

## GEOTECNOLOGIAS APLICADAS NA ANÁLISE DOS IMPACTOS NO USO E COBERTURA DA TERRA CAUSADOS PELA CONSTRUÇÃO DE UMA USINA HIDRELÉTRICA

Geotechnology applied in the analysis of the impacts on the land use and land cover caused by the construction of a hydroelectric plant

Matheus Morais Ziembowicz, Juliana Marchesan, Jakeline Baratto, Elisiane Alba, Robson Righi da Silva e Rudiney Soares Pereira

Universidade Federal de Santa Maria. RS, Brasil

### Resumo

*O objetivo da pesquisa foi verificar as mudanças no uso e cobertura da terra na área de influência da Usina Hidrelétrica São José, Rio Grande do Sul, entre os anos de 2007 e 2017, utilizando imagens de média resolução espacial. Para tanto, utilizou-se imagens do sensor TM/Landsat 5, para o ano de 2007, e do sensor OLI/Landsat 8 para 2017. A classificação foi supervisionada utilizando o classificador Battacharyya com a criação de seis classes de uso e cobertura da terra: Agricultura, Água, Área Urbana, Campo, Floresta Nativa e Solo Exposto. O processamento e análise das imagens foram realizados no software SPRING versão 5.4.2. Com os resultados notou-se que as classes de uso e cobertura da terra mais expressivas na área de estudo englobaram a Agricultura, Campo e Solo Exposto, contudo as mesmas reduziram suas áreas de ocupação passando de 75% para 68% da área de estudo em 2017, enquanto que a Floresta Nativa aumentou sua área compreendendo 26% em 2017. Assim, concluiu-se que com a construção da usina hidrelétrica São José ocorreram impactos ambientais em que áreas foram suprimidas devido ao alagamento, porém, as áreas de floresta nativa aumentaram após a instalação da usina.*

**Palavras-chave:** Impacto ambiental. Landsat. Sensoriamento remoto

### Abstract

*The objective of the research was to verify the changes in land use and land cover in the area of influence of the São José Hydroelectric Plant, Rio Grande do Sul state, between the years 2007 and 2017, using images of medium spatial resolution. For this, was used images of the TM/Landsat 5 sensor were used for the year 2007 and images the OLI/Landsat 8 sensor for 2017. Classification was supervised using the Battacharyya classifier, with the creation of six land use and land cover classes: Agriculture, Water, Urban Area, Field, Native Forest and Exposed Soil. The image processing and analysis were performed in the SPRING software version 5.4.2. With the results, it was noticed that the most expressive classes of use and land cover in the study area included Agriculture, Field and Exposed Soil, however, they reduced their occupation areas from 75% to 68% of the study area in 2017, while the native forest increased its area comprising 26% in 2017. Thus, it was concluded that with the construction of the São José hydroelectric plant there were environmental impacts in which areas were suppressed due to flooding, however, native forest areas increased after the installation hydroelectric plant.*

**Keywords:** Environmental impact, Landsat, Remote sensing

## 1 Introdução

Com o crescimento populacional, a demanda por energia no mundo tem aumentado constantemente, seja para fins residenciais, industriais ou comerciais (AVZARADEL, 2015). No Brasil, a geração de energia é dependente principalmente de hidrelétricas (ARAÚJO et al., 2014), sendo responsáveis por cerca de 70% da energia produzida no país (PINTO; OLIVEIRA, 2013). Porém, a construção de uma usina hidrelétrica (UHE) causa diversos impactos ampliando cada vez mais o desequilíbrio na relação homem-natureza (BOLZAN, 2006). Os impactos ambientais vão desde a perda de fragmentos florestais e matas ciliares, além da perda de paisagens culturais e naturais (BATISTA et al., 2012). Estes impactos estão relacionados à inundação de áreas florestais, agrícolas e de campo, devido ao barramento da água, ocasionando a perda da flora e da fauna, e ainda, cidades localizadas próximas aos rios são submersas (PINTO; OLIVEIRA, 2013), além disso, a morte da floresta eleva a temperatura ambiente e muda o ciclo de chuvas de uma região (COSTA et al., 2012).

Desse modo, apesar da importância da construção de uma usina hidrelétrica para o desenvolvimento econômico, deve ser crescente estudos de impactos socioambientais com o intuito de minimizar a devastação ao meio ambiente (COSTA et al., 2012). Assim, estudos que visem analisar as mudanças ocorridas na paisagem após a implementação de uma usina hidrelétrica são de suma importância, uma vez que servem de parâmetro para o devido manejo da área afetada.

Em vista disso, os SIG (Sistemas de Informações Geográficas) se tornaram viáveis na mensuração dos impactos ambientais, sendo possível analisar as mudanças ocorridas na paisagem após a instalação de uma usina hidrelétrica (XAVIER; ZAI-DAN, 2011). Assim, as técnicas de sensoriamento remoto aliado ao geoprocessamento tornam-se importantes no diagnóstico da evolução do uso e cobertura da terra. Libos et al. (2005) salientam que estas ferramentas são importantes para avaliação ambiental, uma vez que, fornecem de forma clara e quantificada o conjunto de impactos previsíveis e imprevisíveis de um empreendimento ou atividade.

Essas transições do uso e cobertura da terra, podem ser avaliadas através da análise temporal, possibilitando analisar a evolução ocorrida nos últimos anos, podendo assim discernir as áreas com riscos ambientais, os crescimentos urbanos, as expansões agrícolas e coberturas florestais (PÉRICO et al., 2006). E por se tratar de construção de hidrelétricas, pode-se analisar as transformações do ambiente lótico (rio) para o ambiente lêntico (lago), as quais ocasionam desequilíbrios ecológicos ao futuro cenário local (COELHO, 2008).

Assim, a utilização de imagens de satélite aliadas às geotecnologias tornaram-se importantes para análise multitemporal, possibilitando avaliar as mudanças nos usos e cobertura da terra após a formação do ambiente lêntico. Deste modo, o presente estudo teve por objetivo verificar as mudanças no uso e cobertura da terra na área de influência da usina hidrelétrica São José, localizada no Estado do Rio Grande do Sul, entre os anos de 2007 e 2017, utilizando imagens de média resolução espacial.

## 2 Material e métodos

### 2.1 Caracterização e localização da área de estudo

A área de estudo é composta pelos municípios de Cerro Largo, Mato Queimado, Rolador e Salvador das Missões, situados na Região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil (Figura 1), abrangendo aproximadamente 68 mil hectares, estando presente a UHE São José, sobre o leito do rio Ijuí que apresenta 10.649,13 km<sup>2</sup> (FEPAM, 2017). Os municípios pertencem a Floresta Estacional Decidual, com peculiaridades do Bioma Mata Atlântica (IBGE, 2012). O clima é classificado por Köppen como do tipo "Cfa", subtropical úmido, sem estação seca, com temperaturas médias anuais de 22°C e com precipitação média anual variando entre 1.300 a 1.800 mm/ano (ALVARES et al., 2013).

A UHE São José possui um potencial de 51 Megawatts (MW), sendo considerada uma usina de pequeno médio porte. Em 2005 foi realizado o estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) (ABG ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE; IJUÍ ENERGIA S/A, 2007). As obras iniciaram em outubro de 2007 e a inauguração foi realizada em março de 2012.

### 2.2 Mapeamento do uso e cobertura da terra

No software SPRING versão 5.4.2, foi criado um banco de dados espaciais, utilizando projeção UTM (*Universal Transverse Mercator*) e Datum SIRGAS 2000 (Sistema Referência Geocêntrico para as Américas), para o qual foram importadas as imagens e o *shapefile* limite da área de estudo, para o processamento e análise dos resultados. Utilizou-se imagens digitais de média resolução espacial (30m) do sensor TM (*Thematic Mapper*) a bordo do satélite Landsat 5 datada de 22/04/2007, órbita-ponto 223/80, bandas espectrais 1, 2, 3, 4, 5 e 7, e duas cenas do sensor OLI (*Operational Land Imager*) a bordo do satélite Landsat 8 datadas de 23/03/2017, órbita-ponto 224/79, e de 01/04/2017, órbita-ponto 223/80, bandas espectrais 2, 3, 4, 5, 6 e 7. Estas imagens foram disponibilizadas gratuitamente pelo USGS (*United States Geological Survey*). A análise de distintas datas permitiu avaliar os impactos causados no uso e cobertura da terra 6 meses antes da construção da UHE São José e 10

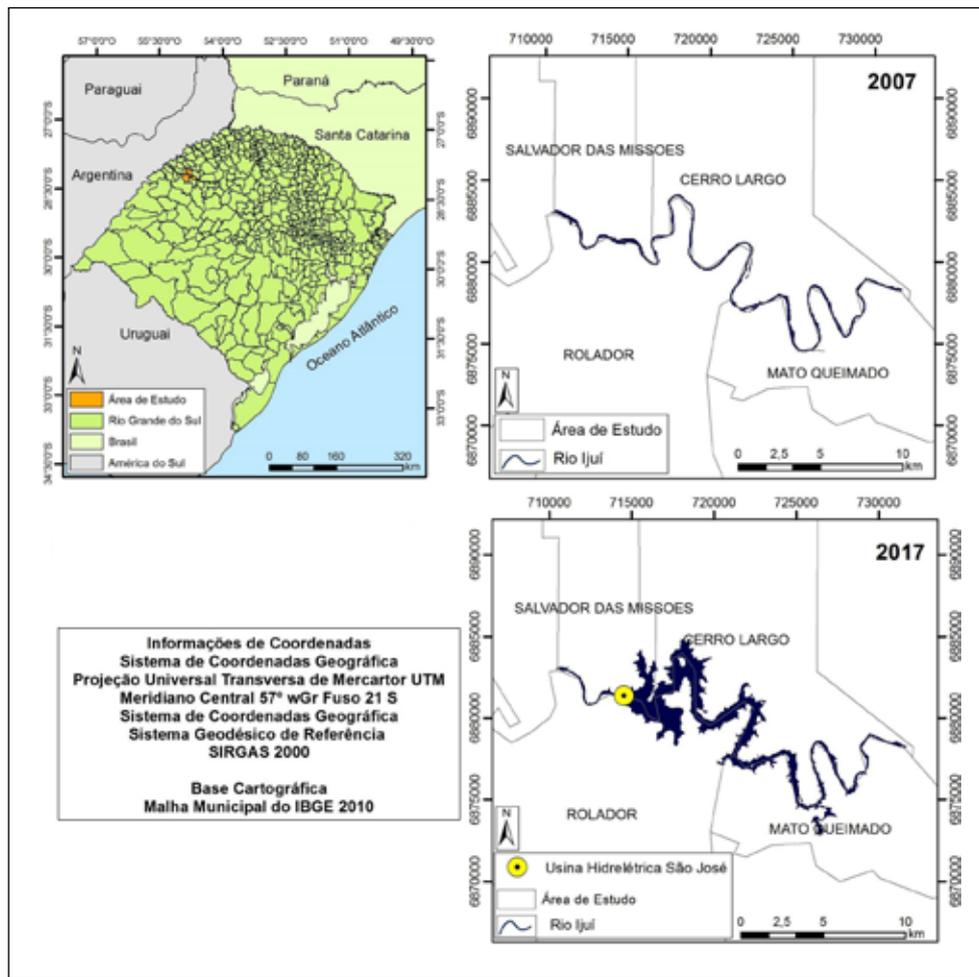


Figura 1 - Localização da área de estudo sob influência da UHE São José no estado do Rio Grande do Sul.

anos após o início da construção.

No processo de segmentação, técnica que antecede a classificação, utilizou-se o método de crescimento de regiões, empregando-se os parâmetros de similaridade e área que melhor se adequaram para a área de estudo. Na etapa de treinamento obteve-se amostras para a realização da classificação, para tal, foram realizados testes de composição de bandas com o intuito de discriminar os alvos de interesse. Assim, selecionou-se, a composição falsa cor RGB (Red, Green e Blue) referentes às bandas espectrais 5, 4 e 3 para as imagens do sensor TM e 6, 5 e 4 para a imagens do sensor OLI, obtendo-se melhor discernimento dos alvos.

A classificação foi realizada por meio do algoritmo *Bhattacharya* com grau de aceitação de 99,9%, com a criação de seis classes temáticas: Agricultura, Água, Área Urbana, Campo, Floresta Nativa e Solo Exposto. A agricultura englobou as áreas com cobertura de vegetação, a Água abrangeu rios, banhados e açudes, a Área Urbana compreendeu as áreas de aglomerados residências pertencentes a cada município de estudo, o Campo abrangeu os campos nativos com cobertura de vegetação rasteira, a Floresta Nativa compreendeu a vegetação nativa arbórea e as áreas de Solo Exposto abrangeram áreas de agricultura sem cobertura vegetal sendo áreas em preparação ou em pousio.

Para avaliar a confiabilidade da classificação foram inseridos pontos, por meio do software Qgis versão 2.16.3, de modo a abrangessem todas classes temáticas mapeadas para ambos anos de estudo. O cálculo do índice *Kappa* foi realizado conforme a Equação 1. Para analisar a acurácia da classificação foram utilizadas imagens do Google Earth Pro TM (GOOGLE INC., 2016) nas datas correspondentes as imagens de estudos deste trabalho.

$$K = \frac{n \sum_{i=1}^k n_{ii} - \sum_{i=1}^k n_{i+} \cdot n_{+i}}{n^2 - \sum_{i=1}^k n_{i+} \cdot n_{+i}} \quad (1)$$

Em que: k = número de linhas da matriz de erros; n = número total de observações (amostras);  $n_{ii}$  = número de observações na linha i e coluna i;  $n_{i+}$  = total da linha i;  $n_{+i}$  = total da coluna i.

A qualidade da classificação foi avaliada segundo os intervalos propostos por Landis e Koch (1977), conforme a Tabela 1.

Este índice, é um medidor de grau de concordância, que apura a precisão dos dados espaciais de 0 a 1, indicando que quanto mais próximo de 1 mais adequado é o índice de classificação (SILVA, 2003).

Tabela 1 - Intervalos do coeficiente Kappa para avaliar a qualidade da classificação

Valor do Kappa	Concordância
$K < 0$	Péssimo
$0,0 < K < 0,2$	Ruim
$0,2 < K < 0,4$	Razoável
$0,4 < K < 0,6$	Bom
$0,6 < K < 0,8$	Muito Bom
$0,8 < K < 1,0$	Excelente

Fonte: Landis e Koch (1977).

### 3 Resultados e discussão

O resultado do coeficiente *Kappa* foi de 0,73 (73%) para o mapeamento do uso e cobertura da terra do ano de 2007, assim, de acordo com a Tabela 1, a classificação enquadrou-se como muito boa, enquanto que para o ano de 2017 obteve-se o *Kappa* de 0,83 (83%), sendo classificada como excelente. A Figura 2, demonstra o uso e cobertura da terra na área de influência da UHE São José, sendo possível analisar visualmente como era a formação da margem do leito do rio Ijuí antes do início das obras da UHE São José, as quais iniciaram no segundo semestre de 2007, como também expõem o mapa temático após dez anos do início da construção da UHE São José, demonstrando o cenário atual da vazão do lago no rio Ijuí, uma vez que, o alagamento começou no final de 2010.

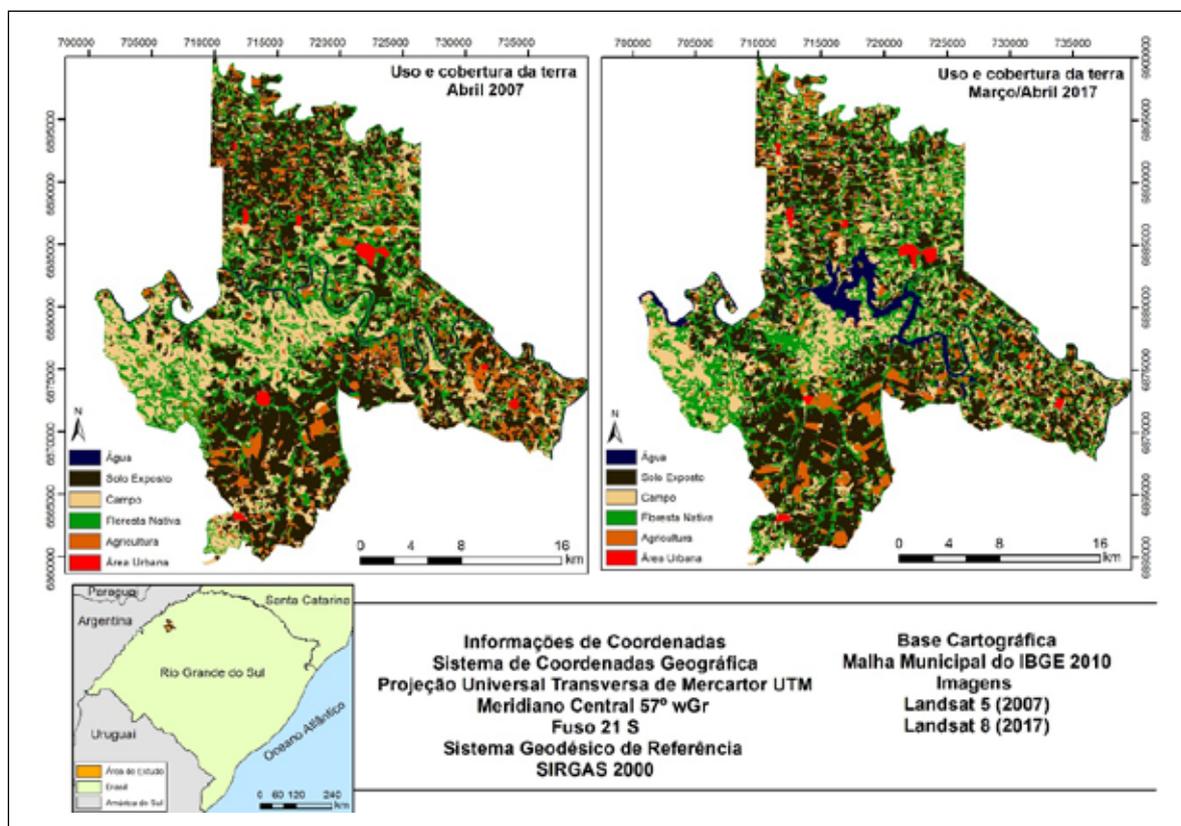


Figura 2 - Mapa de uso e cobertura da terra na área de influência da UHE São José, Rio Grande do Sul, para os anos de 2007 e 2017

Após o mapeamento das classes temáticas de uso e cobertura da terra, as mesmas foram quantificadas, de acordo com a Tabela 2, possibilitando analisar as mudanças que ocorreram no período de 2007 e 2017 na área de influência da UHE São José.

Com os resultados foi possível observar que o uso e cobertura da terra predominante nos municípios de estudo, mesmo após a formação do lago da UHE São José, foi voltado para fins de agricultura e pecuária, somando-se as classes “Agricultura”, “Campo” e “Solo Exposto”. No ano de 2007, essas classes representaram 75,08% da área total estudada, em que as classes “Agricultura” e “Solo Exposto” corresponderam a 51,12%, totalizando 34.782,16 ha, enquanto a classe “Campo” abrangeu 23,96% (16.316,68 ha) sendo está destinada à pecuária.

Tabela 2 - Quantificação das classes temáticas da área de influência da UHE São José, Rio Grande do Sul, para os anos de 2007 e 2017

Classe Temática	2007		2017		Diferença (ha)
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	
Agricultura	7.966,21	11,68	7.077,69	10,41	- 888,52
Água	955,53	1,41	3.349,71	4,92	+ 2.394,18
Área Urbana	604,26	0,89	605,34	0,89	+ 1,08
Campo	16.316,68	23,96	14.963,49	22,00	- 1.353,19
Floresta Nativa	15.380,19	21,62	17.524,08	25,76	+ 2.143,89
Solo Exposto	26.815,95	39,44	24.501,15	36,02	- 2.314,80

Em 2017, dez anos após o início das obras da UHE, observou-se diminuição da área ocupada pelas classes “Agricultura”, “Campo” e “Solo Exposto”, na qual as mesmas corresponderam à 68,43% da área de estudo, diminuindo assim 6,65%, ou seja, 4.504,91 ha das mesmas foram substituídas por outros usos. Os resultados são melhores visualizados na Figura 3.

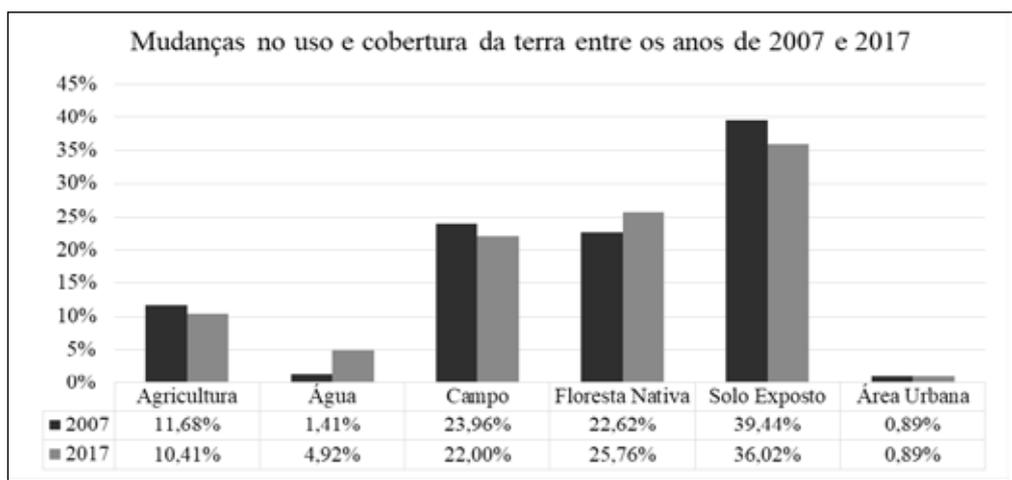


Figura 3 - Mudanças, em porcentagem, do uso e cobertura da terra na área de influência da UHE São José, Rio Grande do Sul, entre os anos de 2007 e 2017

De acordo com o IBGE (2015), os municípios de estudo têm o setor agropecuário bastante expressivo, com o predomínio de pequenas e médias propriedades rurais. Isto explica os altos índices de áreas ocupadas por agricultura e pecuária. Porém, analisando a dinâmica da floresta nativa, notou-se um aumento considerável da área ocupada pela mesma no período de dez anos. Em 2007 abrangia a área de 15.380,19 ha, ou seja, 22,62% da área de estudo era ocupada por floresta nativa.

Neste período, a formação do rio Ijuí ainda era natural existindo matas ciliares na encosta da margem do rio e fragmentos florestais próximos a esta, porém, no transcorrer da construção da UHE foram sendo perdidas áreas florestais. Contudo, em 2017 houve acréscimo da floresta nativa em relação a dez anos atrás, totalizando 17.524,08 ha, passando a abranger 25,67% da área total de estudo. Contudo, Stefanello et al. (2015) retratam que muitos fragmentos florestais passaram a ser considerados áreas de preservação permanente com o alagamento completo do lago, que por meio disto, muitas espécies não conseguiram se adaptar as novas condições estipuladas com o novo cenário local e acabaram não resistindo.

O aumento de floresta nativa seguido da diminuição de áreas agrícolas e de pecuária foi observado também por Tramontina e Breunig (2015) na bacia hidrográfica do Lajeado Bonito, RS, após a construção de uma UHE. Facco et al. (2016) também encontraram a mesma tendência, ou seja, diminuição da agricultura e aumento da cobertura florestal, quando realizaram análise multitemporal no município de Nova Palma, Rio Grande do Sul, qual está sob domínio do Bioma Mata Atlântica e possui diversas usinas hidrelétricas.

A construção de uma usina hidrelétrica causa impactos tanto nas áreas de entorno quanto em áreas situadas mais distantes. Batista et

al. (2012) retratam que a construção de uma UHE acarreta em diversos problemas, sendo estes não apenas nas áreas do reservatório, como também impactos sociais e ambientais nas áreas ocupadas para as vias de acesso, causando a mudança nos usos e cobertura da terra.

A perda de cobertura florestal, tanto no pátio de obras quanto após o alagamento causado pelo reservatório ocasionou impactos ambientais negativos, uma vez que acarretaram na perda da flora e fauna local. Desse modo, foram implementadas estratégias para a minimização destes impactos, por meio da translocação de espécies para outros locais, medidas de compensação e implantação de mata ciliar ao redor do reservatório (ABG ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE; IJUÍ ENERGIA S/A, 2007).

Conforme a Licença de Operação, nº 7750/2010-DL, emitida pela FEPAM no ano de 2010, deverá ser mantida uma faixa de preservação permanente de largura variável com no mínimo 30 metros no entorno do reservatório. Além disso, deverá ser efetuado o repovoamento e adensamento das matas ciliares na APP e a compensação ambiental, priorizando matas ciliares e as áreas de captação da microbacia envolvida, totalizando o plantio de 1.429.530 mudas. Na qual, parte destas atividades já foram realizadas (ABG ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE; IJUÍ ENERGIA S/A, 2014).

Neste contexto, é possível inferir que o aumento da floresta nativa deve-se às leis nacionais, as quais obrigam as empresas a uma compensação ambiental, conforme a resolução do CONAMA nº 371/2006 onde “Estabelece diretrizes aos órgãos ambientais para o cálculo, cobrança, aplicação, aprovação e controle de gastos de recursos advindos de compensação ambiental, conforme a Lei nº 9.985 jul/2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza- SNUC e dá outras providências” em virtude da perda que houve com a construção da UHE, além de outras medidas que obrigam as empresas a minimizarem os danos, como a implementação de APP e plantios de mudas. Além disso, o aumento de floresta está ligado ao êxodo rural, que vêm aumento nos últimos anos, e também ao aumento das fiscalizações devido as leis impostas para extração da vegetação nativa, uma vez que se estudou a área de influência da UHE como um todo.

Rosa et al. (2013) em análise ao uso e cobertura da terra na microbacia hidrográfica do rio Fortaleza, localizada próxima a área de estudo no norte do Rio Grande do Sul e sob domínio do bioma Mata Atlântica, perceberam que a floresta nativa aumentou enquanto que as áreas de agricultura foram diminuindo. Fato este, segundo os autores, decorrentes da conscientização e dificuldade de exploração, além do abandono de áreas agrícolas, associado ao êxodo rural.

Realizou-se também o mapeamento da água do rio Ijuí, possibilitando analisar a inundação causada pela UHE São José (Figura 4). O lago ocupou uma grande extensão de terra, modificando a paisagem local, uma vez que a área abrangida pelo rio, antes da inundação era de 710,82 ha e após passou a ocupar 2.620,89 ha, ou seja, 1.919,00 ha ocupados por outros usos foram suprimidos e ocupados por água.

Conforme estudo realizado por Stefanello et al. (2015), com o alagamento foram suprimidas áreas de floresta nativa, campo nativo, agricultura, pastagens, moradias e estradas, além da morte de diversos animais. Além disso, as comunidades localizadas próximas tiveram de se adaptar as novas condições locais. Os autores perceberam que os benefícios para a comunidade foram poucos. Uma vez que, em épocas de enchentes na região o alagamento passa os limites da APP trazendo diversas desvantagens pra os moradores, pois afeta a produção de gado, devido ao alagamento de áreas utilizadas para a criação do mesmo, além de outros problemas como o acúmulo de lama e de lixo que impedem que os animais bebam água do rio.

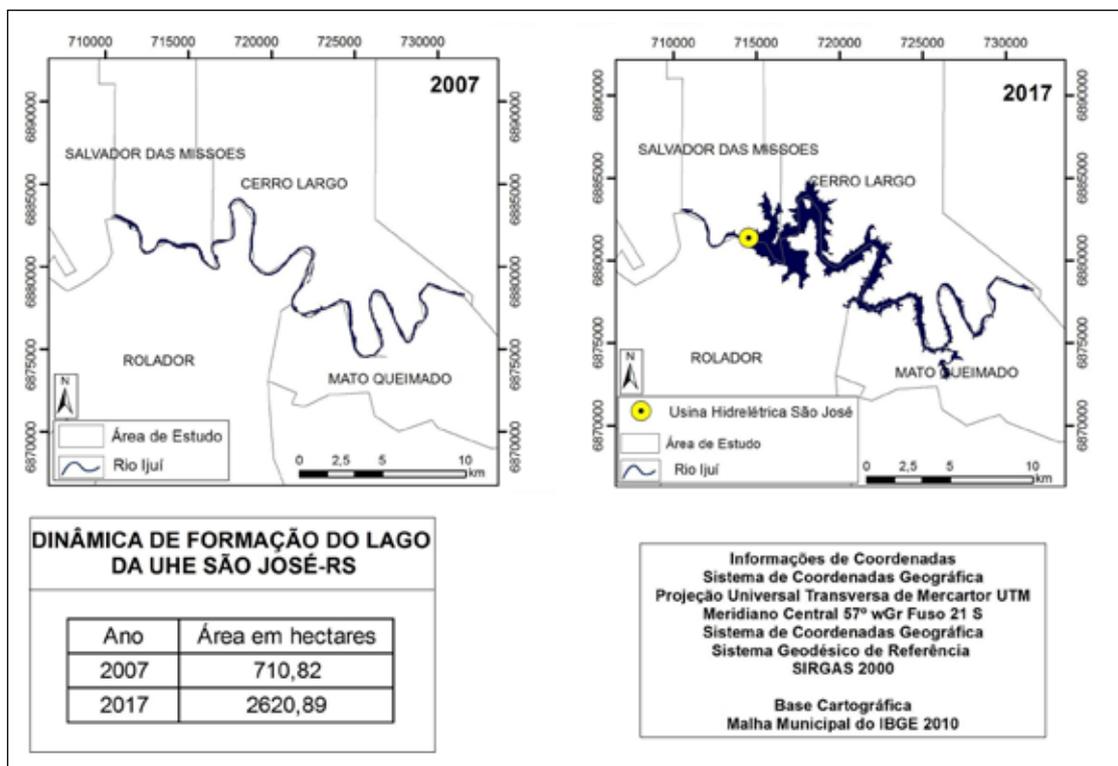


Figura 4 - Dinâmica da formação do lago na UHE São José, Rio Grande do Sul, entre os anos de 2007 e 2017

Desse modo, com o presente trabalho pode-se perceber que as construções de alto impacto ambiental, como as usinas hidrelétricas, afetam diretamente a dinâmica dos usos e cobertura da terra.

## 4 Conclusões

O grupo de uso e cobertura da terra predominante na área de estudo são para fins de agricultura e pecuária, onde estão agrupadas as classes temáticas de “Agricultura”, “Campo” e “Solo Exposto”. Dez anos após o início da construção da UHE houve uma redução das áreas ocupadas por estas classes indicando que estas foram as mais afetadas pelo alagamento. Em contrapartida a floresta nativa aumentou sua área de ocupação devido as legislações impostas para minimizar os impactos causados pela construção da UHE, além do êxodo rural, que vêm aumento nos últimos anos.

Com o presente estudo foi possível averiguar os impactos causados pela construção da UHE e quais usos e cobertura da terra forma mais atingidos. A pesquisa realizada apresentou um método de obtenção de informações utilizando ferramentas e imagens gratuitas possibilitando seu uso pela comunidade como instrumento de gestão para planejamento de áreas que sofreram ou sofrerão impactos ambientais.

Dessa forma, o trabalho servirá de subsídio para gestão da área em estudo, permitindo implementar medidas de recuperação da vegetação nativa. Além de contribuir com os estudos relacionados aos impactos causados pelas construções de usinas hidrelétricas por meio de análise temporal do uso e cobertura da terra, uma vez que os mesmos são fundamentais para compreensão da dinâmica territorial.

## Referências

ABG ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE, IJUÍ ENERGIA S/A., 2007. Primeiro Relatório Semestral de Andamento dos Programas do Plano Básico Ambiental da UHE São José. Disponível em: <http://livrozilla.com/doc/799182/primeiro-relat%C3%B3rio-semesteral-de-andamento-dos>

ABG ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE, IJUÍ ENERGIA S/A., 2014. Relatório trimestral de andamento dos programas do plano básico ambiental da UHE São José. Disponível em: <http://docplayer.com.br/18499003-Relatorio-trimestral-de-andamento-dos-programas-do-plano-basico-ambiental-da-uhe-sao-jose-abril-maio-junho-2014-porto-alegre-agosto-de-2014.html>

ALVARES CA, STAPE JL, SENTELHAS PC, GONÇALVES JLM, SPAROVEK G. Köppen climate classification map for Brazil. Meteorol. Z. [Internet]. 2013 [citado 09 ago 2017];22(6):711-728. Disponível: [http://www.lerf.eco.br/img/publicacoes/Alvares\\_etal\\_2014.pdf](http://www.lerf.eco.br/img/publicacoes/Alvares_etal_2014.pdf).

ARAÚJO MMV, PINTO KJ, MENDES FO. A usina de Belo Monte e os impactos nas terras indígenas. Planeta Amazônia: Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas [Internet]. 2014 [citado 11 ago 2017];6:43-51. Disponível em: <https://periodicos.unifap.br/index.php/planeta/article/download/1651/MayaraN6.pdf>.

AVZARADEL PCS. Licenciamento de usinas hidrelétricas, reservatórios e Áreas de Preservação Permanente. Revista de Direito da Cidade [Internet]. 2015;7(2):609-625. Disponível em: <http://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/rdc/article/view/16969>.

BATISTA BM, SÁNCHEZ DCM, SILVA JV, MARTINEZ DT, PASA, M C. Revisão dos Impactos ambientais gerados na fase de instalação das hidrelétricas: Uma análise do Alto Juruena – MT. Biodiversidade [Internet]. 2012 [citado 04 ago 2017];11(1):69-85. Disponível em: <http://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/biodiversidade/article/view/707>.

BOLZAN N. Mudanças na Paisagem em duas Microbacias do Bioma Pampa Gaúcho-RS: Uma Análise com Base de Mapas, Índices descritores e Sistemas de acesso à terra [tese]. Santa Catarina: Universidade Federal de Santa Catarina/UFSC; 2006.154 p.

COELHO SJ. Transformações na paisagem decorrentes da construção de Usina Hidrelétrica do Funil – UHE-Funil e o impacto no município de Ijaci, MG. [tese]. Lavras: Universidade Federal de Lavras/UFLA; 2008. 172 p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução Conama Nº 371, de 5 de abril de 2006 - Estabelece diretrizes aos órgãos ambientais para o cálculo, cobrança, aplicação, aprovação e controle de gastos de recursos advindos de compensação ambiental. Brasília (Brasil); 2006.

COSTA BBS, SANTOS GOS, MENEZES AC, OLIVEIRA IFS, MELO IC, SANTOS WL, et al. Licenciamento ambiental no Brasil sobre usinas hidrelétricas: um estudo de caso da usina de Belo Monte, no rio Xingu (PA). Cadernos de Graduação: Ciências Exatas e Tecnológicas [Internet]. 2012 [citado 12 ago 2017];1(15):19-33. Disponível em: <<https://periodicos.set.edu.br/index.php/cadernoexatas/article/view/185>>.

FACCO DS, BENEDETTI ACP, PEREIRA FILHO W, KAISER EA, DAL OSTO JV. Geotecnologias para monitoramento florestal no município de Nova Palma - Rio Grande Do Sul – BR. REGET [Internet]. 2016 [citado 31 jul 2017];20(1):417-426. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/viewFile/19946/pdf>.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL. Regiões Hidrográficas do Estado do RS. 2017. Disponível em: [http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/bacia\\_uru\\_ijui.asp](http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/bacia_uru_ijui.asp).

GOOGLE - Inc. Google Earth. Disponível em: <https://www.google.com/earth/>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades: Rio Grande do Sul, Informações Estatísticas de Pecuária e Produção Agrícola Municipal – Lavoura Temporária. 2015. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/uf.php?lang=&coduf=43&search=rio-grande-do-sul>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. Rio de Janeiro. 2. ed. 2012. 275 p.

LANDIS JR, KOCH GG. The measurement of observer agreement for categorical data. Biometrics [Internet]. 1997; 33(1):159-174. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/843571>.

LIBOS M, ROTUNNO FILHO O, ZEILHOFER P. Sensoriamento remoto (SR) e sistema de informações geográficas (SIG) para modelagem de qualidade da água. Estudo de caso: bacia do rio Cuiabá. In: Anais do 12º Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto [Internet]; 2005 Abril 12-16; Goiânia, Brasil. 2005 [citado 10 ago 2017]. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.21.20.54/doc/2219.pdf>.

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 [Internet]. 2006 [citado 04 ago 2017];70: 09-21. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr70/cap01.pdf>>. Acesso: 04 ago. 2017.

PINTO PHP, OLIVEIRA LPA. Construção da Usina Hidrelétrica de Estreito no estado do Tocantins, Brasil: Um exemplo de injustiça ambiental. REMEA [Internet]. 2013 [citado 07 ago 2017];30(1):237-251. Disponível: <https://www.seer.furg.br/remea/article/view/359>.

ROSA PA, GALLIO E, BREUNING FM, BALBINOT R. Análise do uso e cobertura da terra de uma microbacia hidrográfica do Rio Fortaleza, no norte do RS. In: Anais do 16º Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto [Internet]; 2013 Abril 13-18; Foz do Iguaçu, Brasil. 2013 [citado 07 ago 2017]. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0235.pdf>.

SILVA AB. Sistemas de Informações Geo-Referenciadas: conceitos e fundamentos. Campinas: Editora Unicamp. 2003. 236 p.

STEFANELLO MM, WEBER LS, FELKER RM, PIAZZA EM, JUNG PH. Modificações na paisagem decorrentes da construção da usina hidrelétrica São José, região noroeste do Rio Grande do Sul. Enciclopédia Biosfera [Internet]. 2015 [citado 07 ago 2017];11(22):2254-2267. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2015c/agrarias/modificacoes%20na%20paisagem.pdf>.

TRAMONTINA J, BREUNIG FM. Impacto da construção de uma usina hidrelétrica no uso e cobertura da terra: estudo da bacia Lajeado Bonito-RS. Ciência e Natura [Internet]. 2015 [citado 08 ago 2017];37(4):95-106. Disponível em: <http://oaji.net/articles/2017/1602-1486468005.pdf>.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY [Internet]. 2017 [citado 27 ago 2017]. Disponível em: <https://landsat.usgs.gov/what-are-band-designations-landsat-satellites>.

XAVIER JS, ZAIDAN RT. Geoprocessamento e Meio Ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2011.

**Matheus Morais Ziembowicz**

Universidade Federal de Santa Maria. RS, Brasil  
Email: mmziembowicz@hotmail.com

Participação do autor: classificação do uso e cobertura da terra das imagens em estudo, construiu as tabelas e gráficos presentes no artigo e auxiliou na redação do mesmo

**Juliana Marchesan**

Universidade Federal de Santa Maria. RS, Brasil  
Email: marchesan.ju@gmail.com

Participação do autor: classificação das imagens e na redação do artigo

**Jakeline Baratto**

Universidade Federal de Santa Maria. RS, Brasil  
Email: jakelinebarattogeo@gmail.com

Participação do autor: confeccionou os mapas e auxiliou na redação do artigo

**Elisiane Alba**

Universidade Federal de Santa Maria. RS, Brasil  
Email: elisianealba@gmail.com

Participação do autor: redação do artigo e a classificação do uso e cobertura da terra das imagens utilizadas

**Robson Righi da Silva**

Universidade Federal de Santa Maria. RS, Brasil  
Email: robson.righi@yahoo.com.br

Participação do autor: classificação das imagens e na redação do artigo

**Rudiney Soares Pereira**

Universidade Federal de Santa Maria. RS, Brasil  
Email: rudiney.s.pereira@gmail.com

Participação do autor: a coordenou a pesquisa como um todo auxiliando ainda na escrita do artigo.