

Uso e cobertura do solo na bacia do rio Jacarecica (Maceió – AL) utilizando imagem Quickbird

Edson de Oliveira Souza¹
Rosilene Mendonça Nicácio Jimenéz²
Michely Libos³

¹União das Faculdades de Alagoas – UNIFAL
Rua Barão de Jaraguá, 398 – Jaraguá, Maceió – AL, Brasil, CEP 57022-140
edson_eng_agri@yahoo.com.br

²Universidade Federal de Alagoas – UFAL
Avenida Lourival de Melo Mota, s/n – Tabuleiro dos Martins, Maceió – AL, Brasil, CEP
57072 -900
rmonicacio@gmail.com

³Instituto Federal de Alagoas – IFAL
Rua Lourival Alfredo, 176 – Poeira, Marechal Deodoro – AL, Brasil, CEP 57160-000
mlibos@gmail.com

Abstract. The use and soil cover in the Maceio-AL region has had many transformations with a great increase in its urban area. With the advancement of this disorderly urbanization occur numerous problems related to increased environmental degradation of watersheds, resulting in damages to natural resources. In this context and considering that the Jacarecica's watershed is situated in an area subject to human disturbance processes, this study aimed to diagnose the use and soil cover in the Jacarecica's watershed. For this was made a supervised classification using the maximum likelihood algorithm (MAXVER) in a Quickbird satellite image. The application of the proposed methodology resulted in a map of use and soil cover with satisfactory precision, ratified by Kappa coefficient and overall accuracy index. The results also showed that the Jacarecica river basin, despite being inserted in an urban area, preserving an area around 38% of vegetation. This river basin has areas for agriculture, about 17%, dominated the cultivation of sugarcane; and that approximately 28% of exposed soil area was mostly found in the Antares neighborhood region.

Palavras-chaves: supervised classification, algorithm of maximum likelihood, use and soil cover, classificação supervisionada, algoritmo da máxima verossimilhança, uso e cobertura do solo.

1.0. INTRODUÇÃO

Com a interferência do homem no uso e cobertura do solo, é estabelecido um cenário de acelerada modificação dos recursos naturais, com impactos na qualidade do solo, nos recursos hídricos e na cobertura vegetal (CRUZ *et al.*, 2011). Segundo Ribeiro (2009), com as várias alterações que ocorrem no meio ambiente nos dias de hoje, surge a necessidade de detectar as modificações em um espaçamento de tempo em algumas áreas, com o intuito de proteger e assegurar a qualidade do meio.

A análise espacial terrestre se tornou mais eficaz com o avanço das geotecnologias, dentre estas se destaca o Sensoriamento Remoto, que segundo Novo (2008), pode ser definido como sendo a obtenção de dados a partir da mensuração e identificação da interação dos alvos com a radiação eletromagnética. A disseminação de imagens orbitais e de ferramentas de processamento digital tornou a utilização das geotecnologias um item de suma importância

em estudos de análise ambiental. Para Cruz *et al.*, (2011), o uso e cobertura do solo em bacias hidrográficas têm sido constantemente utilizados como indicadores de qualidade ambiental.

Os mapas de uso e cobertura do solo é um dos principais instrumentos de detecção de mudanças da paisagem de uma região, e podem ser obtidos a partir de imagens orbitais. As imagens de alta resolução espacial, tais como as do *Quickbird* e *Worldview*, são produtos em ascensão devido ao seu potencial de fornecer informações detalhadas sobre a superfície terrestre. Motivado por um melhor entendimento da distribuição de uso e cobertura do solo, já que este pode promover alterações nos fluxos radiativos e energéticos, relevantes em análises hidrológicas, este estudo teve como objetivo gerar um mapa de uso e cobertura do solo para a bacia do rio Jacarecica, utilizando uma imagem *Quickbird* e o processo de classificação supervisionada associada ao algoritmo de máxima verossimilhança (MAXVER).

2.0. METODOLOGIA DE TRABALHO

A bacia do rio Jacarecica está situada no município de Maceió - AL. Trata-se de uma bacia relativamente pequena, drenando uma área de 25,73 km² e seu canal principal possui 13 km de extensão, estando compreendida entre as coordenadas geográficas 9°32'33''S e 9°37'56''S de latitude, 35°41'06''O e 35°45'00''O de longitude, no Datum SAD69 (Figura 1) (GUIMARÃES JR., 1995).

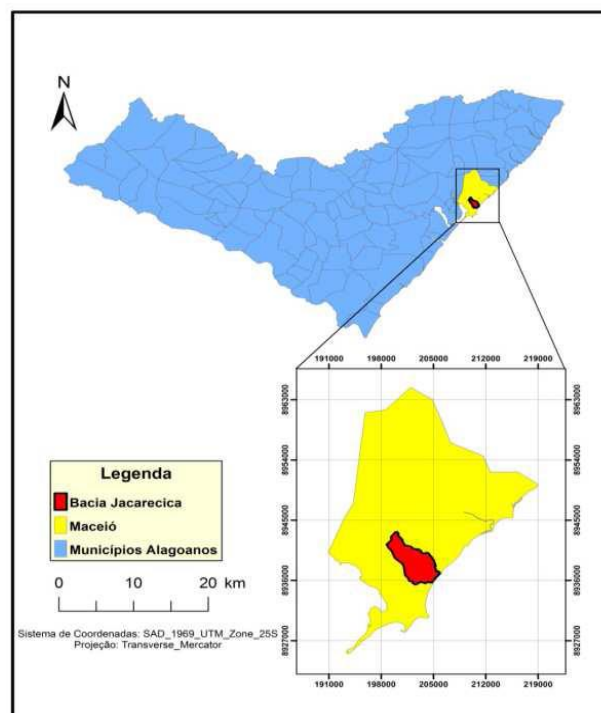


Figura 1 - Localização da bacia do rio Jacarecica.

A metodologia utilizada foi dividida nas seguintes etapas: 1) Montagem do mosaico de imagens *Quickbird*; 2) Edição do arquivo vetorial (formato *shapefile*) do contorno da bacia hidrográfica; 3) Enquadramento da imagem *Quickbird* envolvendo a área da bacia hidrográfica; 4) Aplicação da Classificação supervisionada na imagem, na área de interesse, utilizando o algoritmo de máxima verossimilhança (MAXVER); 5) Avaliação da acurácia da classificação supervisionada.

Para a montagem do mosaico foi utilizado um conjunto de 36 recortes de imagens *Quickbird* de 15 de agosto de 2005, que cobre todo Município de Maceió. Estas imagens

foram cedidas pela prefeitura de Maceió, através de um convênio com a Universidade Federal de Alagoas, representada pelo Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente – IGDEMA. As imagens *Quickbird* adquiridas estão no formato *Tiff* e possuem resolução espacial de 2,44 m nas bandas multispectrais. As imagens cedidas pela prefeitura já estavam corrigidas geometricamente e apresentavam compatibilidade com a base cartográfica de Maceió. Desta maneira, estas imagens apresentavam projeção UTM, zona 25 Sul, com Datum SAD69.

O arquivo vetorial no formato *shapefile* utilizado como contorno da bacia do rio Jacarecica foi obtido através do portal eletrônico da Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Alagoas (SEMARH – AL), <semarh.al.gov.br>, a partir do *link* do Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH). De posse deste arquivo, foi realizada uma edição do arquivo *shapefile* com o *software Arcgis 10.1*, através da ferramenta *edit shape*, com base na imagem *Quickbird* e no modelo digital de elevação (MDE) SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) da área em estudo. O MDE utilizado neste estudo foi disponibilizado pela EMBRAPA, com resolução espacial de 90 metros, no endereço eletrônico <www.relevobr.cnpm.embrapa.com.br/download/>. Essa edição do arquivo vetorial consistiu em melhor ajustar os limites da bacia de acordo com os seus divisores de água (Figura 2).

Para o processo de classificação supervisionada da imagem, foram selecionadas amostras de treinamento para as seguintes classes: água, vegetação nativa, agricultura, nuvens, sombreamento, solo exposto, área urbana e área de queimada. É importante mencionar que algumas destas classes, tais como vegetação nativa, água e solo exposto, foram divididas em subclasses, visando definir amostras o mais homogêneas possível para o processo de classificação. A necessidade desta subdivisão das classes está associada a uma melhor discriminação dos alvos da superfície, sobretudo associadas a alta resolução espacial da imagem. No entanto, para a análise quantitativa, estas subclasses foram concatenadas.

O processo de amostragem para a realização da classificação supervisionada, com algoritmo MAXVER, foi realizado no *software Erdas Imagine 2011*. Inicialmente foram definidos conjuntos de amostras de treinamento para cada classe de uso e cobertura. Essas amostras são pequenas áreas delimitadas sobre a imagem, que correspondem, a locais no terreno, representativos para cada classe (RICHARDS, 1986; NOVO, 2008). Em cada amostra tomou-se o cuidado de se evitar áreas que pudessem pertencer a classes diferentes, também se evitou incluir nas amostras de treinamento as regiões próximas a fronteiras entre duas classes de cobertura diferentes.

Segundo Lillesand *et al.* (2004), uma classe espectral pode conter várias amostras de treinamento. Quando é delimitado um conjunto de treinamento para uma determinada classe, deve-se analisar diferentes locais dentro da cena. Para determinada classe espectral, é mais viável definir, por exemplo, 20 amostras em locais diferentes contendo cada uma 40 *pixels*, do que uma amostra coletada em apenas um local contendo 800 *pixels*. A dispersão dos locais pela cena aumenta a possibilidade do conjunto de treinamento representar mais adequadamente a variação das coberturas presentes na cena.

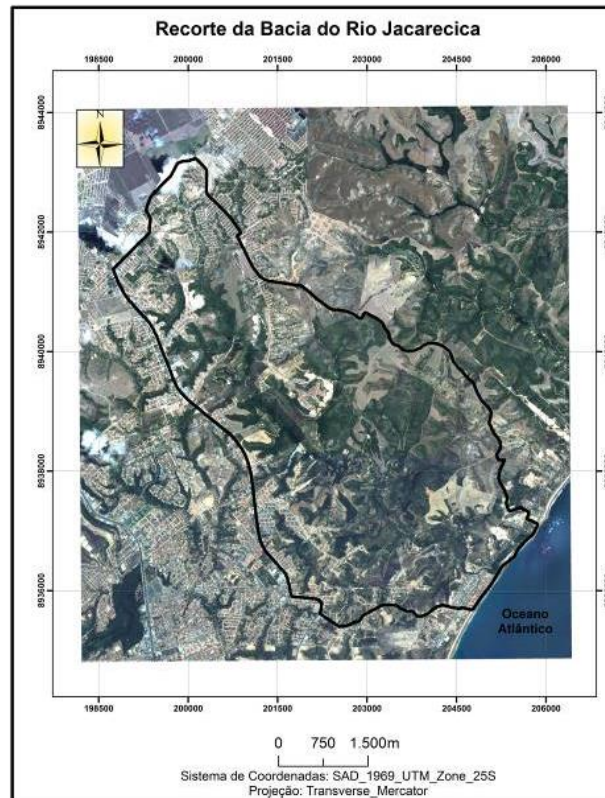


Figura 2 - Região da bacia do rio Jacarecica.

O algoritmo MAXVER é um dos métodos de classificação supervisionada mais utilizados para imagens de sensoriamento remoto. A máxima verossimilhança pode ser descrita como uma função densidade de probabilidade $P(x)$, com base no teorema de Bayes, onde é calculada a probabilidade a posteriori de cada pixel pertencer a uma dada classe C_i ($i = 1 \dots n$). O *pixel* será alocado na classe cuja probabilidade de pertencer seja maior (RICHARDS, 1986). Para Erbert (2001), este método de classificação é considerado paramétrico, pois envolve o vetor média e a matriz de covariância e é supervisionado, pois estima estes parâmetros através das amostras de treinamento.

Para um melhor resultado da classificação foi utilizado um filtro majoritário, pois, de acordo com Crosta (1993 *apud* Quartaroli e Batistella, 2006), muitas vezes a classificação resulta em uma imagem com ruídos, ou seja, apresenta *pixels*, ou grupos de pixels isolados na imagem, assinalados por diversas classes que ocorrem próximo a regiões homogeneamente classificadas. Uma das técnicas utilizadas para homogeneizar as classes, ou amenizar os ruídos em uma imagem classificada é a aplicação do filtro estatístico *Majority* (valor predominante), sendo esta uma ferramenta presente no pacote computacional *Erdas Imagine* 2011.

Quando *pixels* de referência (*pixels* que servem de referência para a comparação com os pixels da imagem real ou verdade de campo) são selecionados pelo analista para a avaliação da acurácia, muitas vezes está implícita a tendência de que o analista escolha os mesmos pixels que foram utilizados nas amostras de treinamento para execução da classificação. Este é o gargalo do teste, uma vez que as amostras de treinamento são a base da classificação. Ao permitir que os pixels de referência sejam selecionados de forma aleatória, a possibilidade de se escolher os mesmos *pixels* é diminuída, ou até mesmo eliminada (CONGALTON, 1991). O número de *pixels* de referência é um fator importante na determinação da acurácia da

classificação. Ainda em conformidade com Congalton (1991), a utilização de pelo menos 250 *pixels* de referência já permite estimar a precisão média de uma classe dentro de um erro de mais ou menos 5% de acurácia.

Para a avaliação da acurácia da classificação da imagem da bacia do rio Jacarecica foram selecionados 250 *pixels* de forma aleatória como sugere o guia de campo do *software Erdas Imagine*. O programa utiliza uma janela quadrada para selecionar os *pixels* de referência. O tamanho da janela pode ser definido pelo analista (ERDAS, 1999).

Os *pixels* foram escolhidos de forma estratificada aleatória (*Stratified Random*), o que garante que todas as classes terão pelo menos um *pixel* aleatório escolhido. Quartaroli e Batistella (2005) sugerem um mínimo de 4 *pixels*, porém para este trabalho foi utilizado um número mínimo de 10 *pixels* para cada classe, visando a obtenção de resultados mais satisfatórios.

O processo de verificação se deu atribuindo-se a cada *pixel* escolhido aleatoriamente a classe ao qual o mesmo pertencia na realidade. Com base na imagem de referência (verdade de campo) este processo deu origem à matriz de erros (matriz de confusão). A matriz de erros apresenta em sua diagonal principal, a quantidade dos *pixels* selecionados para o teste de acurácia que foram classificados corretamente para cada uma das classes. As demais células da matriz apresentam a quantidade de *pixels* classificados incorretamente. Após a construção da matriz de confusão foi possível a realização dos cálculos do coeficiente de exatidão global e do coeficiente Kappa.

3.0. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A aplicação do filtro majoritário através de uma janela (7 x 7 *pixels*) resultou em uma classificação mais homogênea, ou seja, foram mitigados os ruídos existentes na imagem, possibilitando uma melhor análise da região em estudo.

Com base na matriz de confusão, a acurácia global da classificação foi de 92%. Já o coeficiente Kappa apresentou valor de 90,91%, que, segundo Landis e Koch (1977), é considerado um resultado excelente.

Também percebe-se que, em geral, o erro de omissão apresenta valores mais baixos em relação ao erro de inclusão. As classes vegetação, água clara, água escura, área urbana, nuvem, sombreamento e área de queimada apresentaram erro de omissão igual a zero, indicando que todos os *pixels* de controle destas classes não foram alocados em outras classes. Os maiores erros de omissão foram observados para solo exposto (20%) e vegetação ($\approx 18\%$), onde alguns *pixels* destas classes foram erroneamente alocados nas classes de água e área urbana, respectivamente. Quanto ao erro de inclusão, destaquem-se as classes de água e agricultura, com valores de 27,27% e 18,75%, respectivamente.

Uma avaliação da precisão do usuário do mapa de uso e cobertura do solo mostrou que a classe de vegetação apresentou uma chance superior a 94% do usuário realmente encontrar esta classe no campo. Já para classe área urbana esta chance foi superior 89%, agricultura > 81% e solo exposto > 96%.

A Figura 3 mostra o mapa de uso e cobertura do solo da região da bacia hidrográfica do rio Jacarecica, onde é possível verificar que a bacia, apesar de estar inserida no perímetro urbano do município de Maceió – AL, ainda apresentava, para época da obtenção da imagem *Quickbird*, uma área considerável de vegetação, e áreas onde a atividade agrícola é predominante, principalmente devido ao cultivo da cana-de-açúcar.

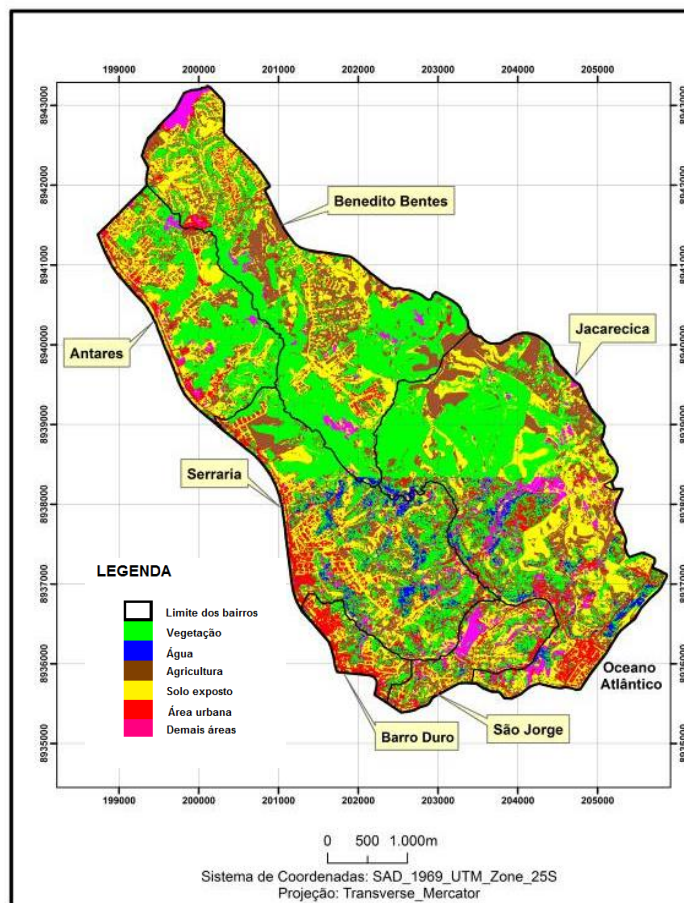


Figura 3 - Mapa de uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica do rio Jacarecica.

A Tabela 1 mostra os valores das áreas, em km², das classes de uso e cobertura do solo da bacia do rio Jacarecica e a Figura 4 mostra a distribuição percentual das classes por bairro.

Tabela 1 – Áreas das classes do mapa do uso e cobertura do solo da bacia do rio Jacarecica.

Classes de uso e cobertura	Área (km²)	Área (%)
Vegetação	9,27	36,03
Água	0,61	2,37
Agricultura	4,48	17,41
Área urbana	2,63	10,22
Solo exposto	5,95	23,12
Demais classes*	2,79	10,84
TOTAL	25,73	100,00

* Sombreamento, Nuvens e Área de queimadas.

A Tabela 1 ratifica a predominância da classe vegetação, mesmo estando esta bacia inserida em uma região de urbanização, com uma ocupação de aproximadamente 36% da área total da bacia do rio Jacarecica. Destaque-se também a área de solo exposto (≈23%) e agricultura, correspondendo a aproximadamente 17% da bacia. A área urbana, observada com maior ênfase no setor oeste da bacia e nas proximidades da foz do rio Jacarecica, representou aproximadamente 11% da área da região de interesse.

Com relação ao percentual das áreas ocupadas pelas classes de uso e cobertura do solo por bairro, verificou-se que a vegetação apresentou predominância nos bairros de Antares, Benedito Bentes, Jacarecica e Serraria, com ocupações de aproximadamente 43%, 42%, e 37%, respectivamente. Já a agricultura é mais destacada no bairro de Benedito Bentes, correspondendo a $\approx 23\%$. Destaque-se que para esta classe a ênfase é para a monocultura de cana-de-açúcar. Nos bairros de Barro Duro e São Jorge a predominância foi atribuída a classe de área urbana, correspondendo a 36% e 32%, respectivamente.

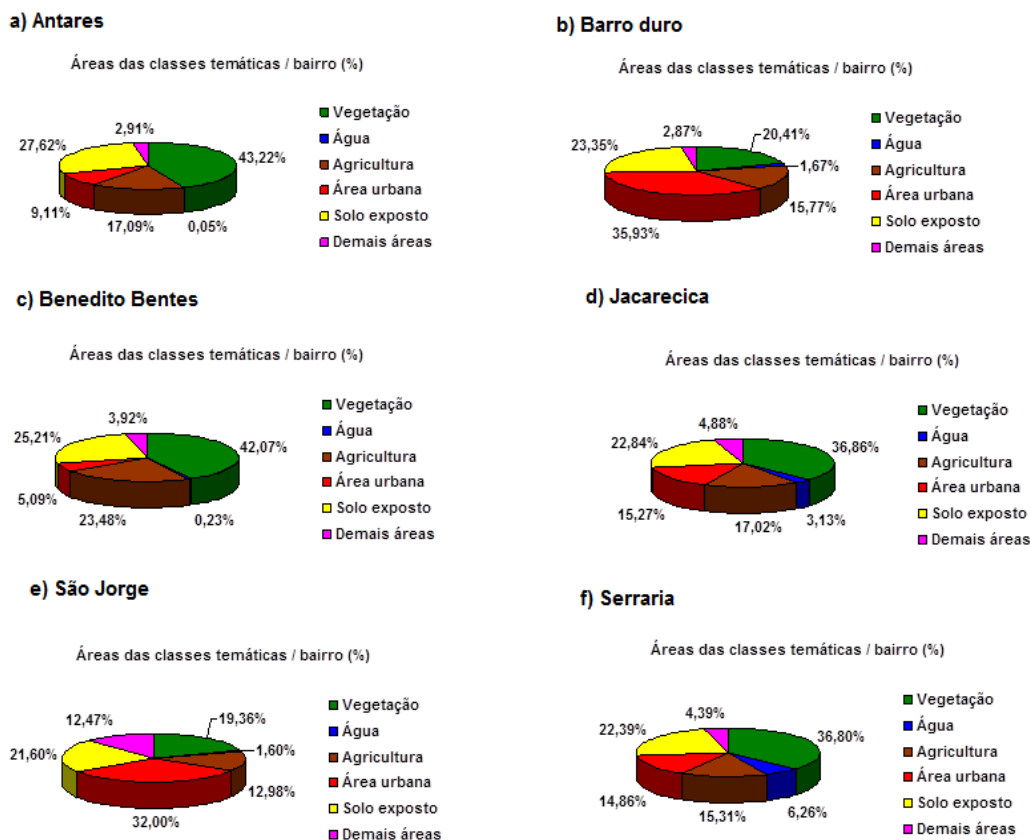


Figura 4 - Representação das áreas das classes de uso e cobertura do solo nos bairros inseridos na bacia do rio Jacarecica em valores percentuais.

4.0. CONCLUSÕES

Este trabalho teve como propósito geral analisar o uso e cobertura do solo da bacia do rio Jacarecica com base em dados obtidos a partir de imagens de alta resolução espacial - *Quickbird*. Durante o processo de treinamento das amostras verificou-se que o filtro majoritário mostrou-se uma ferramenta bastante útil para obtenção de um resultado satisfatório do mapa de uso e cobertura do solo na bacia. A acurácia da classificação apresentou bons resultados baseados na avaliação do coeficiente Kappa e acurácia global, tendo em vista que foi utilizada uma imagem *Quickbird* que apresenta alta densidade de informações e dificulta o processo de classificação.

Com relação a área da bacia, pode-se dizer que esta é uma bacia relativamente pequena, e que apresenta uma área de vegetação considerável mesmo estando inserida dentro perímetro urbano do município de Maceió – AL. Já em relação ao solo exposto, observou-se que este ultrapassa 20% da área total da bacia, sendo situado predominante nos bairros de Antares e

Benedito Bentes. Também ganha destaque as áreas destinadas a agricultura, que foi predominantemente observadas no bairro de Benedito Bentes.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelo fomento do projeto de pesquisa intitulado "Diagnóstico qualitativo das águas do rio Jacarecica (Maceió-AL) em associação com a dinâmica do uso e cobertura do solo e seus aspectos socioeconômicos", desenvolvido em parceria entre professores da Universidade Federal de Alagoas e do Instituto Federal de Alagoas.

REFERÊNCIAS

CONGALTON, R. A review of assessing the accuracy of classification of remotely sensed data. **Remote Sensing of Environment**, n. 37, p. 35-46, 1991.

CRUZ, M. A. S.; SOUZA, A. M. B.; JESUS, J. S. Avaliação da cobertura vegetal por meio dos Índices de Vegetação SR, NDVI, SAVI e EVI na bacia do rio Japarutuba-Mirim em Sergipe. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, XV., 2011, Curitiba - PR, Brasil. **Anais...** São José dos Campos: INPE, p.1357, 2011.

ERBERT, M. **O Uso da Análise Discriminante Regularizada (RDA) no Reconhecimento de Padrões em Imagens Digitais Hiperespectral de Sensoriamento Remoto**. 2001. 118 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

ERDAS. **Field Guide**. Atlanta: ERDAS, 1999. 672p

GUIMARÃES JÚNIOR, S. A. M. **Levantamento Preliminar do Uso da Terra da Bacia do Rio Jacarecica, Alagoas – 1994**. 1995. Monografia (Graduação) – Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Alagoas, Maceió.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v.33, n.1, p.159-174, 1977.

LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W.; CHIPMAN, J. W. **Remote Sensing and Image Interpretation**. John Wiley e Sons, Nova Iorque, 5. ed. 763p., 2004.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 363p. 2008.

QUARTAROLI, C. F.; BATISTELA, M. **Classificação Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto: Tutorial Básico**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite - Documento 44, 2005, 146p.

RIBEIRO, J. R.; SILVA, M. V. A.; BOGGIONE, G. A. Diagnose da cobertura vegetal de Ilha Grande no Município de Angra dos Reis RJ, Pós Presídio, utilizando técnicas de Geoprocessamento. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto- SBSR, 2009, Natal - RN, Brasil. **Anais...**Natal: INPE, 2009.

RICHARDS, J. A. **Remote sensing digital: An introduction image analysis**. 1 ed. Munich, Germany, Springer-Verlag, 1986.