

## Distribuição espacial de massas d'água no município de Formigueiro - RS.

Marcos Augusto Gomes dos Santos <sup>1,2</sup>

Elódio Sebem <sup>2</sup>

Michele Monguilhott <sup>2</sup>

Daniely Vaz Rodrigues da Silva <sup>2</sup>

Pâmela Aude Pithan <sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Universidade Federal de Santa Maria - UFSM  
Caixa Postal 97105-340 – Santa Maria - RS, Brasil  
{marcosagds87, danyvaz25, pamelapithann}@gmail.com  
{elodiosebem, michelemonguilhott}@politecnico.ufsm.br

### Abstract.

Acknowledging the benefits of it, as well as the motives and the consequences of the increase of the water bodies, the present paper aims to specialize this growth in the municipality of Formigueiro, State of Rio Grande do Sul. We used tools made available by imaging processing and GIS software, such as ERDAS IMAGINE 2013 and ARCGIS 10.2, and we applied a decision-tree classification approach, that consists in divide the water bodies of 1995, 2005 e 2015 by its values of electromagnetic reflectance. In the year of 1995, we recognized 586 surface water bodies, wherein 14 of this amount ad measures above 20 ha, in 2005 we observed an increase of 40 surface water bodies, resulting 625 with just 11 of them above 20 ha, this increment remains in 2015, reaching 703 surface water bodies with 14 above 20 ha. This quantification expressed in units of measurement reveals a peculiar data about the logic of its growth, since in 1995 there were 1778,13 ha or 35,83% occupied by dams, however, in 2005, despite the growth of the dams, its territorial occupation presented a decrease of 144,99 ha where we quantified 1761,68 ha, 32,73%, that in the year of 2015 had again an increase, totaling 1939,05 ha occupied, or 38,87% of the municipal territory. In summary, projects in this research line are relevant for identification and quantification of water bodies studies, as well as studies referring grants for artificial reservoirs.

**Keywords:** digital processing, remote sensing, decision-tree, digital level

### 1. Introdução

O reservatório de água (açude) é uma construção feita para represar água pluvial ou de rio e é muito usado em regiões onde há escassez de água durante períodos de estiagem. A água que fica represada nos açudes é utilizada para irrigação, pesca, criação de gado, e inclusive para o uso doméstico. O Rio Grande do Sul apresentou um aumento considerável de reservatórios de água nos últimos anos, isso deve-se principalmente pela necessidade agrícola no período de estiagem.

O adequado planejamento do uso das águas é fundamental para manutenção de recursos essenciais as atividades econômicas, a saúde da população, a preservação dos habitats e a biodiversidade. O crescimento econômico e populacional aumenta a demanda pelos recursos hídricos e geram a necessidade de maior monitoramento e regulação. Conforme a Lei Estadual nº 10.350 (1994), que instituiu o Sistema Estadual de Recursos Hídricos, a Outorga de Direito de Uso da Água é um instrumento de gestão dos recursos hídricos que o Poder Público utiliza e dispõe para autorizar, conceder ou permitir aos usuários a utilização desse bem público. Assim, no Brasil, a Constituição Federal (1988) refere-se no artigo 26 que as águas de domínio dos Estados são: a) as superficiais fluentes, emergentes e em depósitos (reservatórios) – ressaltados aqueles decorrentes de obras da União - localizadas em áreas de seu domínio; b) as águas subterrâneas quando não são exploradas para fins minerais ou termais; c) quaisquer outros corpos de água que não sejam de domínio da União. Nesses casos, a outorga de uso da água é concedida pelos órgãos gestores de recursos hídricos em cada Estado. No Rio Grande do Sul é o Departamento de Recursos Hídricos (DRH) e a Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM), da Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA).

Sendo assim, a água é um recurso natural de disponibilidade limitada e dotado de valor econômico. Por isso, os recursos hídricos (águas superficiais e subterrâneas) constituem-se em bens públicos que toda pessoa física ou jurídica tem direito ao acesso e utilização, cabendo ao Poder Público a sua administração e controle.

Por esse motivo, o uso do geoprocessamento na delimitação de corpos d'água torna-se uma importante ferramenta para estudos ambientais e isto se deve à capacidade de considerar de forma integrada diferentes variáveis no espaço e suas alterações temporais em uma base de dados georreferenciadas.

De acordo com Novo (2009) o sensoriamento remoto é importante ferramenta para aquisição de dados e informações. Ele permite realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados.

Exemplo de ferramentas de análise são os algoritmos de árvores de decisão que têm para Celinsk (2008), se mostrado uma referência no desenvolvimento e análise de novas propostas para classificação da cobertura da terra. Este fato decorre de características importantes das árvores de decisão, como boa acurácia na classificação, rapidez no treinamento e na execução. Acrescenta-se o fato de que não fazem suposições estatísticas sobre os dados e habilidade para manipular dados de diferentes escalas de medidas e relacionamentos não-lineares entre características e classes, o que permite a utilização de um conjunto característico amplo e variado de dados.

Dentre muitos usos importantes do geoprocessamento, é possível a quantificação de dados ambientais significativos com o passar dos anos pelas imagens de satélite.

A exemplo disso, a delimitação de massas d'água utilizando algoritmos estatísticos por árvore de decisão é o objetivo principal deste trabalho que busca a atualização da base de dados massas d'água para o município de Formigueiro no Rio Grande do Sul, localizando e atualizando as barragens existentes através da representação gráfica de polígonos georreferenciados que correspondem à superfície dos reservatórios de água compatíveis com a escala de mapeamento das imagens dos sensores TM e OLI do satélite Landsat.

## **2. Materiais e métodos**

O mapeamento das massas d'água limita-se ao território do município de Formigueiro – RS (figura 1), localizado na região central do estado do Rio Grande do Sul, possui 580,034 km<sup>2</sup> de área (IBGE 2015) e os municípios confrontados pelas cidades de Santa Maria, Restinga Seca e São Sepé. O município de Formigueiro faz parte da Bacia Hidrográfica dos Rios Vacacaí - Vacacaí Mirim, localizada na porção centro-ocidental do Estado abrangendo as Províncias Geomorfológicas da Depressão Periférica Sul Rio-Grandense e Escudo Sul Rio-Grandense. A bacia possui uma área de 11.077,34 km<sup>2</sup> cujos principais cursos de água são os arroios Igá, Acangupa e Arenal e os rios Vacacaí, dos Corvos, São Sepé e Vacacaí Mirim. (DRH/SEMA, 2016).

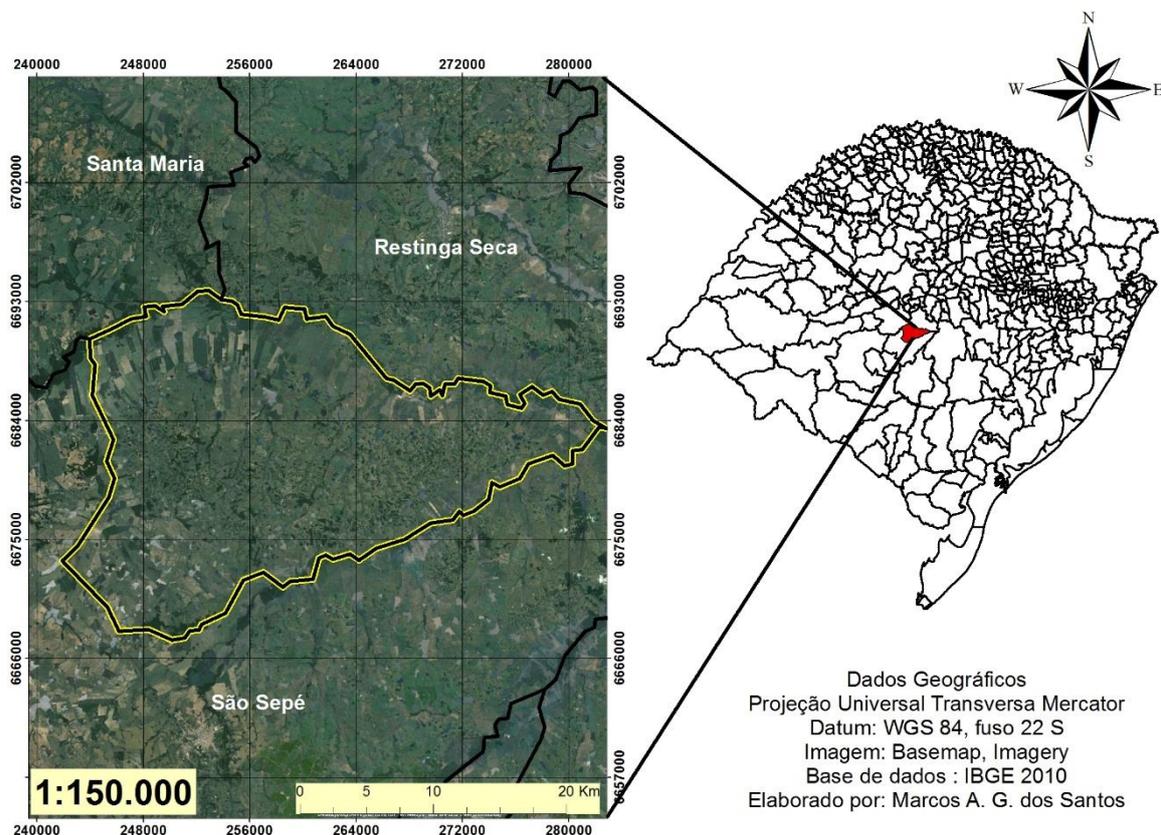


Figura 1: Localização de Formigueiro - RS

Fonte: Autores

Os principais usos de água se destinam a irrigação, dessedentação de animais e abastecimento público. (DRH/SEMA, 2016)

Para o recobrimento da área foram utilizadas 2 imagens de satélite dos Sensores TM (Plataforma Landsat 5) resultando nas massas d'água para os anos de 1995 e 2005 e uma do Sensor OLI (Plataforma Landsat8) para o ano de 2015.

As imagens abrangem períodos de inverno e verão em períodos sem a presença de cultivo agrícola de arroz em fase anterior a fase vegetativa e com períodos de 1 semana sem chuvas registradas no município, as imagens datam de 23 de outubro de 1995, 30 de julho de 2005 e 12 de setembro de 2015 com resolução espacial de 30m.

Para a melhor delimitação das massas d'água foi utilizada para os anos de 1995 e 2005 a banda 4, correspondente ao Infravermelho Próximo, do sensor TM, e para o ano de 2015 a banda 5 do sensor OLI também correspondente ao IVP, para processamento digital das imagens. As imagens foram obtidas do catálogo da USGS e o processamento das mesmas foi realizado no Software ERDAS IMAGINE® 13.

A metodologia de classificação foi aplicada no software ERDAS IMAGINE 2013, onde também foram reprojatadas as imagens e delimitada a área de estudo. A delimitação do município deu-se por meio de um recorte com buffer interno de -200 m, necessário para eliminar as áreas úmidas dos rios Vacacaí e São Sepé, pois gerariam maior confusão espectral entre as classes de áreas úmidas e massas de água. Em seguida foi feito o registro de imagens com a ferramenta *AutoSync Workstation*, que identifica automaticamente os pontos de controle adquiridos por suas semelhanças espectrais, e nele obteve-se o total de 36 pontos no registro para os anos de 1995 e 2005, onde o RMS (erro médio quadrático) foi de 0,54, e para os anos de 1995 e 2015 o RMS foi de 0,51 sobre um total de 35 pontos.

Com a ferramenta *knowledge engineer*, foi realizada a classificação pelo método de árvore de decisão, nela criamos hipóteses, regras e variáveis. Na hipótese escolhemos o nome e cor das classes, para a classe massa d'água foi escolhida a cor azul e demais usa a cor preta, nas regras definimos a relação entre determinado uso e valor de discriminação de uso para também identificados por massas d'água e demais usos, por fim nas variáveis escolhemos a imagem a ser classificada, em específicos as imagens previamente processadas dos anos de 1995, 2005 e 2015. Conforme as regras em detalhe na figura 2.

Para os anos de 1995, 2005 e 2015, foram definidos os valores de 45, 26 e 900 respectivamente, que são valores dos níveis digitais utilizados como limiares entre os usos, levando em conta a época do ano das imagens e verificando por meio de testes quantitativos qual limite identificaria melhor os corpos d'água para a obtenção do mínimo de confusão espectral.

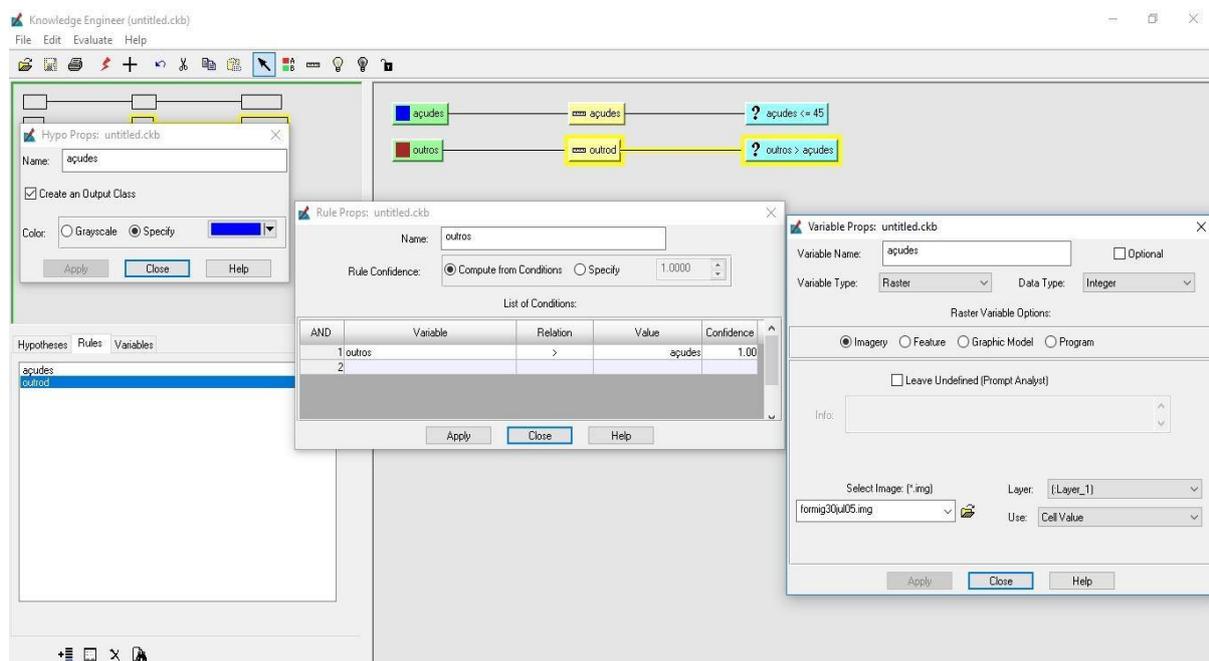


Figura 2: Janela do programa ERDAS, algoritmo Knowledge Engineer Fonte: Autores

Após a classificação foram gerados 100 pontos amostrais aleatórios e suas respectivas coordenadas somente para a classe de massas d'água com o uso da ferramenta *Random Points*. Os pontos resultantes da aplicação do algoritmo *Random points* foram exportados para o software ArcGIS 10.2 (ESRI, 2016), para a verificação visual dos usos (classes) e validação dos pontos classificados como açudes, e preenchimento manual da tabela de atributos, selecionando o ponto na tabela de atributos verifica-se o uso em que o ponto estava contido, completando assim a coluna *Reference* nos dados gerados pelo algoritmo *Accuracy Assessment*. Metodologia demonstrada a baixo pela figura 3.

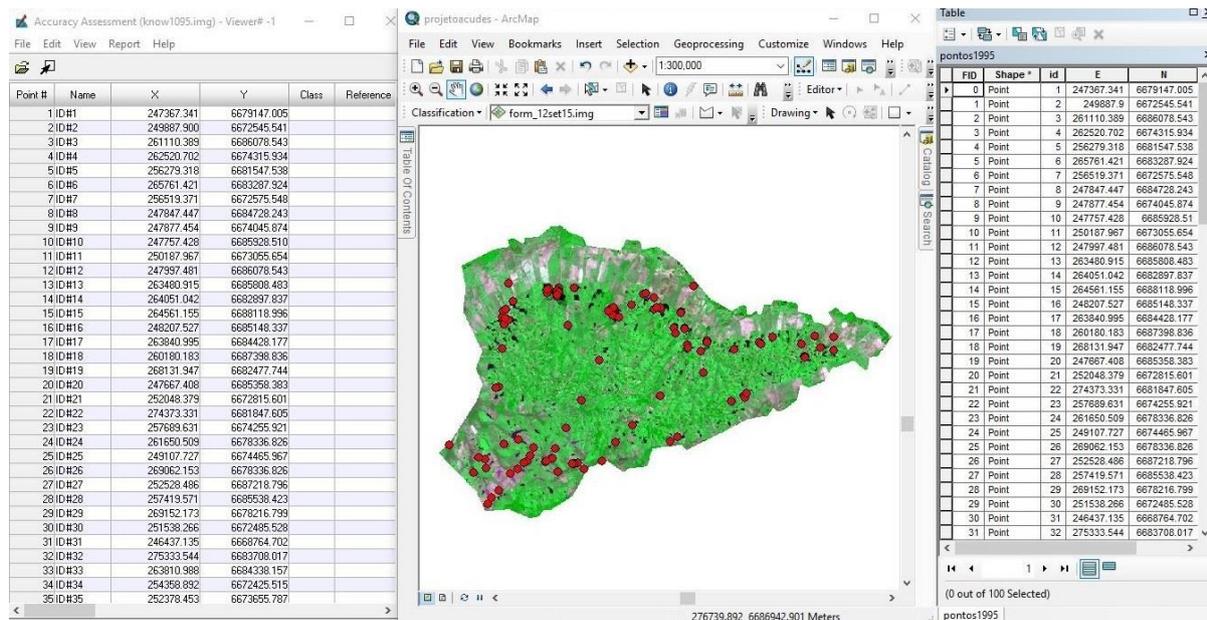


Figura 3: Metodologia de verificação manual dos pontos

Fonte: Autores

### 3. Resultados e Discussão

Para a validação da classificação por árvore de decisão, foi confeccionada uma tabela para melhor compreensão dos resultados que a seguir estarão representados pela quantificação dos polígonos resultantes e sua ocupação espacial por unidades de medida.

As tabelas a seguir apresentarão o número de células que coincidem entre as duas datas sendo a reclassificação obtida pela árvore de decisão utilizada para tornar os dados comparáveis entre si.

Tabela 1 - Polígonos correspondentes às superfícies de drenagem resultantes da classificação por árvore de decisão.

Nº de superfícies de massas de água	1995	2005	2008 ANA/referência	2015
Até 20 ha	572	614	46	703
Acima de 20 ha	14	11	19	14

Fonte: Base georreferenciada resultante do algoritmo *knowledge engineer*

No mapeamento da ANA (2008) constam apenas os corpos hídricos de domínio Estadual, constando do mapeamento de Massas de água Lago ou Lagoa, Represa e Açudes.

Tabela 2: Ocupação pelas barragens, no município de Formigueiro – RS

Classe	Município Formigueiro - RS					
	1995 (ha)		2005 (ha)		2015 (ha)	
	ha	%	ha	%	ha	%
Barragens	1906,67	35,83	1761,68	32,73	1939,05	38,87
Outros	53546,8	64,17	53568,96	67,27	53412,33	61,13

Da área total do município em questão em 1995 existiam 35,83% de superfícies de massas de água significando 1906,67 ha do território ocupados por barragens, no ano de 2005 com 1761,68 ha ocupados por barragens referente a 32,73 % do total, e 38,87% referente a 1939,05 ha no ano de 2015.

No ano de 2005 o Rio Grande do Sul sofreu períodos significativos de estiagem registrando para o mês de julho o equivalente a 25 mm de chuva sendo as médias normais climatológicas para o mês de julho de 400 mm (CPTEC/INPE, 2016).

Esse fator pode ser responsável pela diminuição da área total de massas de água registrado para o ano de 2005.

A imagem que produziu menor confusão espectral foi a imagem do sensor OLI do landsat-8 registrando menor área em alvos que não foram validados como massas de água, provavelmente áreas úmidas da várzea dos rios Vacacaí e São Sepé.

#### 4. Conclusão

Com base nos resultados obtidos a partir da metodologia utilizada, fica evidente no mapeamento das superfícies de massas de água para o município de Formigueiro no Rio Grande do Sul, o aumento significativo de reservatórios e açudes artificiais no município. Esse aumento consiste no uso da água para a dessedentação de animais bem como para irrigação por inundação contínua ou intermitente para o cultivo do arroz. Segundo dados da Fundação de Economia e Estatística FEERS (2016) () para o de 1995 a 2014 foram registrados aumentos significativos no quantitativo de rebanhos, de 1.179 cabeças de gado, e acréscimo de 2.300 ha de áreas de cultivo de arroz no município.

A metodologia de classificação por árvore de decisão empregada no trabalho mostrou-se eficaz e confiável, com ressalva de que é preciso realizar a validação de campo para a validação da resposta espectral dos alvos obtidos pelo classificador.

**Agradecimentos:** Os autores agradecem pelo apoio, e financiamento de bolsas de Iniciação Científica por parte do Colégio Politécnico da UFSM.

#### Referências Bibliográficas

Águas, Agência Nacional de Mapeamento de espelhos d'água. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/cadastrados/cnbarragens.aspx>>. Acesso em: 13 nov. 2016.  
Brasil. Constituição Federal de 1988. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, DF, 5 out. 1988. Seção I, p. 1.

Celinski, T. M. **Classificação de cobertura do solo utilizando árvores de decisão e sensoriamento remoto.**

Disponível em:

<[http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/101691/celinski\\_tm\\_dr\\_botfca.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/101691/celinski_tm_dr_botfca.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>. Acesso em: 1 nov. 2016.

Estatística, Fundação de Economia e. **Dados abertos.** Disponível em: <<http://dados.fee.tche.br/>>. Acesso em: 13 nov. 2016.

Jensen, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: Uma perspectiva em recursos terrestres.** J53s ed. Parêntese, 2009. São José dos Campos: tradução segunda edição, 1-3 p.

Novo, Evlyn M. L. de Moraes. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações.** 4 ed. São Paulo: Blucher, 2010. 33p.

Rio Grande do Sul. Lei nº 10.350, de 30 de dezembro de 1994. Institui o Sistema Estadual de Recursos Hídricos, regulamentando o artigo 171 da Constituição do Estado do Rio Grande do Sul. **Diário Oficial [Estadual]**, Rio Grande do Sul, RS, v. 1, n. 1, 1 jan. 1995. Seção I, p. 8.

SEMA. **Região Hidrográfica do Guaíba:** Bacia Hidrográfica dos Rios Vacacaí - Vacacaí Mirim. Disponível em: <<http://www.sema.rs.gov.br/>>. Acesso em: 10 nov. 2016.