

INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA E USO DA TERRA EM VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS DO RESERVATÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA ERNESTINA, RS.

EDUARDO ANDRÉ KAISER*¹, FELIPE CORREA DOS SANTOS¹, WATERLOO PEREIRA FILHO¹

¹Universidade Federal de Santa Maria
Av. Roraima n° 1000- Cidade Universitária – Bairro Camobi – Santa Maria- RS / CEP: 97105-900, Brasil

Kaiser-eduardo@hotmail.com, felipecorrea_rs@hotmail.com, waterloopf@gmail.com

RESUMO

A ação antrópica sobre o uso da terra vem caracterizando processos de modificação do ambiente, principalmente da água. Seguindo esse pressuposto, o objetivo do presente trabalho foi de analisar a influência da precipitação pluviométrica e da cobertura da terra em variáveis limnológicas do reservatório da Usina Hidrelétrica Ernestina. A partir da imagem do sensor LISS-III foi realizada a classificação do uso da terra. As classes de uso utilizadas foram: cobertura florestal, solo exposto, agricultura, área urbana e água. Conjuntamente aos dados de precipitação e de uso da terra observaram-se então as suas influências nas variáveis limnológicas: Clorofila *a* e Transparência da água do reservatório. A Clorofila *a* apresenta valores mais elevados no mês de setembro, período que houve maiores índices pluviométricos e maior área de solo exposto. A Transparência da água apresentou os menores valores neste período. De maneira geral, o sistema aquático do reservatório de Ernestina registrou o efeito do clima potencializado pela ação antrópica principalmente no período de preparo do solo para plantio das culturas de verão.

Palavras-chave: precipitação, uso da terra, limnologia.

INFLUENCE OF RAINFALL AND LAND COVER IN LIMNOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE RESERVOIR OF THE ERNESTINA (RS) HYDROELECTRIC PLANT

ABSTRACT

The anthropic action on the land use has characterized environmental modification processes, especially on water. Following this assumption, the objective of this study was to analyze the influence of rainfall and land cover in limnological characteristics of the reservoir of the Ernestina Hydroelectric Plant. The classification of the land use was performed by the image of the LISS-III sensor. The classes used were forest coverage, exposed soil, agriculture, urban

Kaiser, E.A., Correa dos Santos, F., Pereira Filho, W. (2015): "Influência da precipitação pluviométrica e uso da terra em variáveis limnológicas do reservatório da usina Hidrelétrica Ernestina, RS", *GeoFocus (Artículos)*, nº 16, p. 3-22. ISSN: 1578-5157

area, and water. Together, data of rainfall and land use, it was observed their influence on limnological variables: Chlorophyll *a* and transparency of the reservoir's water. The Chlorophyll *a* shows higher values in September, a period in which there were higher rates of rainfall and greater exposed soil area. The water transparency presented the lowest values in this period. In general, the aquatic system of the Ernestina reservoir recorded the climate effect boosted by anthropic action mainly in the soil preparation period for planting of summer crops.

Key words: rainfall, land use, limnology.

1. Introdução

A construção de usinas hidrelétricas no Brasil vem assumindo grande importância que diz respeito à produção de hidroeletricidade. O território brasileiro se caracteriza pelo potencial hídrico, deparado em grande escala de distribuição e também pelas constantes quedas d'água consequentes da estrutura dos diferentes relevos localizados (Tundisi *et al.*, 2006). A existência de vários desníveis encontrados no relevo brasileiro, a construção de reservatórios para a produção de eletricidade torna-se viável. Porém, a implantação de barragens em uma drenagem proporciona o barramento e modificação do curso normal da água pré-existente caracterizando diversos impactos e alterações de caráter hidrológico, tais como: transformação do ambiente lótico em lêntico, alterações tanto na fauna como na flora do ambiente em escala local (Esteves, 1998). Na água, também podem concretizar-se diversos processos relacionados ao ambiente lêntico, tendo destaque o processo de eutrofização do ecossistema aquático e possível ocorrência de floração de algas pelo excesso de nutrientes comprometendo a presença de oxigênio e consequentemente implicando na qualidade da água.

Referente aos processos de interação do ambiente terrestre e aquático faz-se necessário o conhecimento sobre o uso da terra e as respectivas consequências nas características das variáveis limnológicas dentro da bacia hidrográfica. As atividades antropogênicas destacam-se como principais responsáveis pelo uso da terra no que diz respeito às diferentes práticas e manejo do solo. A utilização intensa de fertilizantes, técnicas de plantio convencional (preparação do solo para aração e gradagem) e descarga de esgoto acabam influenciando na carga de nutrientes encontrados na drenagem (Tundisi e Straskraba, 1999). Além do uso do solo para desempenhar a atividade agrícola, a ocupação residencial também pode acarretar a degradação do sistema aquático.

Segundo Hadlich e Scheibe (2007), as precipitações pluviométricas são grandes responsáveis pelo transporte de detritos para dentro do leito fluvial, provocando a deterioração das águas superficiais a partir das mudanças significativas na dinâmica físico-química e biológica da bacia hidrográfica. Estas ações podem desencadear uma série de processos no sistema aquático que antes da ação humana não eram presentes. Primeiramente haverá uma maior carga de sólidos suspensos sendo transportadas pelas vertentes e tributários aos reservatórios, causando excesso de nutrientes na água e propiciando o aumento das concentrações de fitoplâncton na água.

Kaiser, E.A., Correa dos Santos, F., Pereira Filho, W. (2015): "Influência da precipitação pluviométrica e uso da terra em variáveis limnológicas do reservatório da usina Hidrelétrica Ernestina, RS", *GeoFocus (Artículos)*, nº 16, p. 3-22. ISSN: 1578-5157

Em relação a ferramentas que auxiliam no monitoramento ambiental, Novo (2008) destaca que o uso de sensoriamento remoto possibilita o fornecimento de informações úteis na para diferentes aplicações, em destaque para limnologia. Com a utilização de técnicas de sensoriamento remoto orbital e terrestre torna-se possível a obtenção de dados para monitoramento da água de um reservatório e de seu entorno.

O estudo da variação espaço-temporal da composição da água se faz necessário para melhor compreender a dinâmica do reservatório no que diz respeito ao deslocamento e a origem das substâncias específicas transportadas em suspensão ou dissolvidas na água.

Nesse sentido, o objetivo do presente artigo é o de analisar a influência da precipitação pluviométrica e da cobertura da terra em variáveis limnológicas do reservatório da Usina Hidrelétrica Ernestina.

2. Área de estudo

A Usina Hidrelétrica (UHE) Ernestina localiza-se na parte centro-norte do Estado do Rio Grande do Sul (figura 1) e possui cinco municípios limítrofes: Ernestina, Ibirapuitã, Marau, Nicolau Vergueiro e Tio Hugo. A UHE Ernestina entrou em operação em agosto de 1957, possui uma unidade geradora com turbina do tipo Francis com a casa de força localizada no município de Tio Hugo e produz potência efetiva de 3,7 MW (CEEE, 2010). A porção da bacia hidrográfica do Alto-Jacuí a qual é responsável pelo abastecimento do reservatório compreende a área de 840 km² (CEEE, 2010). A UHE Ernestina representa o primeiro reservatório no sentido do fluxo da água no rio Jacuí, situa-se a 190 km por via fluvial do próximo reservatório da UHE Passo Real. Em relatório apresentado por CEEE (2010) a construção da barragem consiste no do tipo concreto pretendido com 13 m de altura e 400 de comprimento aproveitando o desnível da cachoeira de Ernestina, através de um reservatório, com 38,50 km² e perímetro de 162,45 km.

Na área do entorno do Reservatório Ernestina observa-se alguns aglomerados residenciais a fins de lazer, matas nativas, matas de silvicultura, pastagens e plantações. O tipo de solo dominante no local (Latossolo) caracterizase como bem estruturados, profundos, drenados e porosos, indicam juntamente com as condições de relevo suave ondulado, grande capacidade de produção agrícola (CEEE, 2010).

Kaiser, E.A., Correa dos Santos, F., Pereira Filho, W. (2015): "Influência da precipitação pluviométrica e uso da terra em variáveis limnológicas do reservatório da usina Hidrelétrica Ernestina, RS", *GeoFocus (Artículos)*, nº 16, p. 3-22. ISSN: 1578-5157

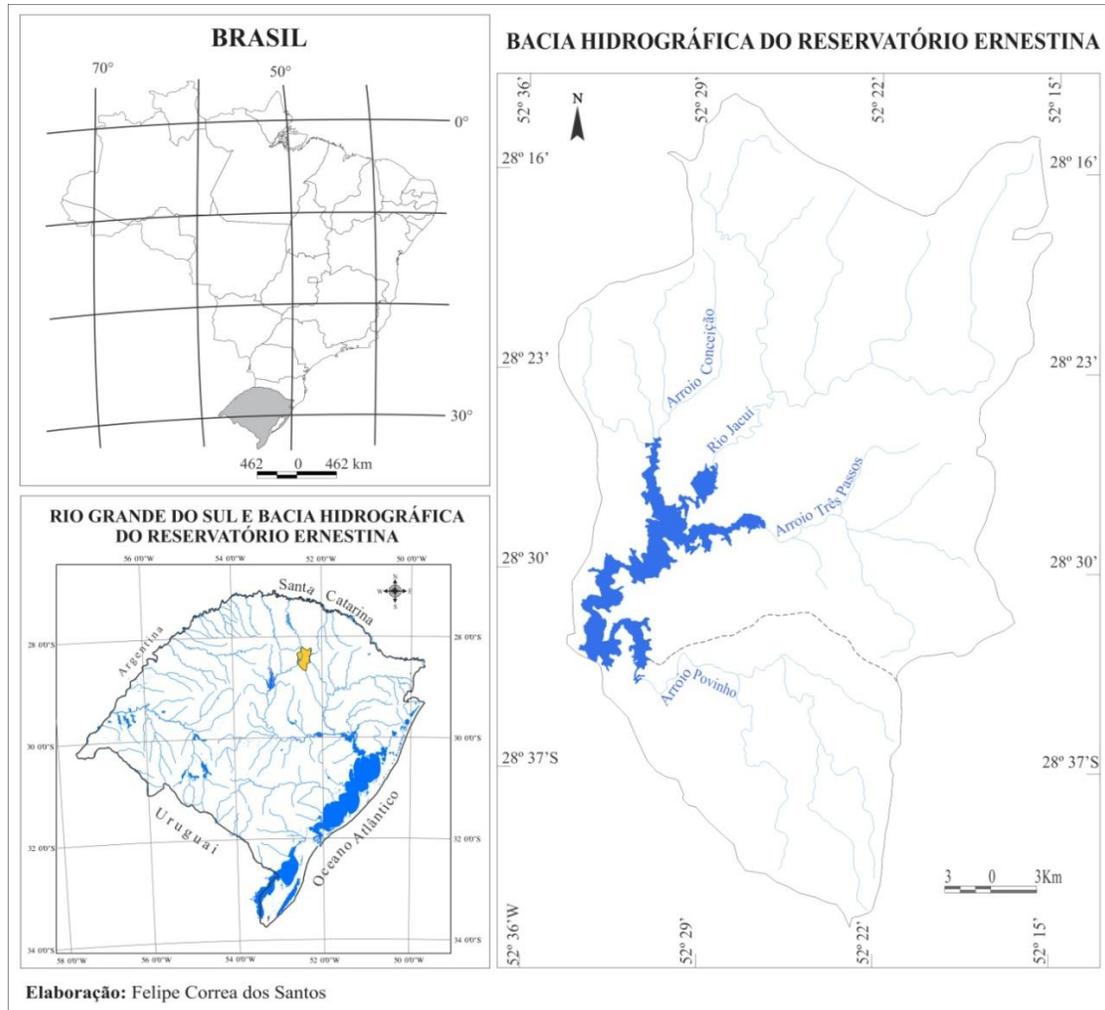


Figura 1. Localização da Bacia Hidrográfica do Reservatório Ernestina.

Fonte: Santos (2013).

A região que compreende a área do reservatório tem sua principal economia no setor primário, especificamente na produção de trigo, soja, milho e criação de gado. A cultura desse trinômio agrícola ganha destaque no entorno do reservatório Ernestina que, graças ao potencial agrícola dos solos é desenvolvida em grandes proporções. A aveia basicamente é cultivada em menor escala com a finalidade de alimentação animal. A criação de gado de corte predomina na região com objetivo apenas de subsistência, também são criados outros animais, tais como aves, suínos, equinos, ovinos e gado leiteiro (CEEE-GT, 2009).

3. Metodologia

Para se obter os resultados referentes a influência do uso da terra e da pluviometria nas variáveis limnológicas no reservatório Ernestina foram realizadas as seguintes atividades para coleta de dados: a) identificação das precipitações pluviométricas em período anterior a coleta de dados da água; b) classificação do uso da terra a partir de imagem de satélite e c) amostragem da água com coletas de dados in loco e em laboratório.

Os dados de precipitação pluviométrica do município de Passo Fundo foram obtidos no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) referentes aos 30 dias anteriores aos dois trabalhos de campo realizados nas datas: 21 de maio de 2012 e 14 de setembro de 2012.

Para a realização dos trabalhos de campo foram utilizadas as coletas de água referentes a seis estações amostrais localizadas no reservatório Ernestina. Utilizou-se a distribuição equidistante entre as estações amostrais como critério de suas localizações.

Em cada estação amostral foram coletadas amostras de água para determinação em laboratório da variável Clorofila *a*. A determinação dos seus valores foi identificada conforme Mackinney (1941). A transparência da água foi verificada em campo com a utilização de disco de Secchi (Esteves, 1998).

Para a verificação do uso da terra na área da bacia hidrográfica do reservatório foram classificadas no *software* Spring 4.3, imagens do sensor LISS-III/ResourceSat-1 (327/99 de 13 de maio de 2012 e 17 de agosto de 2012, disponíveis gratuitamente no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Posteriormente foi efetuada a relação da base cartográfica do banco de dados com a correção geométrica das imagens ao relacionar as coordenadas da imagem com as coordenadas geográficas. Contudo, buscou-se a precisão no momento de estabelecer pontos de controle na imagem e na carta topográfica para que se efetivasse seu registro.

A classificação do uso da terra, na imagem de satélite, foi realizada pelo método supervisionado a partir do classificador Bhattacharya, que segundo Moreira (2005) utiliza técnica de classificação por regiões, separadas durante o processo prévio de segmentação. A partir dessa classificação foram estabelecidas cinco classes para o uso da terra sobre a área de estudo da bacia hidrográfica, sendo elas: cobertura florestal, solo exposto, agricultura, área urbana e água. Cabe ressaltar que a área urbana foi delimitada a partir da interpretação visual.

Para obtenção das amostras, na imagem de satélite, utilizou-se o método de amostragem estratificada aleatória partindo de uma análise visual para identificar a que classe elas representavam, levando em consideração a cor, tonalidade, textura, forma, o tamanho, padrão, presentes na imagem, bem como, a época de tomada da mesma.

A fim de avaliar a acurácia da classificação temática do mapa de uso e cobertura do solo foi calculado o índice *Kappa* obtido a partir da matriz de erro estabelecida. A matriz de erro analisa a confiança das classes atribuídas em relação ao alvo identificado, verificando a veracidade com a respectiva classe. Ademais, a matriz comumente apresenta o número igual de colunas e linhas ao

Kaiser, E.A., Correa dos Santos, F., Pereira Filho, W. (2015): "Influência da precipitação pluviométrica e uso da terra em variáveis limnológicas do reservatório da usina Hidrelétrica Ernestina, RS", *GeoFocus (Artículos)*, nº 16, p. 3-22. ISSN: 1578-5157

número de classes espectrais do estudo (Meneses e Almeida, 2012). A partir da matriz de erro, calculou-se a Exatidão Global que expressa o total de acertos em relação ao total de amostras da imagem classificada e o índice Kappa (Ma e Redmond, 1995).

A Exatidão Global foi obtida pela seguinte equação:

$$DG = \frac{D}{T}$$

Onde:

D: elementos da diagonal principal; T: número total de amostras.

Segundo Brites *et al.* (1996) o índice *Kappa* ou coeficiente *Kappa* é uma medida de concordância usada em escalas nominais que indica quão legítimas são as interpretações, incluindo nos cálculos os elementos da diagonal principal, fazendo com que esta seja superestimada, reduzindo o valor do índice.

O índice Kappa foi calculado a partir da seguinte fórmula:

$$\text{Kappa} = \frac{n \sum_{i=1}^M x_i - \sum_{i=1}^M [(x)_{i+} x_{+i}]}{n^2 - \sum_{i=1}^M [(x)_{i+} x_{+i}]}$$

Onde: n: número total de observações; x_{i+} e x_{+i} : somatório na linha e na coluna, respectivamente; e M = número de temas mapeados.

A tabela 1 apresenta os valores do índice Kappa que variam de 0 a 1 e suas respectivas concordâncias (Landis e Koch, 1977).

Tabela1. Valores do índice Kappa e seus graus de concordância

Índice Kappa	Concordância
0.00	Sem concordância
0.00 a 0.19	Pobre
0.20 a 0.39	Fraca
0.40 a 0.59	Moderada
0.60 a 0.79	Forte
0.80 a 1.00	Excelente

Fonte: Elaboração própria sobre dados de índice Kappa calculados.

Kaiser, E.A., Correa dos Santos, F., Pereira Filho, W. (2015): "Influência da precipitação pluviométrica e uso da terra em variáveis limnológicas do reservatório da usina Hidrelétrica Ernestina, RS", *GeoFocus (Artículos)*, nº 16, p. 3-22. ISSN: 1578-5157

Após a disposição e organização dos dados de precipitação pluviométrica e mapas de uso da terra foi comparada a influência da precipitação sobre as características das variáveis limnológicas do reservatório Ernestina, nos períodos anteriormente descritos.

4. Resultados e discussões

Devido à aquisição de um número reduzido de amostras de água do reservatório e de apenas duas imagens de satélite, não foi realizado nenhum teste estatístico que compare o uso da terra em ação conjunta com a precipitação sobre as variáveis limnológicas. Nesse sentido foi realizada uma análise qualitativa considerando os mapas classificados, trabalhos de campo realizados, dados de precipitação pluviométrica e variáveis obtidas *in loco* e em laboratório.

4.1. Precipitação

O registro de chuvas no município de Passo Fundo em 30 dias anteriores a coleta de dados no reservatório Ernestina foi identificado com o intuito de auxiliar na análise limnológica e verificar possíveis interferências das chuvas sobre o ambiente aquático representado pelo reservatório. Os dados (figura 2) indicam menor volume de chuvas no período correspondente ao mês abril e maio de 2012 em relação e ao maior volume no período que compreende o mês agosto e setembro de 2012.

Na estação meteorológica do INMET de Passo Fundo foi registrado um acúmulo de 24 mm no período correspondente ao mês de abril e maio. Como causa deste baixo nível pluviométrico, neste período estudado, o relatório do CemetRS (2012) aponta a influência do fenômeno *La Niña*, ocorrente inicialmente em novembro de 2011 e estendido até maio de 2012, somando um total de 7 meses. O relatório ainda afirma que na primeira quinzena do mês de maio de 2012, praticamente não choveu no Estado. Entre os dias 11 e 12 de maio a passagem de uma frente fria provocou baixos volumes de chuva em praticamente todas as regiões. Somente entre a Depressão Central e o Litoral foram registrados volumes de precipitação em torno de 20 mm.

Destacase o longo intervalo de tempo sem chuva no primeiro período de análise. De acordo com os dados (figura 2) foram 22 dias sem a ocorrência de precipitações pluviométrica antes do trabalho de campo realizado em maio.

Em contraponto observa-se que em setembro houveram duas situações diferenciadas em relação a maio. Primeiro, o intervalo de tempo entre a chuva e o trabalho de campo foi menor, neste caso, quatro dias e segundo, a intensidade de chuva foi maior em setembro. Registrouse 62 mm de chuva no período de 30 dias antes do trabalho de campo.

Kaiser, E.A., Correa dos Santos, F., Pereira Filho, W. (2015): "Influência da precipitação pluviométrica e uso da terra em variáveis limnológicas do reservatório da usina Hidrelétrica Ernestina, RS", *GeoFocus (Artículos)*, n° 16, p. 3-22. ISSN: 1578-5157

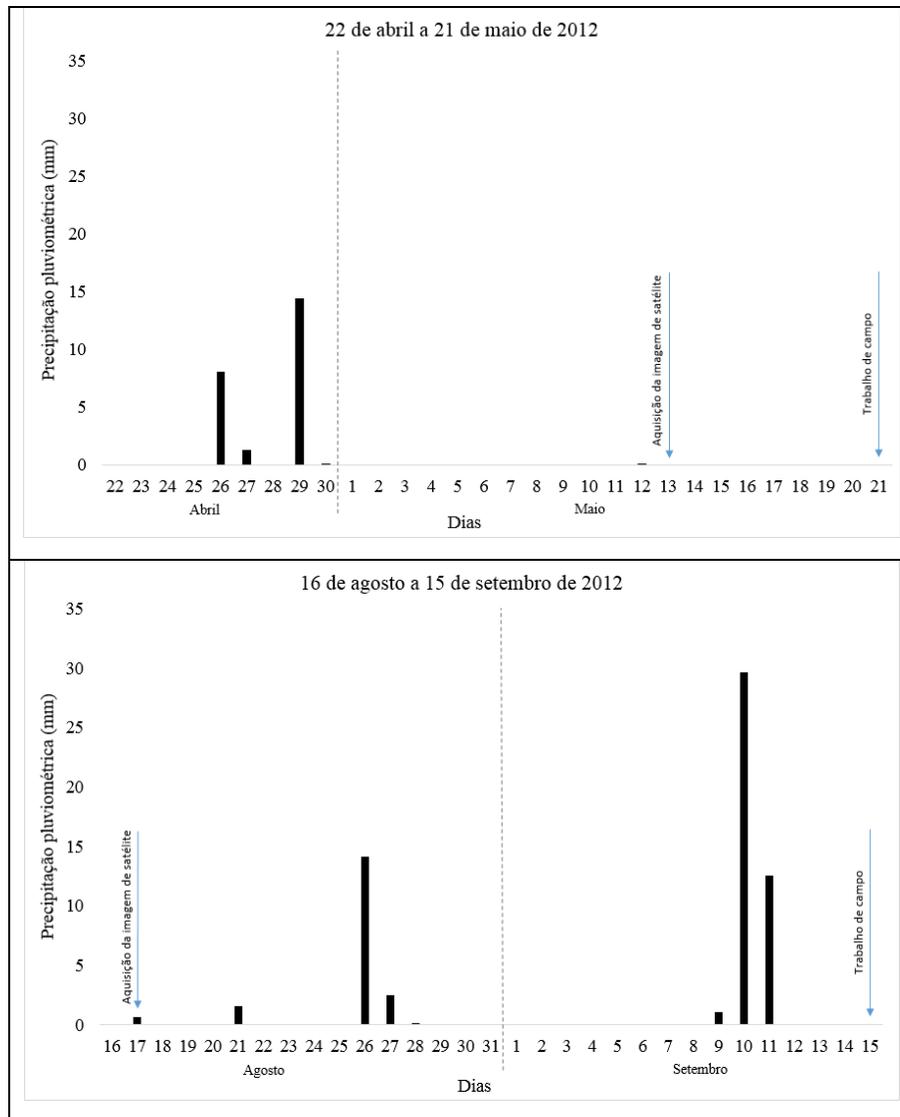


Figura 2. Precipitação pluviométrica diária em trinta dias anteriores aos trabalhos de campo nos meses de maio e setembro de 2012.

Fonte: Dados obtidos pela estação meteorológica do INMET, Passo Fundo. Organizado pelos autores.

4.2. Uso da terra

Para a elaboração dos mapas de uso da terra as imagens de satélite LISS-III constituíram-se em importantes ferramentas e fonte de dados espaciais. Os mapas de uso e ocupação das terras da bacia hidrográfica do reservatório Ernestina são apresentados nas figuras 3 e 4 e as suas características descritas a seguir.

Kaiser, E.A., Correa dos Santos, F., Pereira Filho, W. (2015): "Influência da precipitação pluviométrica e uso da terra em variáveis limnológicas do reservatório da usina Hidrelétrica Ernestina, RS", *GeoFocus (Artículos)*, n° 16, p. 3-22. ISSN: 1578-5157

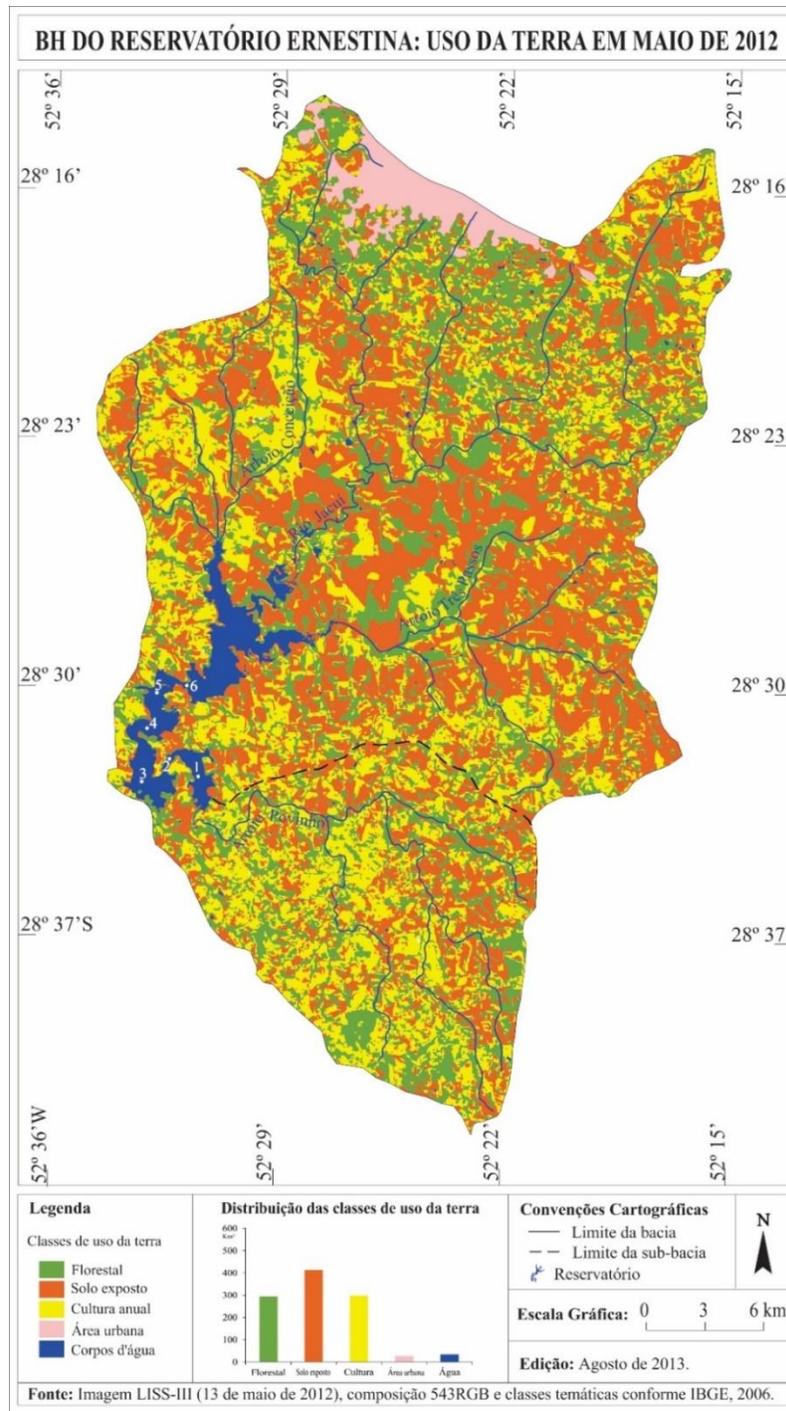


Figura 3. Mapa de uso da terra da Bacia Hidrográfica do reservatório Ernestina em 13 de maio de 2012.

Kaiser, E.A., Correa dos Santos, F., Pereira Filho, W. (2015): "Influência da precipitação pluviométrica e uso da terra em variáveis limnológicas do reservatório da usina Hidrelétrica Ernestina, RS", *GeoFocus (Artículos)*, nº 16, p. 3-22. ISSN: 1578-5157

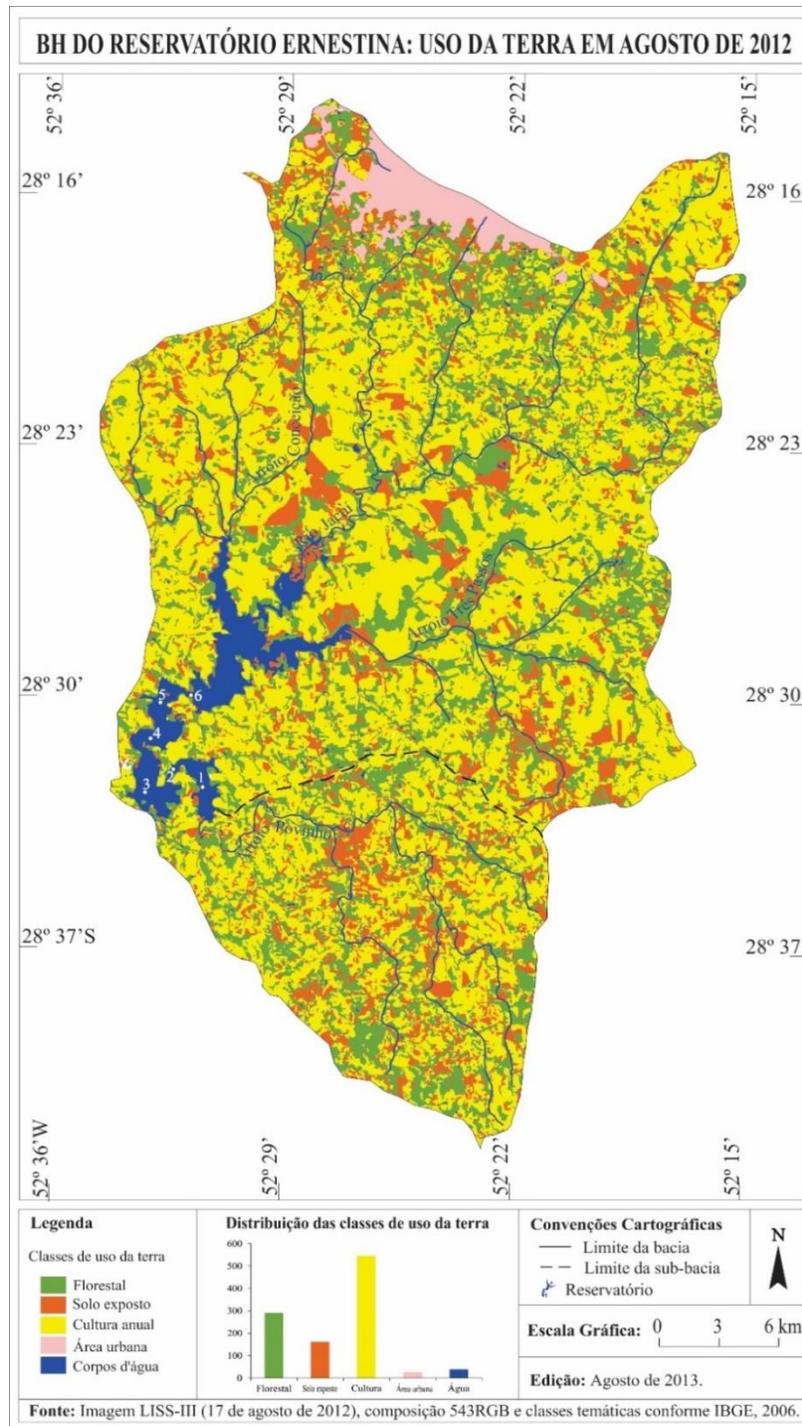


Figura 4. Mapa de uso da terra da Bacia Hidrográfica do reservatório Ernestina em 17 de agosto de 2012.

De acordo com a classificação das imagens de satélite pode-se determinar os diferentes usos da terra na bacia em que se localiza o reservatório Ernestina. O domínio de solo exposto e de agricultura foi verificado nas duas datas estudadas (tabela 2). Essas duas classes se relacionam com os diferentes manejos do solo respeitando o calendário agrícola, propiciando então, o cultivo das duas culturas dominantes do entorno do reservatório: soja e trigo. A cobertura florestal, área urbana e água, como esperado, apresentaram praticamente o mesmo percentual nas duas datas, correspondendo a aproximadamente 28 %, 2 % e 3 % respectivamente.

Tabela 2. Medidas das classes de uso da terra.

Classes \ Datas	13 de maio de 2012		17 de agosto de 2012	
	Área (km ²)	Porcentagem (%)	Área (km ²)	Porcentagem (%)
Florestal	294	28	291	27
Solo exposto	413	39	162	15
Cultura	298	28	545	51
Área urbana	25	2	25	2
Água	33	3	39	4

Fonte: Elaboração própria sobre dados obtidos pelo software Spring 4.3.3.

No mês de maio verifica-se a extensa área de solo exposto devido ao período final da colheita da soja, constituindo 39 % da área da bacia hidrográfica. Frente a esse quadro, cabe destacar as áreas destinadas para o plantio do trigo, abrangendo 28 %. A delimitação do espaço urbano referente ao município de Passo Fundo, visualizada ao norte da bacia, corresponde a 25 km² nos dois casos, ou seja, 2 % da bacia hidrográfica.

No dia 17 de agosto nota-se a inversão das predominâncias de agricultura e solo exposto registradas na data de 13 de maio de 2012. Também se observa com destaque para o cultivo do trigo em maior escala nesse período, representando 51 %, ou seja, aproximadamente a metade da área total da bacia. O solo exposto, por sua vez, compreende apenas 15 % do total, ou seja, houve uma diminuição de 24 % nessa classe e respectivo aumento de 23 % das culturas.

A fim de medir a acurácia dos mapas de uso da terra (tabela 3) o índice Kappa apresentou valores considerados "excelentes" segundo Landis e Koch (1997), nas duas datas das imagens de satélite classificadas. Este resultado foi consequência da seleção de áreas amostrais na imagem de satélite que representavam exclusivamente cada uma das classes temáticas de uso da terra. Este procedimento foi possível porque o programa computacional permite identificar áreas homogêneas que representem os diferentes usos da terra que não contém pixels associados a outras classes temáticas.

Tabela 3. Valores da exatidão global e Índice Kappa

Data	Exatidão Global	Índice Kappa
13/05/2012	100 %	1
17/08/2012	100 %	1

Fonte: Valores obtidos através do software Spring 4.3.3.

Kaiser, E.A., Correa dos Santos, F., Pereira Filho, W. (2015): "Influência da precipitação pluviométrica e uso da terra em variáveis limnológicas do reservatório da usina Hidrelétrica Ernestina, RS", *GeoFocus (Artículos)*, n° 16, p. 3-22. ISSN: 1578-5157

4.3. Variáveis Limnológicas

Após a aquisição dos dados de campo e laboratório foram comparadas as influências de solo exposto e agricultura associadas à ação do clima sobre as variáveis limnológicas Transparência e Clorofila *a*.

4.3.1. Transparência

A ocorrência de medidas de transparência da água no mês de maio e setembro foi associada às elevadas áreas de solo exposto. Por sua vez, a pluviosidade atuou como principal responsável pelo transporte de materiais para o corpo hídrico através do escoamento superficial caracterizando as baixas medidas de transparência. Devido a maior abrangência das culturas de cereais no mês de setembro, o solo encontra-se basicamente protegido, comparado ao mês de maio quando aproximadamente 39 % da área da bacia hidrográfica apresentam-se sem cobertura vegetal.

Levou-se em conta que a transparência está relacionada à ocorrência conjunta da Clorofila *a*. Os valores de transparência podem ser observados na figura 7.

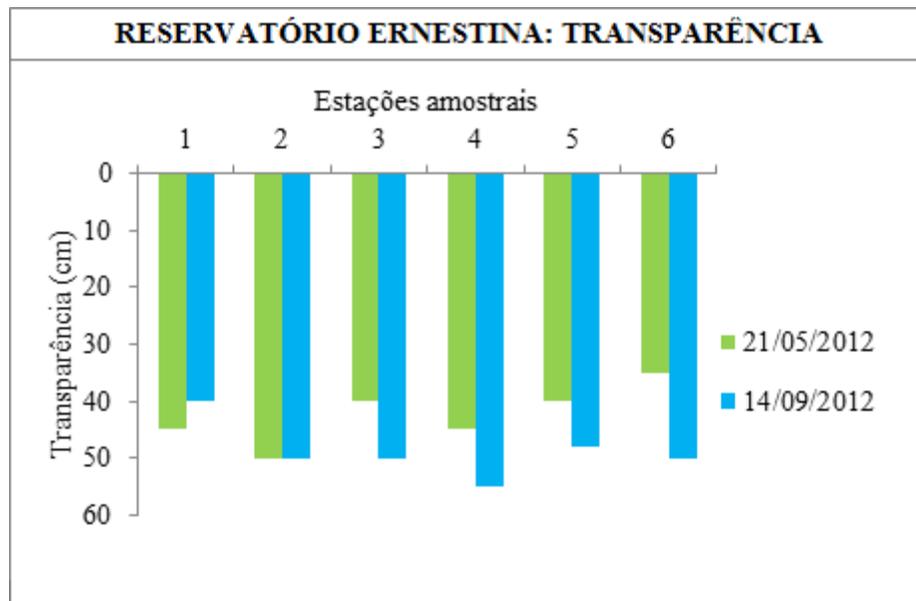


Figura 7. Medidas de transparência da água do reservatório Ernestina.

Fonte: Elaboração própria sobre dados amostrais da água da UHE Ernestina.

De maneira geral os dados amostrais de transparência se mantiveram entre 40 e 60 cm nas duas datas do trabalho de campo. Os meses de maio e setembro determinam transparências com médias de 42,5 e 48,8cm, e desvio padrão de 5,2 e 4,9 centímetros, respectivamente. Estes níveis de

Kaiser, E.A., Correa dos Santos, F., Pereira Filho, W. (2015): "Influência da precipitação pluviométrica e uso da terra em variáveis limnológicas do reservatório da usina Hidrelétrica Ernestina, RS", *GeoFocus (Artículos)*, nº 16, p. 3-22. ISSN: 1578-5157

transparência indicam ambiente supereutrófico conforme classificação estabelecida por Carson (1977) e modificada por Lamparelli (2004).

A partir de uma análise mais ampla dos valores de transparência da água dos dois períodos, observa-se que estações amostrais 1 e 2 distinguem-se das demais, definindo um compartimento aquático distinto. Este compartimento corresponde a área inundada da sub-bacia do Arroio Povinho. As demais estações amostrais (3, 4, 5 e 6) compõem outro compartimento aquático definido pelo rio Jacuí. Observasse a tendência da transparência no Arroio Povinho foi maior em maio enquanto que no rio Jacuí em setembro foi menor. Neste caso, a resposta da transparência da água em relação ao uso do solo e da chuva se dá de forma diferenciada em cada um destes compartimentos aquáticos. A figura 3, mapa de uso da terra em maio, indica que há menor porcentagem de solo exposto no Arroio Povinho. Apesar da ocorrência de menos chuva em maio ela foi suficiente para diminuir a transparência no setor do Jacuí devido a maior porcentagem de solo exposto na bacia de captação.

4.3.2. Clorofila *a*

A presença de Clorofila *a* na água representa a predominância de pigmentos fitoplanctônicos no reservatório, caracterizando-se como uma das variáveis mais importantes associada com dados de sensoriamento remoto. A análise dos dados de Clorofila *a* no reservatório Ernestina (figura 6) demonstra a sua variação em função do período no ano analisado e em função dos distintos compartimentos aquáticos. Em relação ao período do ano verifica-se que em houve aumento de clorofila em setembro. Este fato pode estar relacionado a época do ano devido ao aquecimento da água com o fim do inverno. Entretanto verifica-se que o efeito de aumento de clorofila foi mais acentuado no compartimento aquático do Arroio Povinho. A intensa atividade agrícola, a condição de relevo e o período de residência associadas a este compartimento aquático proporcionaram maior disponibilidade de nutrientes que resultou em maior concentração de clorofila neste setor do reservatório. A estação amostral 5 mostrou uma situação diferenciada das demais. Destaca-se que esta estação amostral localiza-se justamente em região que há maior concentração humana, com muitas casas as margens do lago, ou seja, despejo de esgoto, matéria orgânica, entre outros nutrientes responsáveis por relacionar a presença deste pigmento.

A coleta de dados do dia 21 de maio apresentou a média de clorofila menor do que setembro. Em maio a média foi de 8 $\mu\text{g/L}$ e desvio padrão igual a 1,7 $\mu\text{g/L}$ enquanto que no dia 14 de setembro a média foi de 15,58 $\mu\text{g/L}$ e desvio padrão igual a 6,1 $\mu\text{g/L}$. Estes dados indicam que em setembro além de maior média também registra maior oscilação desta variável. As condições encontradas em setembro também podem estar associadas às diferentes entradas dos tributários ao reservatório visto que houveram chuvas próximas a coleta de dados.

Nota-se que o compartimento de entrada do Arroio Povinho apresenta índices de Clorofila *a* mais elevados e com maiores variações nos dois períodos em comparação ao compartimento do Rio Jacuí. Em relação a maio, o mês de setembro teve um crescimento de 210 % na variável Clorofila *a* no compartimento do Arroio Povinho, enquanto o compartimento de entrada do Rio Jacuí teve apenas 48 % aproximadamente. A estação amostral 1 teve seu valor dobrado em setembro comparado a maio, ou seja, houve um aumento de 120 %. A estação

Kaiser, E.A., Correa dos Santos, F., Pereira Filho, W. (2015): "Influência da precipitação pluviométrica e uso da terra em variáveis limnológicas do reservatório da usina Hidrelétrica Ernestina, RS", *GeoFocus (Artículos)*, nº 16, p. 3-22. ISSN: 1578-5157

amostral 2 teve seu valor triplicado. Em contraponto as demais estações amostrais tiveram em média, pouca variação, com exceção da estação amostral 5, que apresentou pequena diminuição no período.

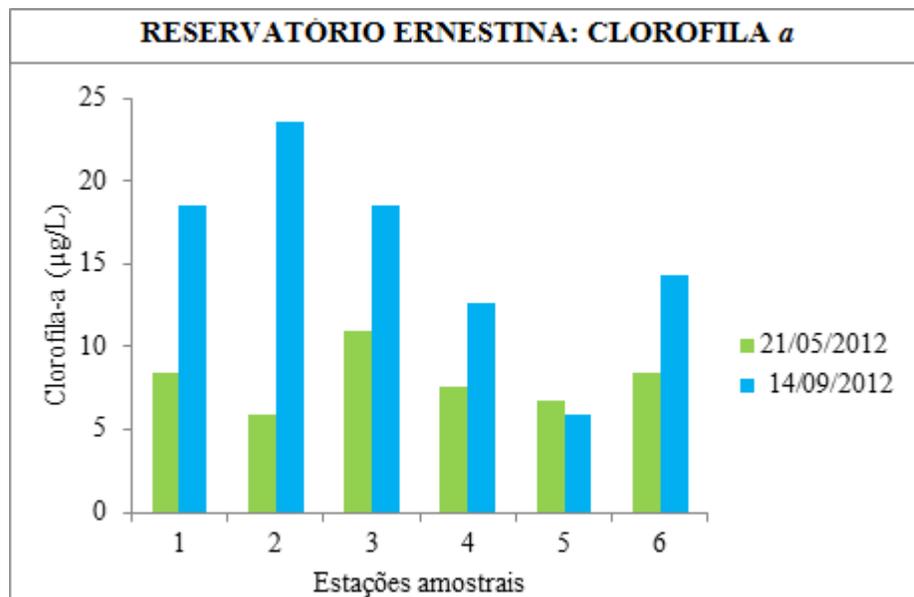


Figura 6. Concentração de Clorofila a na água do reservatório Ernestina.

Fonte: Elaboração própria sobre dados amostrais da água da UHE Ernestina.

Em pesquisa realizada por Santos *et al.* (2014) foram constatados resultados referentes a influência do uso da terra na variável limnológica Clorofila a. A pesquisa analisou 7 pontos amostrais de coleta estabelecidos no reservatório Orós, no estado do Ceará-Brasil comparados em temporada de chuvas e de seca. Como resultado, os pontos estabelecidos correspondentes á foz de dois córregos, demonstraram altos níveis de Clorofila a nos dois períodos, devido a presença de solo exposto nessa área de contribuição do reservatório.

5. Considerações finais

A utilização de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto associadas com dados de precipitação pluviométricas permitiu verificar efeitos de variáveis do ambiente terrestre sobre variáveis do ambiente aquático. Os dados pluviométricos juntamente com a identificação do uso da terra permitiram mostrar diferentes compartimentos aquáticos no reservatório associados a tributários abastecedores do lago sendo identificado o compartimento do rio Jacuí e do Arroio Povinho. A relação entre os ambientes foi observada sobre três perspectivas, uma quanto a influência da precipitação pluviométrica, outra referente aos diferentes usos da terra e outra com abordagem temporal.

Kaiser, E.A., Correa dos Santos, F., Pereira Filho, W. (2015): "Influência da precipitação pluviométrica e uso da terra em variáveis limnológicas do reservatório da usina Hidrelétrica Ernestina, RS", *GeoFocus (Artículos)*, nº 16, p. 3-22. ISSN: 1578-5157

A chuva associada às diferentes formas de uso da terra proporcionaram efeitos diferenciados no lago. No compartimento aquático do rio Jacuí foi observado menor transparência da água. Esta situação está associada ao fato desta bacia de captação apresentar maior área de solo exposto em relação a outra bacia, a do Arroio Povinho. Portanto, mesmo sob condição de pouca chuva, a presença de solo exposto proporcionou diminuição na transparência da água.

Resposta diferenciada foi observada no compartimento aquático Arroio Povinho em que a menor incidência de chuva produziu maior transparência da água. Destaca-se que esta bacia hidrográfica apresentava menor área de solo exposto em relação a bacia do rio Jacuí. A proteção do solo devido ao dossel da vegetação atenuou os efeitos da chuva sobre a água de seu compartimento aquático, registrada pela sua transparência.

Outra variável do ambiente aquático analisada foi a clorofila. Esta variável registrou um padrão associada também ao período do ano. O aumento da clorofila ocorreu em período correspondente ao fim do inverno e conseqüentemente ao aumento da temperatura da água. Entretanto, foi observado que houve um aumento mais expressivo no compartimento aquático do Arroio Povinho, em que há maior transparência da água. Neste caso, a disponibilidade de luz e nutrientes foram mais favoráveis ao desenvolvimento da clorofila.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte financeiro. O primeiro autor agradece a Fundação de Amparo à Pesquisa do Rio Grande do Sul (FAPERGS) pela concessão de bolsa de estudos.

Referências bibliográficas

APHA (2005): *American Public Health Association. Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater*. 21 ed. Springfield, Byrd PrePress.

Bartram, J.e Balance, R. (1996): *Water Quality Monitoring: a practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes*. London, E & FN SPON.

Brites, R. S.; Soares, V. P.; Ribeiro, C. A. A. S. (1996): *Comparação de desempenho entre três índices de exatidão aplicados a classificações de imagens orbitais*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8, Salvador. Anais... São Paulo: Image Multimídia, 1996. Seção de Comunicações Técnico Científicas (CD-ROM).

Carlson, R. E.(1977): "A trophic state index for lakes", *Limmology Oceanography*. Minneapolis, v. 22, p.361-380.

CEEE-GT (2010): (Companhia Estadual de Geração de Energia Elétrica – Geração e Transmissão). *Plano de uso e ocupação do solo no entorno do Reservatório da UHE Ernestina*. Porto Alegre, PROFFIL. [Consulta: 23-01-2013]. Disponível em http://www.cee.com.br/pportal/cee/archives/solo/jacui/reservatorio_ernestina.pdf.

Kaiser, E.A., Correa dos Santos, F., Pereira Filho, W. (2015): “Influência da precipitação pluviométrica e uso da terra em variáveis limnológicas do reservatório da usina Hidrelétrica Ernestina, RS”, *GeoFocus (Artículos)*, nº 16, p. 3-22. ISSN: 1578-5157

CEEE–GT (2009): (Companhia Estadual de Geração de Energia Elétrica – Geração e Transmissão). *Plano de uso e ocupação do solo no entorno do Reservatório da UHE Ernestina*. Porto Alegre, PROFFIL.[Consulta: 23-01-2013]. Disponível em http://www.cee.com.br/pportal/cee/archives/solo/jacui/reservatorio_ernestina.pdf.

CEMETRS (2012): Centro Estadual de Meteorologia. *A estiagem de 2011/2012 e sua influência na produção agropecuária do Rio Grande do Sul*. Nota Técnica Nº 10 (06/06/2012), Rio Grande do Sul, FEPAGRO.

Hadlich, G. M. e Scheibe, L. F.(2007): “Dinâmica físico-química de águas superficiais em região de intensa criação de suínos: exemplo da bacia hidrográfica do rio Coruja-Bonito, município de Braço do Norte, SC”, *Geochimica Brasiliensis*, v. 21, n.3, p. 245 – 260.

INMET (2013): Instituto Nacional de Meteorologia. Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática. Passo Fundo, RS. [Consulta: 25 -01-2013]. Disponível em <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?t=estacoes/estacoesAutomaticas>.

Lamparelli, M. C.(2004): *Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento*. São Paulo, Editora Universidade de São Paulo.

Landis, J. R.; Koch, G. G. (1977): *The measurement of observer agreement for categorical data*. International Biometric Society. [Consulta: 11-12-2012]. Disponível em <http://www.jstor.org/stable/2529310>.

Ma, Z., Redmond, R. L. (1995): “Tau coefficients for accuracy assessment of classification of remote sensing data”, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Bethesda, v.61, n.4, p.453-439.

Mackinney, G. (1941): “Absorption of light by chlorophyll solutions”, *The Journal of Biological Chemistry*, v. 140, p. 315 – 322. [Consulta: 11-03-2013]. Disponível em <http://www.jbc.org/content/140/2/315.full.pdf+html>.

Moreira, M. A.(2005): *Fundamentos de sensoriamento remoto e metodologias de aplicação*. 3 ed. Viçosa, Ed. UFV.

Novo, E. M. L. M. (2008): “Ambientes fluviais”, In: Florenzano, T.G. *Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais*. (Org.). São Paulo: Oficina de Texto, p.219-246.

Santos, F. C.(2013): *Análise das características físicas da área de captação do reservatório da UHE Ernestina, RS*. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria.

Santos, J. C. N. *et al.* (2014): “Land use and trophic state dynamics in a tropical semi-arid reservoir”, *Revista Ciência Agronômica*, v. 45, n. 1,p. 35-44.

Tundisi, J. G. (2006): “Gerenciamento integrado de bacias hidrográficas e reservatórios – estudos de caso e perspectivas”, In Nogueira, M. G.; Henry, R.; Jorcin, A. (Org.): *Ecologia de reservatórios: Impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata*. São Carlos, RIMA.

Wachholz, F. (2007): *Compartimentação aquática do reservatório Rodolfo Costa e Silva-RS, a partir de variáveis limnológicas e imagens orbitais*. Santa Maria. Universidade Federal de Santa Maria.

Wetzel, R. G.(2000): *Limnological analyses*.3rd. Ed. New York, Springer.

Kaiser, E.A., Correa dos Santos, F., Pereira Filho, W. (2015): "Influência da precipitação pluviométrica e uso da terra em variáveis limnológicas do reservatório da usina Hidrelétrica Ernestina, RS", *GeoFocus (Artículos)*, nº 16, p. 3-22. ISSN: 1578-5157

APÊNDICE

Tabela 4. Medidas de precipitação pluviométrica da estação de Passo Fundo-RS, no período correspondente ao mês de agosto e setembro

Estação	Data	Hora	Precipitação (mm)
83914	15/08/2012	12:00	0,0
83914	16/08/2012	12:00	0,0
83914	17/08/2012	12:00	0,6
83914	18/08/2012	12:00	0,0
83914	19/08/2012	12:00	0,0
83914	20/08/2012	12:00	0,0
83914	21/08/2012	12:00	1,5
83914	22/08/2012	12:00	0,0
83914	23/08/2012	12:00	0,0
83914	24/08/2012	12:00	0,0
83914	25/08/2012	12:00	0,0
83914	26/08/2012	12:00	14,1
83914	27/08/2012	12:00	2,5
83914	28/08/2012	12:00	0,1
83914	29/08/2012	12:00	0,0
83914	30/08/2012	12:00	0,0
83914	31/08/2012	12:00	0,0
83914	01/09/2012	12:00	0,0
83914	02/09/2012	12:00	0,0
83914	03/09/2012	12:00	0,0
83914	04/09/2012	12:00	0,0
83914	05/09/2012	12:00	0,0
83914	06/09/2012	12:00	0,0
83914	07/09/2012	12:00	0,0
83914	08/09/2012	12:00	0,0
83914	09/09/2012	12:00	1,0
83914	10/09/2012	12:00	29,6
83914	11/09/2012	12:00	12,5
83914	12/09/2012	12:00	0,0
83914	13/09/2012	12:00	0,0
83914	14/09/2012	12:00	0,0
83914	15/09/2012	12:00	0,0

Fonte: Dados obtidos pelo site do INMET, acesso em 25/01/13.

Kaiser, E.A., Correa dos Santos, F., Pereira Filho, W. (2015): "Influência da precipitação pluviométrica e uso da terra em variáveis limnológicas do reservatório da usina Hidrelétrica Ernestina, RS", *GeoFocus (Artículos)*, nº 16, p. 3-22. ISSN: 1578-5157

Tabela 5. Medidas de precipitação pluviométrica da estação de Passo Fundo-RS, no período correspondente ao mês de abril e maio

Estação	Data	Hora	Precipitação (mm)
83914	21/04/2012	12:00	0,0
83914	22/04/2012	12:00	0,0
83914	23/04/2012	12:00	0,0
83914	24/04/2012	12:00	0,0
83914	25/04/2012	12:00	0,0
83914	26/04/2012	12:00	8,1
83914	27/04/2012	12:00	1,3
83914	28/04/2012	12:00	0,0
83914	29/04/2012	12:00	14,4
83914	30/04/2012	12:00	0,1
83914	01/05/2012	12:00	0,0
83914	02/05/2012	12:00	0,0
83914	03/05/2012	12:00	0,0
83914	04/05/2012	12:00	0,0
83914	05/05/2012	12:00	0,0
83914	06/05/2012	12:00	0,0
83914	07/05/2012	12:00	0,0
83914	08/05/2012	12:00	0,0
83914	09/05/2012	12:00	0,0
83914	10/05/2012	12:00	0,0
83914	11/05/2012	12:00	0,0
83914	12/05/2012	12:00	0,1
83914	13/05/2012	12:00	0,0
83914	14/05/2012	12:00	0,0
83914	15/05/2012	12:00	0,0
83914	16/05/2012	12:00	0,0
83914	17/05/2012	12:00	0,0
83914	18/05/2012	12:00	0,0
83914	19/05/2012	12:00	0,0
83914	20/05/2012	12:00	0,0
83914	21/05/2012	12:00	0,0

Fonte: Dados obtidos pelo site do INMET, acesso em 25/01/13.

Kaiser, E.A., Correa dos Santos, F., Pereira Filho, W. (2015): "Influência da precipitação pluviométrica e uso da terra em variáveis limnológicas do reservatório da usina Hidrelétrica Ernestina, RS", *GeoFocus (Artículos)*, nº 16, p. 3-22. ISSN: 1578-5157

Tabela 6. Medidas das variáveis limnológicas no reservatório da UHE Ernestina

Váriáveis Datas Amostras	Transparência /DS (cm)		Clorofila-a ($\mu\text{g/L}$)	
	21/05/2012	14/09/2012	21/05/2012	14/09/2012
1	45	40	8,42	18,52
2	50	50	5,89	23,58
3	40	50	10,95	18,52
4	45	55	7,58	12,63
5	40	48	6,74	5,89
6	35	50	8,42	14,31

Fonte: Autores.

Kaiser, E.A., Correa dos Santos, F., Pereira Filho, W. (2015): "Influência da precipitação pluviométrica e uso da terra em variáveis limnológicas do reservatório da usina Hidrelétrica Ernestina, RS", GeoFocus (Artículos), nº 16, p. 3-22. ISSN: 1578-5157
