

## Identificação de áreas inundáveis no município de São Mateus com a utilização de imagens do satélite CBERS-2B

Gabriel Pedro Alves Lopes<sup>1</sup>  
Viviane dos Santos Coutinho<sup>1</sup>  
Gabriel Silva Nogueira<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Espírito Santo - UFES  
Av. Fernando Ferrari, 514 - Goiabeiras, ES, 29075-910  
Gabriel14pedro@gmail.com  
Vivianecoutinho74@gmail.com  
Gbl.snogueira@bol.com.br

**Abstract.** The present article has as main objective to present a proposal of integrated geographic analysis for the delimitation of eventual flooded area with utilization of free satellite images and with easy practices. This job was utilized software tool ArcGis 10.1 with CBERS-2B, uses of images show the possibility utilize techniques of Remote Sensing to forearm futures flooding. The area chosen was São Mateus, North of state Espírito Santo, because this urban area has occurrences of the flooding during rain time with great lost of habitable constructions and risk for human life. The period analyse this job was between years 2008 and 2009 during period of the flood and lowest river from São Mateus. Utilizing the technic maximum-likelihood estimation (MLE) for supervised classification and classification with corrections from the elevation digital model (DEM) for comparison between flooded areas. The result of the study was satisfactory, why showed that with this techniques and with free products such methodology also makes possible the delimitation of flooded areas and unflooded areas in the state and regions of Brazil with the same characteristics. The article suggest the criation of digital database flooding and waterlogging for free access to organs from government, private and population, for thus keep security and reduce futures problems with urbanization at risk areas.

**Palavras-chave:** inundação, classificação supervisionada, processamento de Imagens, MDE; flood, supervised classification, images Process, DEM.

### 1. Introdução

O sensoriamento remoto se tornou um método bastante valoroso para os estudos científicos, especificamente as imagens de satélites, possibilitando e facilitando diversos tipos de análises, explicações e entendimentos das dinâmicas naturais que ocorrem no planeta (Florenzano, 2007). Essas imagens captadas da superfície terrestre podem ajudar a revelar, mudar e até prever muitos processos ocorridos na Terra.

Essas informações são retiradas das imagens de satélite por meio da foteointerpretação, que pode ser definida como a técnica que realiza o estudo das imagens fotográficas, buscando identificar, interpretar e obter informações sobre os fenômenos e objetos nela contidos (Fitz, 2010) e também pela utilização de softwares específicos, onde é possível trabalhar as imagens de muitas maneiras, assim como aplicar diversos tipos de técnicas e ferramentas disponíveis.

Dentre essas várias formas de uso e aplicação das imagens, este trabalho vai utilizar a identificação e análise do comportamento das águas de rios em diferentes momentos, ou seja, as áreas ocupadas por elas em períodos em que, devido a fatores climáticos, mais significativamente as intensidades de chuvas, vão afetar o volume de água desses rios.

Segundo a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (Cobrade, 2016), as inundações e alagamentos são fenômenos que se enquadram na categoria de desastres naturais, no grupo hidrológico, sendo as inundações, submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água, em zonas que normalmente não se encontram submersas e seu transbordamento ocorre de modo gradual, geralmente ocasionado por chuvas prolongadas (Cobrade, 2016). Enquanto os alagamentos se referem à extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana e conseqüente acúmulo de água em ruas, calçadas ou outras infraestruturas urbanas, em decorrência de precipitações intensas (Cobrade,

2016). A produção de mapas dessas áreas pode ser gerada a partir do processamento de produtos de sensoriamento remoto (Aguilar-Muñoz & Valeriano, 2015), como dados de satélite e radar.

O objetivo do trabalho, portanto, foi identificar áreas inundáveis a partir de imagens do satélite CBERS-2B, que foram captadas nos períodos de cheia e vazante fluviais, e de dados de Modelo Digital de Elevação (MDE).

A escolha do município de São Mateus como local de estudo, representado pela Figura 1, deu-se devido ao fato de o município ser um dos mais severamente afetados pelo processo de inundação no estado do Espírito Santo, entre os anos de 1991-2012 houve a ocorrência de sete (7) inundações e nesse mesmo período se verificou um total de 18000 pessoas atingidas, desse contingente total, 300 ficaram desabrigadas, segundo dados do Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil (CEPED, 2012). E também pela importância dos rios para o desenvolvimento do município, uma vez que foi através dele, rio Cricaré, que houve a colonização da região, e a presença de um porto fluvial no município que propiciou o surgimento do comércio e moveu a economia local. Durante muito tempo o rio foi o único elo de ligação da vila de São Mateus com as outras localidades (Dall'Orto, 2014), assim, o desenvolvimento da malha urbana se decorreu em função e ao redor do rio.

O município de São Mateus, localizado na sub-região litoral norte do estado do Espírito Santo, tem uma área total de cerca de 2338 Km<sup>2</sup> (Geobases, 2002). O clima regional é do tipo tropical úmido, com índices pluviométricos anuais bastante significativos e com temperaturas médias anuais de 25°C (Amarante et al., 2009). Por ser situado em uma zona costeira, as maiores precipitações médias vão ocorrer no verão com cerca de 400 mm devido à influência das frentes frias provenientes do sul e com uma média de 1200 mm anuais (Mendonça & Danni-Oliveira, 2007).

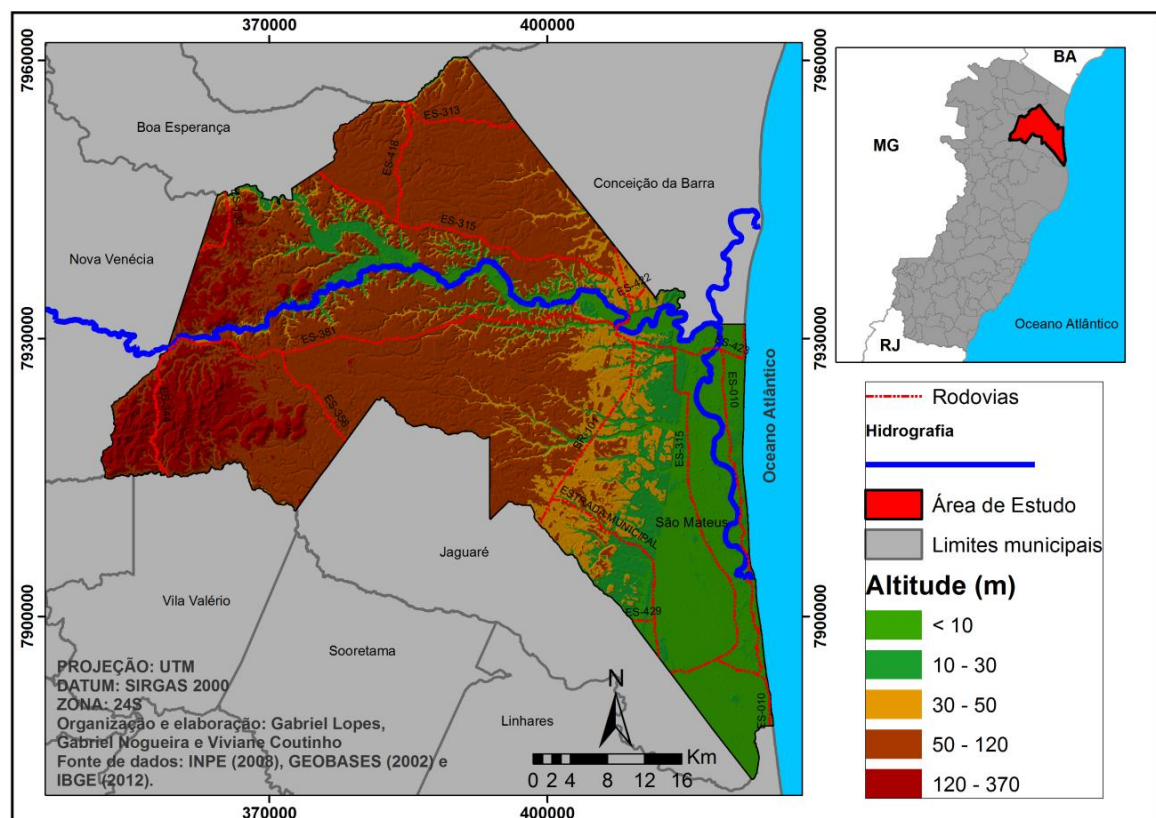


Figura 1 – Localização da área de estudo (São Mateus, ES).

O arcabouço Geológico da área estudada contém o embasamento pré-cambriano correspondendo à parte setentrional da Província Mantiqueira, estando incluída no Orógeno Araçuaí, que abrange a parte oeste da área, onde estão presentes rochas granitoides e o Complexo Nova Venécia, com silimanitas e gnaisses bandados (CPRM, 2014). A parte mais central é composta, predominantemente, de depósitos detríticos mal selecionados da Formação Barreiras, datados do Neógeno, recobrando cerca de 70% do município (CPRM, 2014). Na região costeira, faixa leste, há o predomínio de depósitos fluvio-lagunares, com a presença de cordões litorâneos e depósitos de pântanos e manguezais recentes (CPRM, 2014). Além disso, há também os depósitos fluviais situados na Bacia do Espírito Santo, correspondendo a uma feição originada pelos sedimentos transportados pelos rios e depositados ao longo de seus canais (CPRM, 2014).

Em termos Geomorfológicos, o município tem a presença de serras e morros, mais à oeste, correspondendo à unidade geomorfológica Patamares Escalonados do Sul Capixaba de 370 a 120 metros. Na porção mais central ocorre a presença de tabuleiros costeiros, de 30 à 120 metros, desenvolvidos sobre rochas da Formação Barreiras; e planícies costeiras, na porção mais à leste, áreas mais baixas, originadas por sedimentos quaternários (IJSN, 2012; Mendes et al., 1987).

## 2. Metodologia de Trabalho

A confecção do trabalho se deu a partir do uso de imagens e técnicas de Sensoriamento Remoto, demonstrado em etapas na Figura 2. A elaboração do trabalho ocorreu em 3 ( três) etapas: I. Aquisição dos materiais ótico-espaciais do município de São Mateus, do satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres, CBERS-2B, de resolução espacial de 20 m; e de dados Topodata (INPE, 2008) II. Organização e tratamento da imagem; e III. Delimitação da área inundada.

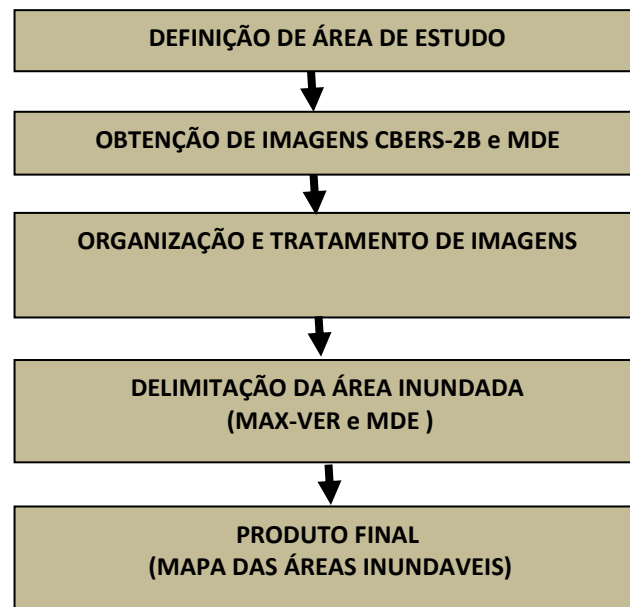


Figura 2 - Fluxograma da metodologia de trabalho

### 2.1 Materiais

Para a realização desse trabalho foram utilizadas as bandas 1, 2, 3 e 4, especificadas na Tabela 1, do satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres, CBERS 2B, câmera imageadora

CCD, contido na órbita 148, ponto 121, com resolução espacial de 20 x 20 metros e resolução temporal de 26 dias. As imagens foram adquiridas na Divisão de geração de imagens, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2016), a data de passagem do satélite no período de cheia foi na data de 07 de novembro de 2009, escolhida pelo fato de segundo os dados da Agência Nacional das Águas (ANA, 2016) dias antes ter ocorrido uma chuva de 114 mm e no mês anterior ter tido um volume de chuva alto. Já no período de vazante foi escolhida a data de 11 de maio de 2008, período de seca na região. A base cartográfica utilizada foi a do Estado do Espírito Santo, contida no banco de dados Geobases (2002).

Tabela 1 – Bandas utilizadas e suas respectivas resoluções espectrais do satélite CBERS-2B.  
 Adaptado de INPE (2016).

<b>Bandas Espectrais</b>	1 Azul (B)	2 Verde (G)	3 Vermelha (R)	4 Infravermelho próximo
Resolução Espectral(μm)	0,45-0,52	0,52-0,59	0,63-0,69	0,77-0,89

As etapas de Organização e tratamento da imagem como georreferenciamento, composição e classificação das imagens do satélite, foram feitas a partir do *Software ArcGis 10.1*®. Para ajudar na classificação, foram utilizados os dados altimétricos do Topodata (INPE, 2008), para melhor definição das áreas inundadas como Coelho & Ferreira (2011).

## 2.2 Organização e Tratamento das Imagens

Em um primeiro momento foi feita a padronização Cartográfica, colocando todos os dados no Datum SIRGAS-2000, Zona 24S, e posteriormente, foram feitas correções das imagens do satélite CBERS, utilizando-se da ferramenta *Georeferencing* do ArcGis.

Em seguida foram feitas as composições da imagem, a de cheia (2009) e de vazante (2008), do satélite CBERS-2B, com a combinação das quatro bandas: Azul, Verde, Vermelha e Infravermelho próximo. Após essa etapa foram selecionados no filtro RGB, banda 4 no filtro vermelho, a banda 3 no verde e a banda 4 no azul (4R-3G-2B), sendo essa a combinação “Falsa-Cor vermelha”, que deixa a água com um tom azulado, o solo e áreas urbanizadas com uma cor azul com tons de verde e a vegetação com diferentes tons de vermelho.

## 2.3 Delimitação da Área Inundada

A delimitação das áreas inundadas foi feita a partir da fotointerpretação das imagens de cheia (2009) e de vazante (2008), e posterior utilização da técnica de classificação supervisionada de máxima verossimilhança MAX-VER. Nessa técnica o mapeador é quem escolhe a valoração dos erros de atributos para uma determinada classe em comparação às outras (Shiba, 2005), que se baseia na definição de locais que representem determinadas porções da superfície, pela interação das feições escolhidas, para ser representados em forma de polígonos. Os processos de execução dessa técnica se dão pela escolha de polígonos para determinadas classes, relacionamento entre *pixels* das classes e determinação da probabilidade dos píxeis pertencerem a sua classe (Fitz, 2010; Shiba et al., 2005).

No processo de classificação, as áreas foram alocadas em duas categorias distintas – áreas inundáveis e não inundáveis. Logo após a classificação, foram feitas correções manuais na imagem a partir da observação do Modelo Digital de Elevação (MDE), elaborado a partir de dados Topodata (INPE, 2008), retirados da missão *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), para melhor definição das áreas inundáveis.

### 3. Resultados e Discussão

Na figura 3 é possível notar a imagem composta do satélite CBERS-2B, no período de cheia (07/09/2009) e vazante (11/05/2008). A partir dela podemos observar as amplas variações que ocorrem no município em períodos diversos. A partir do momento de cheia é que foi feito todo o processo de vetorização e constatação de toda porção inundada.

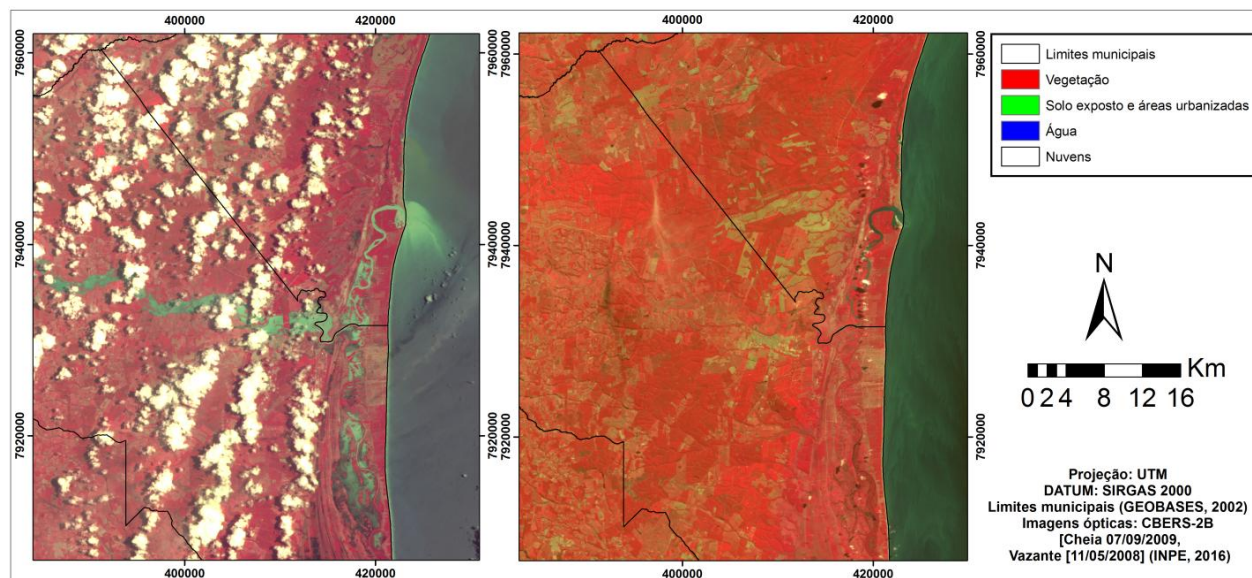


Figura 3 – Imagens do Satélite CBERS-2B, à esquerda, de 07 de novembro de 2009 (Cheia) e à direita, de 11 de maio de 2008 (Vazante).

A partir da classificação supervisionada, Figura 4, podemos observar que no período de cheia (07/11/2009) houve uma área inundada de 83 km<sup>2</sup>, correspondendo a 3,55% do município de São Mateus, demonstrado na Tabela 2, sendo essa uma grande porção do terreno da área.

Conforme demonstrado, as inundações estão concentradas em duas regiões principais – numa planície fluvial de um rio mais caudaloso (Rio Cricaré), e em áreas de influência de maré (Porção inundada mais à leste) – onde há a presença de mangues e pântanos. A urbanização está sobreposta às estas áreas, fazendo com que haja nessas regiões grande suscetibilidade à alagamentos, e como já observado pelo Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil (CEPED, 2012), grandes perdas e prejuízos.

Tabela 2 - Área inundável e não inundável do município de São Mateus

Município	Área Não inundada (Km <sup>2</sup> )	Área inundada (Km <sup>2</sup> )	Área total (Km <sup>2</sup> )
São Mateus	2255	83	2338

A região do Rio Mariricu, rio situado mais a leste, Figura 1, é uma planície fluvial que possui uma foz artificial que foi construída para facilitar a passagem de embarcações na época de comercialização de povos em situação de escravidão. Esta planície é a região de baixo curso do rio Mariricu, que é defluente do Rio São Mateus. Sendo uma planície de grande extensão que sofre interferências da oscilação dos níveis do mar, está propícia a inundações, principalmente, em tempos de cheia do rio (Figura 4). O contato com a maré aumenta ainda mais a probabilidade de ocorrência de inundações.

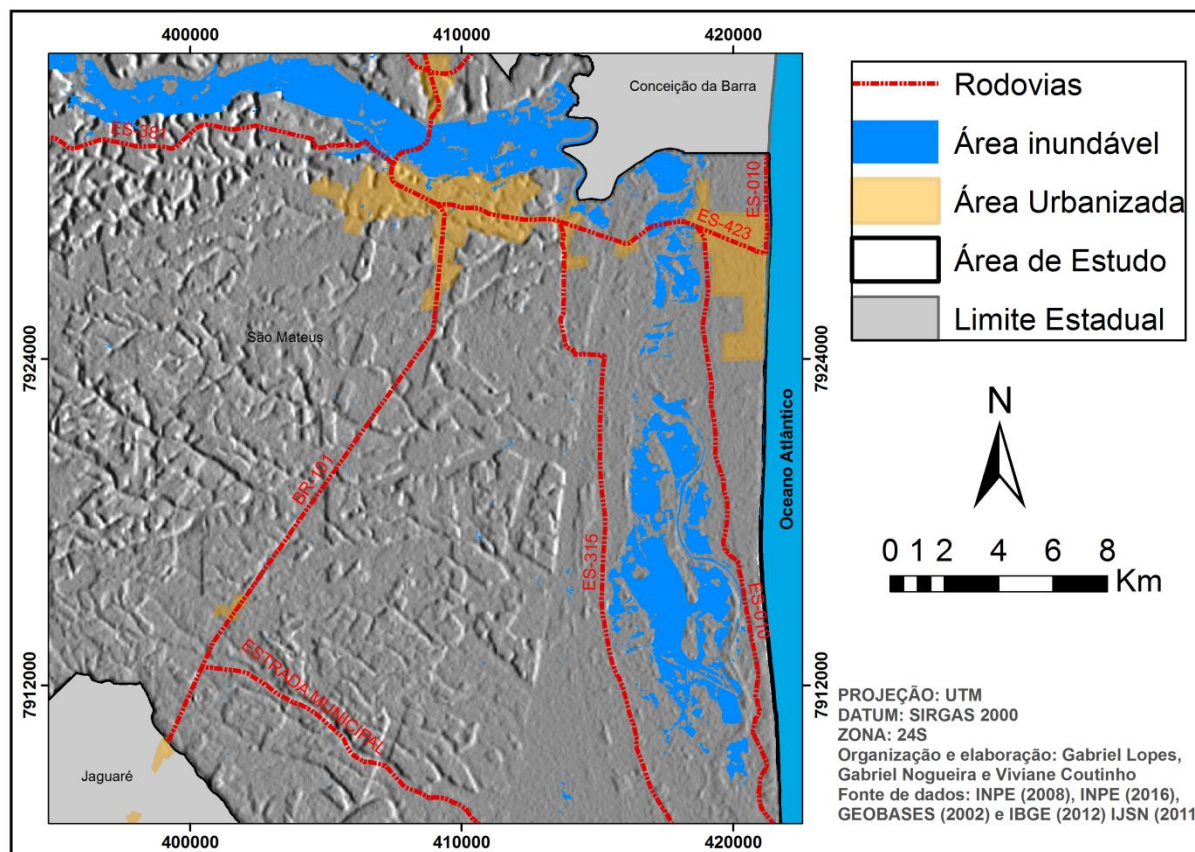


Figura 4 – Delimitação da área inundável a partir de imagem de Satélite e MDE.

#### 4. Conclusões

Neste trabalho, pôde-se observar que no município de São Mateus, há diversas áreas significativamente grandes, onde as águas dos rios ocupam em períodos de cheias, causando inundações e podendo chegar a alagar estradas e residências em períodos de chuvas constantes, pois estas áreas são naturalmente suscetíveis à inundação, devido serem locais em sua maioria, de planícies de inundação.

A técnica utilizada se mostrou bastante eficaz, mostrando-se de fácil acesso e manuseio, sendo que as análises e trabalhos realizados com imagens de satélites (CBERS-2B), dados numéricos de elevação (Topodata, 2008) e *softwares* permitiram o alcance de resultados muito significativos e valiosos, possibilitando a identificação de locais suscetíveis aos processos de inundação e conseqüente alagamento, no município estudado. Contudo se faz necessário ida a campo para validação dos resultados obtidos.

Por fim, como demonstra a Lei Federal nº 12.608, de 10 de abril de 2012, em suas disposições federal, estaduais e municipais, há o dever de adotar medidas necessárias para redução de riscos de desastres, assim, observamos a necessidade da criação de um banco de dados central, que possibilite o armazenamento e a criação de um histórico de desastres, como um de inundações, o que facilitaria um trabalho continuado na prevenção de desastres naturais nessas regiões, como os decorrentes na área estudada.

#### Referências Bibliográficas

Agência Nacional das Águas – ANA. Hidroweb ANA. Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/>>. Acesso em: 02.out. 2016.

Aguilar-Muñoz, V.; Valeriano, M. M. Mapeamento de planícies inundáveis a partir de MDE e avaliação da exposição à inundação na bacia do rio Itajaí. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 04.,

2015, João Pessoa. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2015. Artigos, p. 3331-3338. On-line. ISBN 978-85-17-0076-8. Disponível em: <<http://marte2.sid.inpe.br/rep/sid.inpe.br/marte2/2015/06.15.15.25.49>>. Acesso em: 04.out. 2016.

Amarante. O.A.C; Silva.F.J.L; Andrade.P.E.P; Parecy. E. . **Atlas eólico: Espírito Santo**. Vitória, ES: ASPE, 2009. Disponível em: <[http://www.aspe.es.gov.br/web/atlaselico/es\\_clima.htm#temperaturas](http://www.aspe.es.gov.br/web/atlaselico/es_clima.htm#temperaturas)> Acesso em: 22.out. 2016.

Centro Universitário de Estudos e pesquisas sobre desastres, CEPED. Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2010. Volume Espírito Santo. Florianópolis, Sc., 2012a. 93p. Disponível em <<http://150.162.127.14:8080/atlas/Atlas%20Espirito%20Santo%202.pdf>>. Acesso em 14.09. 2016.

COBRADE. Classificação e codificação brasileira de desastres. 2016. Disponível em: <[http://www.mi.gov.br/c/document\\_library/get\\_file?uuid=f9cdf8bf-e31e-4902-984e-a859f54dae43&groupId=10157](http://www.mi.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=f9cdf8bf-e31e-4902-984e-a859f54dae43&groupId=10157)>. Acesso em: 24.out. 2016.

Coelho, A.L.N.; Ferreira, G.A.C. Geotecnologias aplicadas em área inundável: O caso de Brejo Grande, Serra-ES. **Geotextos**, vol. 7, n. 1, jul. 2011, p. 159-183, 2011.

CPRM – Companhia de Pesquisa e Recursos Mineiros, Serviço Geológico do Brasil. 2014. Carta Geológica do estado do Espírito Santo. 1:400.000.

Dall'orto, M.A.C.. **Rio Cricaré: e a história cultural do seu povo**. Vitória: Rio Cricaré, 2014. 106p.

Fitz, Paulo Roberto. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 160p.

Florenzano, Teresa Gallotti. **Iniciação em sensoriamento remoto**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

GEOBASES - Sistema Integrado de Bases Georreferenciadas do estado do Espírito Santo (Geobases). Plano de informações: hidrografia, rodovias, área urbana e Limite de municípios. Fornecido pelo Laboratório de Cartografia Geográfica e Geotecnologias (LCGGEO) em 2002.

Instituto Jones dos Santos Neves - IJSN. **Mapeamento geomorfológico do estado do Espírito Santo**. Vitória, ES, 2012.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Satélite Sino Brasileiro de Recursos Terrestre: Sobre o Satélite. Disponível em: <[http://www.cbets.inpe.br/sobre\\_satelite](http://www.cbets.inpe.br/sobre_satelite)> Acesso em 14.Set. 2016.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Divisão de Geração de Imagens disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em 14 set. 2016.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. Topodata. Folhas 18S405 e 19S405. São José dos Campos, 2008. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/>>. Acesso em: 08. Set. 2016.

Lei federal nº 12.608. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm)> Acesso em: 26. out. 2016.

Mendes, I.A; Dantas, M; Bezerra, L.M.M. Gemorfologia. **Projeto Radam Brasil**. Folha SE.24 Rio Doce .V 34. Rio de Janeiro, 1987.

Mendonça, F.; Danni-Oliveira, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: oficina de texto, 2007.

Shiba, M. H.; Santos, R. L.; Kim, H. Y.; Quintanilha, J. A.. Classificação de imagens de sensoriamento remoto pela aprendizagem por árvore de decisão: uma avaliação de desempenho. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. 4319-4326. On-line. ISBN 85-17-00018-8. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.23.11.44/doc/4319.pdf>> Acesso em 25.out. 2016.