição do corte raso em florestas nativa, previsto na Lei Estadual nº 9.519/92, bem como pelo abandono de áreas de cultivo, reflexo do êxodo rural (SEMA/RS, 2005).

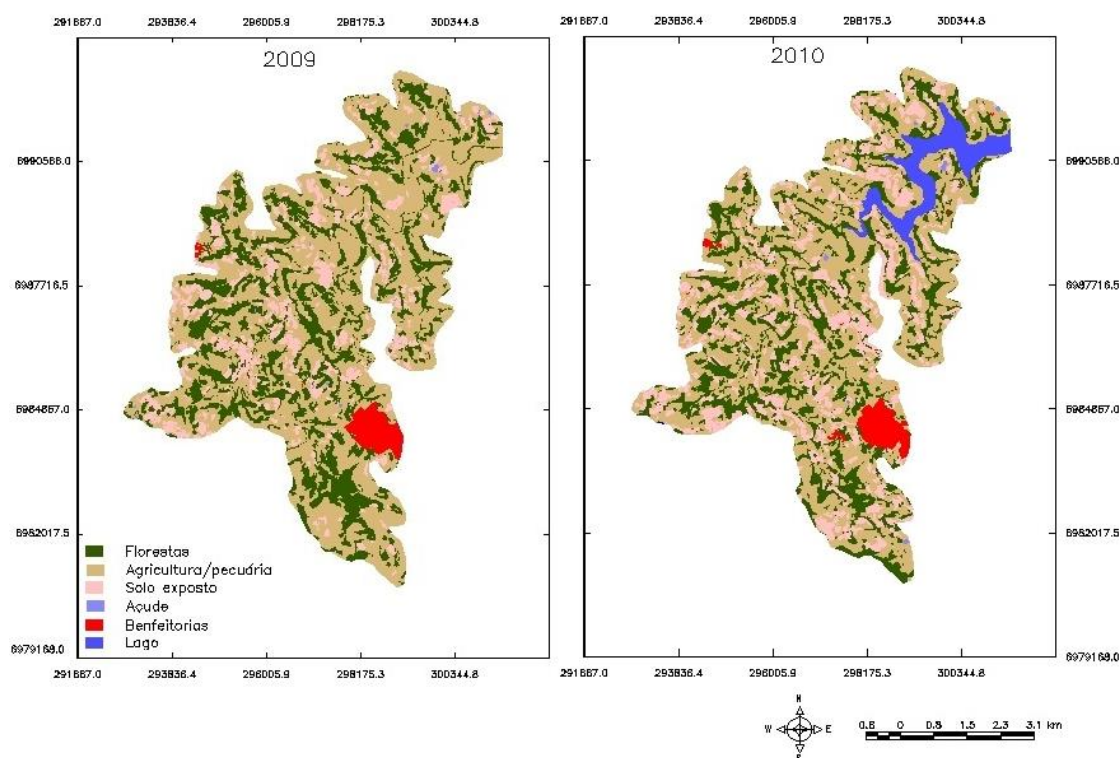


Figura 2: Mapa de uso e cobertura da terra da microbacia do Rio Lajeado Bonito, Alpestre, RS, de dezembro de 2009 e 2010, elaborados a partir da interpretação visual de imagens.

Tabela 1: Quantificação das classes de uso ecobertura da terra da microbacia Lajeado Bonito, Alpestre, RS, de dezembro de 2009 e 2010.

Classes	Área em ha		Percentual em relação a área de estudo	
	2009	2010	2009	2010
<b>Floresta</b>	1254,01	1414,19	27,49	31,00
<b>Agricultura e pecuária</b>	2814,80	2255,09	61,71	49,43
<b>Solo exposto</b>	388,67	564,25	8,52	12,37
<b>Açudes</b>	5,96	5,08	0,13	0,11
<b>Benfeitorias</b>	98,15	97,30	2,15	2,13
<b>Lago- UHFC*</b>	-	225,48	-	4,94
<b>TOTAL</b>	<b>4561,59</b>	<b>4561,39</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

\*Usina Hidroelétrica Foz do Chapecó

Classes de uso da terra menos expressivas como "açudes" e "benfeitorias" apresentaram pequenas variações no período avaliado.

No ano de 2010, uma nova classe de uso da terra pôde ser observada. Denominada neste estudo por "lago- UHFC", representa a área alagada na bacia do Rio Lajeado Bonito pela instalação da Usina Hidrelétrica Foz do Chapecó. A área alagada foi de 225,48 ha, representando 4,94 % da área total.

O lago da usina formou-se sobre três diferentes classes de uso e cobertura da terra. São elas: floresta, solo exposto e agricultura e pecuária. Destas, a classe mais impactada devido a formação do lago foi a agricultura e pecuária. Uma vez que, cerca de 75 % da área alagada era ocupada anteriormente por este tipo de uso e cobertura. A floresta foi a segunda classe mais impactada, a qual ocupava 23,5% da área alagada, seguido da classe solo exposto, menos expressiva, correspondendo a 1,5%. Ou seja, aproximadamente 169 ha ocupados por agricultura e pecuária, 53 ha de florestas e, 3,4 ha de solo exposto, foram alagados com a formação do lago da usina.

Os mapas temáticos da rede de drenagem e das áreas de preservação permanente da microbacia do Rio Lajeado Bonito, para os anos de 2009 e 2010, são representados na Figura 3. Tendo como base as cartas topográficas, foram mapeados aproximadamente 60,6 km de

drenagens para o ano de 2009 e 2010. Os rios de primeira ordem representam aproximadamente 50% das drenagens para ambas as datas mapeadas (baseado na classificação de drenagens de STRAHLER, 1952). A orientação da rede de drenagem é predominante do Sul para o Norte.

A variação altimétrica observada na bacia é de aproximadamente 400 m. Levando em consideração o aumento de áreas com solo exposto no ano de 2010, salienta-se a potencialidade de assoreamento de córregos devido ao carreamento de sedimentos nessas áreas.

A bacia apresentava em 2009 um montante de 368,74 ha de APPs, referente a nascentes e margens de rios, o que corresponde a aproximadamente 8% da área total. Em 2010, as APPs passaram a representar aproximadamente 10% da área total da bacia (490,80 ha). Esse aumento deu-se devido à contabilização de 100m de APP para as margens do lago da Usina Hidrelétrica que foi formado na bacia em estudo, conforme ilustra a Figura 4, para os anos de 2009 e 2010.

Avaliando os resultados apresentados nas Figuras 5 e 6 para os anos de 2009 e 2010, respectivamente e na Tabela 2, onde são apresentados os resultados do mapeamento do total de áreas que apresentam conflitos ambientais associados ao uso e cobertura da

terra em APPs, a área de APP discriminada em 2009 ao longo da rede de drenagem foi de 368,74 ha, sendo que 51,04% da área de APP está ocupada por florestas, 42,56% com cultivos agrícolas e pecuária, 4,98% apresenta solo exposto, 0,05% por açudes e/ou reservatórios artificiais e 1,37% da APP apresenta alguma tipo de benfeitoria.

Em 2010, a área de APP ao longo da rede de drenagem mapeada aumentou para 490,80 ha, no entanto o uso do solo nessas áreas manteve-se similar ao ano anterior. Do total, 51,06% da área está coberta por florestas, 42,63% por algum tipo de cultivo agrícola e/ou pecuária, 5,57% apresenta solo exposto, 0,004% contém açudes, e 0,74% apresenta benfeitorias.

Portanto, tanto no ano 2009 e 2010, aproximadamente 49% das APPs eram utilizadas inadequadamente, demonstrando que a microbacia não está sendo conservada adequadamente. Para as mesmas datas, apenas aproximadamente 51% das APPs apresentaram uso do solo adequado, havendo assim a preservação ambiental. Cabe destacar que a formação do lago prevê a manutenção de uma área de 100m da margem por parte dos responsáveis pela usina. Assim, espera-se que os conflitos identificados sejam gradualmente reduzidos.

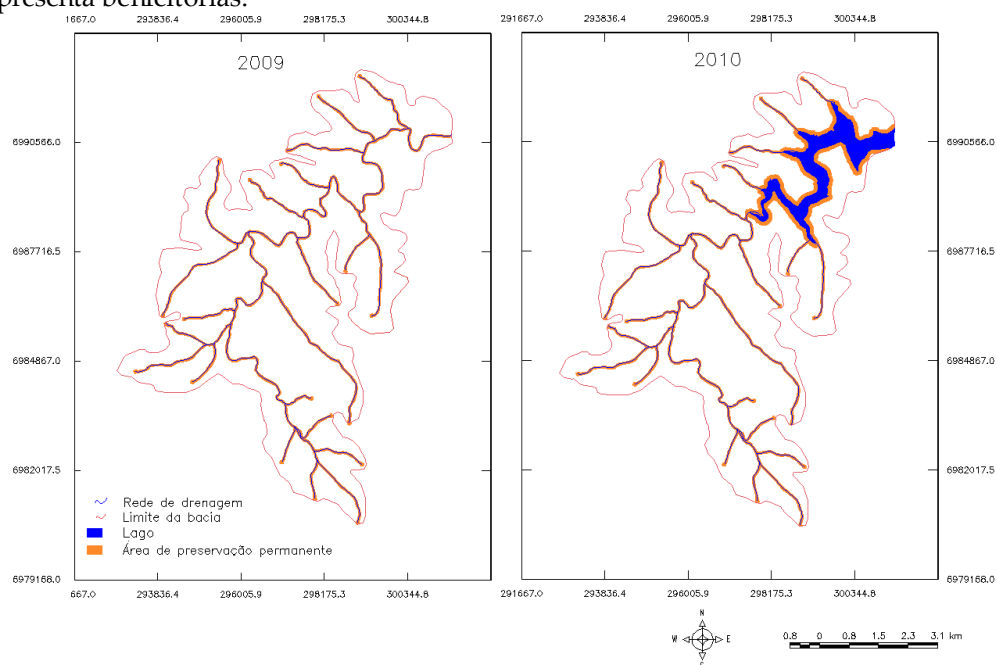


Figura 3: Delimitação das áreas de preservação permanente da microbacia do Rio Lajeado Bonito, Alpestre, RS, de dezembro de 2009 (esquerda) e 2010 (direita).



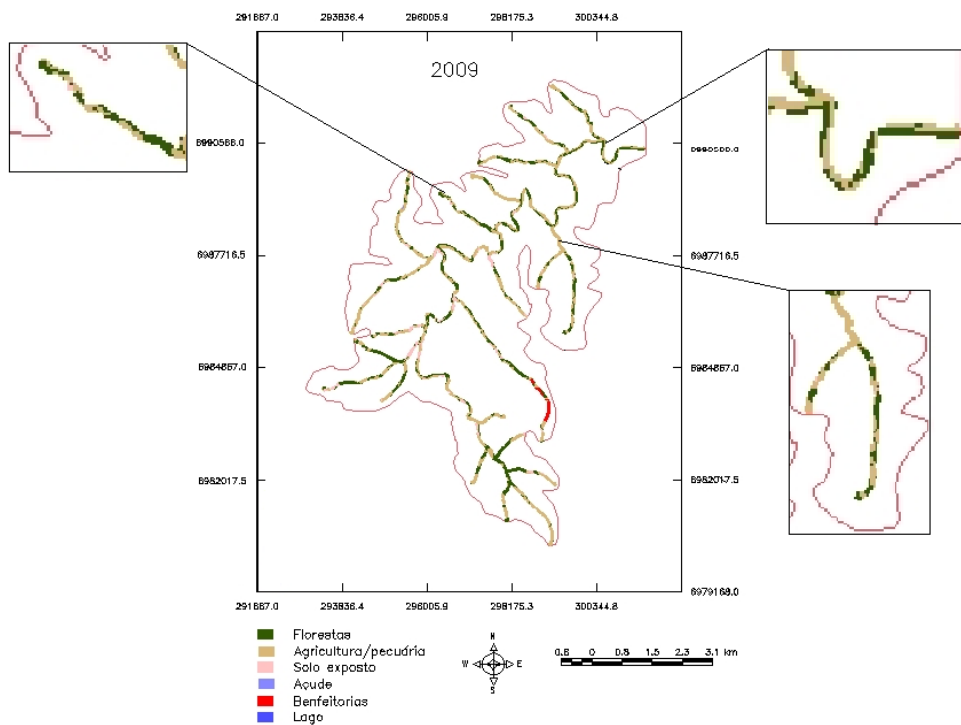


Figura 4: Conflitos ambientais em áreas de preservação permanente da microbacia do Rio Lajeado Bonito, Alpestre, RS, de dezembro de 2009.

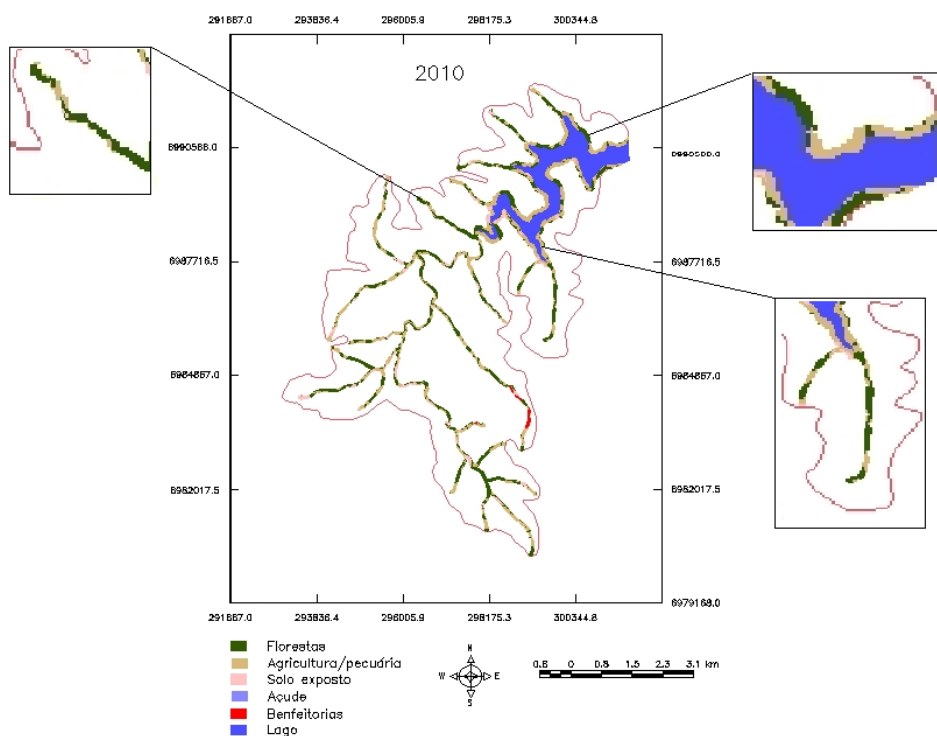


Figura 5: Conflitos ambientais em áreas de preservação permanente da microbacia do Rio Lajeado Bonito, Alpestre, RS, de dezembro de 2010.

Tabela 2: Estimativa das áreas de preservação permanente com conflito ambiental na microbacia do Rio Lajeado Bonito, Alpestre, RS, de dezembro de 2009 e 2010.

Classes	Área em ha		Percentual em relação a área de estudo	
	2009	2010	2009	2010
<b>Floresta</b>	188,2	250,62	51,04	51,06
<b>Agricultura e pecuária</b>	156,94	209,22	42,56	42,63
<b>Solo exposto</b>	18,36	27,34	4,98	5,57
<b>Açudes</b>	0,18	0,02	0,05	0,004
<b>Benfeitorias</b>	5,06	3,60	1,37	0,74
<b>Área TOTAL</b>	<b>368,74</b>	<b>490,80</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>
Área adequada	188,2	250,62	51,04	51,06
Área em conflito	180,54	240,18	48,96	48,94

\* Usina Hidrelétrica Foz do Chapecó

#### 4 Conclusões

Este estudo mostra que houve uma pequena melhora na qualidade ambiental da bacia do Rio Lajeado Bonito uma vez que houve aumento da área de cobertura florestal. Constatou-se que o grupo de uso da terra que predomina na área é voltado para fins de agricultura e pecuária, englobando as classes "agricultura e pecuária" e "solo exposto". Em 2009, esse grupo de uso da terra correspondeu a 70,23 % da área total. Em 2010, houve uma redução, passando a representar 61,8%. Ao mesmo tempo, houve o aumento de áreas com cobertura florestal, onde 27,49% da área era coberta por florestas em 2009, e em 2010 esse índice subiu para 31%.

O abandono das atividades agrícolas pode ter sido a causa principal da recuperação das florestas, uma vez que a taxa de crescimento populacional do município de Alpestre passou por um período de declínio com a instalação da Usina Hidrelétrica Foz do Chapecó.

A classe de uso e cobertura da terra mais impactada devido a formação do lago foi a agricultura e pecuária. Uma vez que, cerca de 75 % da área alagada era ocupada anteriormente por este tipo de uso e cobertura. A floresta foi a segunda classe mais impactada, a qual ocupava 23,5% da área alagada, seguido da classe solo exposto, correspondendo a 1,5%.

Constatou-se que tanto no ano 2009 e 2010, aproximadamente 49% da de área de APP eram utilizadas inadequadamente. Para as mesmas datas, apenas aproximadamente 51% das áreas de preservação permanente apresentaram uso e cobertura adequada.

Diante desses resultados, pode-se afirmar que os estudos temporais do uso e cobertura da terra são indispensáveis para a definição de políticas públicas de ordenamento territorial, e para a compreensão da dinâmica de ocupação dos territórios e como esta afeta o meio natural.

Da mesma forma, os mapas de conflitos do uso da terra em APPs auxiliarão nos futuros planejamentos de recuperação da área, e servir como poder de fiscalização pelos órgãos públicos, visto que a bacia em estudo apresenta apenas metade da área necessária coberta com vegetação florestal, não sendo ambientalmente preservada. Cabe avaliar se essas áreas são de uso consolidado com relação ao ano de 2008, conforme preconiza o novo código florestal. Nesse sentido, novos estudos deverão ser conduzidos para avaliar a situação por propriedade.

## 5 Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) – processo nº 12/0383-5, ao CNPq pelo apoio na aquisição da imagem (processo número 478085/2013-3 e 305914/2014-6), a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), projeto SIE nº 031263 e a Usina Hidrelétrica Foz do Chapecó pelo auxílio para a execução do estudo. Ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e ao Google Inc. pelas imagens utilizadas.

## Referências Bibliográficas

- BOLZAN, N. Mudanças na Paisagem em Duas Microbacias do Bioma Pampa Gaúcho-RS: Uma Análise com Base em Mapas, Índices Descritores e Sistemas de Acesso a Terra. 2006. 154 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil)- Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, Florianópolis.
- CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, M. U.; GARRIDO, J. Spring: Integrating Remote Sensing and Gis by Object-oriented Data Modelling. *Computers & Graphics*. v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.
- CÂMARA, C. D. Critérios e indicadores para o monitoramento hidrológico de florestal plantadas. 2004. 170 f. Tese (Doutorado)- EESC, Universidade de São Paulo. São Paulo.
- Digital Globe. Resources: Satellite Information. 2015 Disponível em: <<https://www.digitalglobe.com/resources/satellite-information>>. Acesso em 10 Mar. 2015.
- Google Inc. Aplicativo Google Earth. Mountain View, CA, Estados Unidos, 2014.
- GROSSI, C. H. **Diagnóstico e Monitoramento Ambiental da Microbacia Hidrográfica do Rio Queima-Pé, MT**. 2006. 122 f. Tese (Doutorado)- Universidade Estadual Paulista. São Paulo, Botucatu.
- INPE. Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres. Disponível em: <<http://www.cbers.inpe.br/noticias.php>>. Acesso em: 04 Out. 2013a.
- INPE. Catálogo de imagens. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em: 20 Ago. 2013b.
- KLEINPAUL, J. K.; PEREIRA, R. S.; HENDGES, E. R.; BENEDETTI, A. C. P.; ZORZI, C.; FERRARI, R. Análise Multitemporal da Cobertura Florestal da Microbacia do Arroio Grande, Santa Maria, RS. *Bol. Pesq. Fl.*, Colombo, n. 51, p. 171- 184. Disponível em: <[http://www.cnpf.embrapa.br/publica/boletim/bol\\_etarqv/boletim51/boletim51\\_pag171-184.pdf](http://www.cnpf.embrapa.br/publica/boletim/bol_etarqv/boletim51/boletim51_pag171-184.pdf)>. Acesso em: 14 Jan. 2014.
- LANG, S.; BLASCHKE, T. Análise da Paisagem com SIG. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 424.
- LIMA, W. P. **Hidrologia Florestal Aplicada ao Manejo de Bacias Hidrográficas**. Piracicaba: USP, 245p., 2ª Ed. 2008.
- MAFFIA, V. P. **Monitoramento Hidrológico da Bacia Hidrográfica do Córrego Águida, Francisco Dumont, MG**. 2011. 82 f. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.
- MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura do Estado do Rio Grande do Sul, 1961. 42p.
- OKA-FIORI, C.; FIORI, A. P.; HASUI, Y. Dinâmica da ocupação do solo da bacia do Rio Itiquira, Mato Grosso, Brasil. *Revista Ra'E Ga*, n. 7, p. 19-31, 2003.
- OLIVEIRA, M. A. et al. Imagens do *Google Earth* para fins de planejamento ambiental: uma análise de exatidão para o município de São Leopoldo/RS. In: CONGRESSO LUSO-BRASILEIRO PARA O PLANEJAMENTO URBANO, REGIONAL, INTEGRADO, SUSTENTÁVEL. Faro. *Anais...Faro*: 4º Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento

Urbano, Regional, Integrado, Sustentável-PLURIS, Faro, PT, 2010.

PÉRICO, E.; CEMIN, G. Caracterização da paisagem do município de Arvorezinha, RS, com ênfase na dinâmica dos fragmentos florestais, por meio de sistemas de informações geográficas (SIGs). *Scientia Forestalis*, n. 70, p. 9-21, 2006.

ROSA, P. A. da.; GALLIO, E.; BREUNING, F. M.; BALBINOT, R. Análise do uso e cobertura da terra de uma microbacia hidrográfica do Rio Fortaleza, no norte do RS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2013. Foz do Iguaçu. *Anais...* Foz do Iguaçu: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR, Foz do Iguaçu, PR, 2013.

SANTOS, J. S. dos.; RIZZI, N. E. Dinâmica de uso do solo da bacia hidrográfica do Rio Luís Alves, sub-bacia do Rio Itajaí, Santa Catarina, Brasil. *Floresta*, Curitiba, v. 40, n. 2, p. 335-344, 2010.

Secretaria Estadual do Meio Ambiente – Rio Grande do Sul (SEMA - RS). Inventário Florestal: Floresta Estacional Decidual. 2005. Disponível em: <<http://www.sema.rs.gov.br/default.asp>>. Acesso em 16 out. 2010.

SILVA, G. J. F.; MARCOLA, M. B. Avaliação espaço-temporal da cobertura vegetal na bacia hidrográfica do Rio Miriri- PB. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15., 2011. Curitiba. *Anais...* Curitiba: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, p. 1803-1810, 2011.

SOUZA, M. N. **Degradação e Recuperação Ambiental e Desenvolvimento Sustentável.** 2004. 371 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal)- Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

STRAHLER, A. N. Hypsometric (area-altitude) Analysis of Erosional Topography. *Geological Society of America Bulletin*. v. 63, n. 11, p. 1117-1142. 1952. Disponível em: <[http://gsabulletin.gsapubs.org/cgi/doi/10.1130/0016-7606\(1952\)63\[1117:HAAOET\]2.0.CO;2](http://gsabulletin.gsapubs.org/cgi/doi/10.1130/0016-7606(1952)63[1117:HAAOET]2.0.CO;2)>. Acesso em: 14 Jan. 2014.

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Vegetação - Floresta Estacional Decidual. Santa Maria: UFSM. Disponível em: <<http://coralx.ufsm.br/ifcrs/vegetacao.htm#decidual>>. Acesso em 03 Dez. 2013.

Usina Hidrelétrica Foz do Chapecó. Plano de Conservação Ambiental e Usos da Água e do Entorno do Reservatório (UHFC/PACUERA). Vol. 1. Out. 2009. Disponível em: <[http://licenciamento.ibama.gov.br/Hidretricas/Foz%20do%20Chapeco/PACUERA/Vers%E3o%20final/VOLUME%20I/UHFC\\_PACUERA\\_VOL\\_CONSOL\\_I.pdf](http://licenciamento.ibama.gov.br/Hidretricas/Foz%20do%20Chapeco/PACUERA/Vers%E3o%20final/VOLUME%20I/UHFC_PACUERA_VOL_CONSOL_I.pdf)>. Acesso em: 04 dez. 2013.

VALERIANO, M. DE M. **TOPODATA: guia para utilização de dados geomorfológicos locais.** São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 72p. INPE-15318-RPQ/818. 2008. Disponível em: <<http://mtc-m18.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2008/07.11.19.24/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2013.

VENTURIERI, A.; FOGUEIREDO, R. de O.; WATRIN, O. dos S.; MARKEWITZ, D. Utilização de imagens Landsat e CBERS na avaliação da mudança do uso e cobertura da terra e seus reflexos na qualidade da água em microbacias hidrográficas do município da Paragominas, Pará. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia. *Anais...* Goiânia: INPE, 2005. p. 1127-1134.