

ANÁLISE TEMPORAL DA COBERTURA VEGETAL COM O EMPREGO DE GEOTECNOLOGIAS: ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE CARIACICA - ES

Temporal analysis of vegetation using geotechnology: case study on city of Cariacica - ES - Brazil

Análisis temporal de la vegetación usando geotecnia: estudio de caso de la ciudad de Cariacica - ES - Brasil

Rafael Justino de Jesusⁱ
André Luiz Nascentes Coelhoⁱⁱ
Universidade Federal do Espírito Santo - Brasil

RESUMO

O presente texto tem como objetivo espacializar e analisar a distribuição da cobertura vegetal do município de Cariacica-ES em 1991 e 2010, utilizando ferramentas geotecnológicas Sistema de Informações Geográficas (SIG) integrada com dados de Sensoriamento Remoto (SR) e técnicas como o emprego do método de classificação supervisionada Máxima Verossimilhança (Max-Ver). O mapeamento de cobertura vegetal de 2010 apresentou resultados satisfatórios durante a checagem em campo e quando confrontado com o mapa de 1991 revelou as áreas em que ocorreram mais perdas e ganhos de cobertura arbórea. Tal metodologia possibilita a aplicação em outros municípios ou áreas, constituindo-se numa importante ferramenta de apoio para diagnósticos e ordenamento do território.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto; Sistema de Informações Geográficas; Max-Ver.

ABSTRACT

This paper was aimed spatialize and analyze the distribution of vegetation of the city of Cariacica-ES, Brazil, in 1991 and 2010, using Geographic Information System (GIS) integrated with Sensing Remote and use of the method algorithm based on pixels Maximum Likelihood Classification - MLC. The mapping of 2010 showed satisfactory results during the check and when crossed with the map of 1991 showed the areas where they occur more losses and gains of vegetation. This methodology allows the application to other counties or areas, becoming an important tool of support for diagnosis and planning.

Keywords: Remote Sensing; Geographic Information System; Maximum Likelihood Classification.

RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo espacializar y analizar la distribución de la vegetación de la ciudad de Cariacica-ES, Brasil, en 1991 y 2010 con el uso del Sistema de Información Geográfica (SIG), técnicas de Teledetección y el uso del clasificación supervisada máxima verosimilitud. Lo mapa de 2010 mostró buenos resultados durante la verificación de campo y cuando se cruza con el mapa de 1991 muestra las zonas donde se producen más pérdidas y ganancias en la cubierta de árboles. Esta metodología permite la aplicación a otros condados o áreas, convirtiéndose en una importante herramienta de apoyo para el diagnóstico y la planificación.

Palabras clave: Teledetección; Sistema de Información Geográfica; Máxima Verosimilitud.

INTRODUÇÃO

As geotecnologias¹ com destaque para o Sensoriamento Remoto e os Sistemas de Informações Geográficas possuem grande relevância no auxílio à pesquisa em seus diversos âmbitos. Particularmente, o Sensoriamento Remoto vem adquirindo grande destaque no meio acadêmico. Consiste numa técnica que utiliza sensores para a captação e registro de dados sem nenhum contato direto com o alvo (FITZ, 2008). O Instituto Brasileiro

de Geografia e Estatística - IBGE o conceitua como,

A utilização conjunta de modernos sensores, equipamentos para processamento e transmissão de dados em aeronaves, espaçonaves, e etc., com o objetivo de estudar o ambiente terrestre através do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta Terra, em suas mais diversas manifestações (IBGE, 1999, p. 55).

Diversos pesquisadores, a exemplo de Guerra e Marçal (2006), apontaram que os problemas relacionados com a mudança do uso e da cobertura do solo, podem ser os responsáveis diretos por transformações de uma determinada área, provocando mudanças no âmbito social, na supressão do porte vegetativo, no ciclo hidrológico, na perda de habitats, bem como no empobrecimento e degradação do solo. Vindo ao encontro dessa realidade, os dados de sensoriamento remoto, aliados aos métodos de classificação como o Max-Ver (utilizado neste estudo), têm sido amplamente utilizados em pesquisas que realizam análises sobre a evolução da cobertura vegetal, e de todo o uso e cobertura da terra. Logo, esses dados estão sendo um suporte para tomada de decisões com vistas à solução de diversos problemas. É fato, portanto, que o emprego das geotecnologias tem possibilitado observar toda a dinâmica de uma determinada localidade. Todavia, apesar desta considerável “facilidade” no manuseio e acesso às informações e resultados, o tema ainda é pouco tratado em trabalhos que envolvem municípios do estado do Espírito Santo.

Esse estudo objetiva principalmente, espacializar e analisar a distribuição da cobertura vegetal do município de Cariacica-ES em 1991 e 2010, utilizando ferramentas geotecnológicas tais como o Sistema de Informações Geográficas (SIG) integradas com dados e técnicas de Sensoriamento Remoto (SR).

Como objetivos específicos, pretende-se identificar e interpretar a cobertura vegetal do território com o emprego do método de classificação supervisionada da Máxima

Verossimilhança (Max-Ver); verificar, em campo, a viabilidade/eficiência da aplicação do método Max-Ver em imagens orbitais gratuitas; calcular as áreas e percentuais de vegetação nos anos de 1991 e 2010, respectivamente; apontar as áreas e regiões em que ocorreram reduções/incrementos na vegetação e difundir o uso de geotecnologias na ciência geográfica.

O texto inicia-se pela realização de uma breve apresentação da utilização do Sensoriamento Remoto no auxílio ao mapeamento da vegetação. No segundo item, procurou-se realizar um resgate de toda a caracterização da área do estudo, apresentando os principais acessos viários, bem como os aspectos geomorfológicos e vegetativos. Posteriormente, procurou-se apresentar as técnicas de SIG e Sensoriamento Remoto que foram essenciais para a execução deste trabalho. Destacando-se georreferenciamento, composição de bandas e o mapeamento da vegetação, empregando o classificador supervisionado da Máxima Verossimilhança - Max-Ver; Por fim, teceram-se considerações a respeito do resultado da evolução da cobertura vegetal em Cariacica, que associado a pesquisas de campo, validou o uso do método Max-ver frente aos objetivos propostos no trabalho.

SUPORTE TEÓRICO

Segundo Rosa (2009), as técnicas de Sensoriamento Remoto ganharam destaque durante a Primeira e a Segunda Guerra Mundial, período em que os produtos limitavam-se a fotografias aéreas de pequenas

áreas. Somente no final da década de 50, com o início da chamada corrida espacial, houve o lançamento de espaçonaves e sensores na órbita, com objetivo de adquirir informações sobre a superfície terrestre de forma confiável e repetitiva (ROSA, 2009).

No Brasil, no início da década de 70, realizaram-se os primeiros mapeamentos de vegetação com base em produtos de sensoriamento remoto a partir de aerofotografias. Destaca-se, nesse período, o Projeto RADAMBRASIL, um dos mais significativos trabalhos nacionais desenvolvidos pelo Ministério de Minas e Energia, que operou na década de 70 até meados da década de 80, e teve como objetivo fundamental realizar o levantamento dos recursos naturais com base em imagens de radar captadas por avião complementado com campanhas de campo. Os resultados desses trabalhos formam textos analíticos e mapas temáticos sobre vegetação, geologia, geomorfologia, pedologia, uso potencial da terra e capacidade de uso dos recursos naturais renováveis (PONZONI; SHIMABUKURO, 2010).

No decorrer da década de 80, foram lançados diversos satélites na órbita terrestre gerando novas imagens acessíveis, o que possibilitou dentro do campo ambiental a realização de vários estudos com destaque para o mapeamento quantitativo e qualitativo de classes específicas de cobertura vegetal ocupadas por florestas primárias, remanescentes de biomas brasileiros como a Mata Atlântica, bem como a espacialização das áreas

desmatadas na região Amazônica, no cerrado, entre outros.

A partir do acesso gratuito de produtos orbitais de média e alta resolução espacial, a exemplo das imagens de satélite do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, as pesquisas passaram a ser mais detalhadas, proporcionando uma atualização das informações cartográficas. Estudos expressivos que utilizam dados e técnicas de sensoriamento remoto são encontrados em trabalhos de Cosme (2012), Coelho (2010, 2009), Ponzoni e Shimabukuro (2010), Jensen (2009), Florenzano (2005, 2007 e 2008), Matos (2008), Liu (2006), Vieira (1993).

De acordo com Vieira (2000), os modelos estatísticos com aplicabilidade em SIG estão sendo largamente utilizados em diversos estudos, como no levantamento e análise de informações. Considera-se que a classificação obtida por meio do Max-Ver baseia-se a partir da extração de informações "pixel-pixel", afim de encontrar e classificar regiões com características espectrais homogêneas. Ainda a respeito, Swain & Davis (1978) *apud* Costa et al (2005, p. 03) discorrem que:

O classificador de máxima verossimilhança consiste na estratégia paramétrica mais utilizada em classificação do Uso/Cobertura da Terra por meio de imagens orbitais. Isto se verifica pela sua robustez, no sentido de que a exatidão gerada não é muito sensível, tanto a violações moderadas quanto severas da suposição de multinormalidade dos dados de treinamento. Em contribuição a sua performance está o fato de que a maioria das feições seguem distribuição multinormal em

imagens de sensoriamento remoto, com grande concentração de dados em torno da média, e frequências de dados decrescentes nos extremos, que representam o aumento gradual de mistura com outras feições.

Mello et al (2012) analisaram diversas técnicas de classificação sobre a superfície do estado de Rondônia. O trabalho consistiu em realizar uma avaliação dos métodos de classificação do tipo supervisionado e não-supervisionado mais comuns sobre imagens do satélite *Landsat-5 TM*. Para a classificação, dividiu-se o estado em três grandes áreas: I - Áreas de fazendas "Médio-porte"; II - Assentamentos no padrão "Espinha de peixe" e III - Áreas de contato entre floresta e "Cerrado". De acordo com o estudo, entre os classificadores supervisionados, o melhor resultado foi obtido pelo método da máxima verossimilhança, com valores entre - Muito Bom a Excelente.

Jesus (2010) utiliza o Max-Ver como ferramenta a fim de realizar o mapeamento e a caracterização do uso e ocupação do solo no município de São Gonçalo do Rio Abaixo - MG. Novamente, a aplicação do algoritmo é feita sobre a imagem do sensor *TM* do satélite *Landsat 5*, resultado na produção de cartas temáticas contendo todas as informações referentes ao uso e ocupação do solo naquela região.

Costa et al (2005) centraram seus estudos realizando comparações de mapas de uso e cobertura da terra entre os métodos de classificação não paramétrica e o método da máxima verossimilhança. Observou-se, a partir da análise dos resultados, a superioridade do classificador Max-Ver com relação à exatidão de

classes nas áreas mapeadas. De acordo com o estudo, comparado aos outros classificadores, o Max-Ver é um algoritmo superior em: esforço amostral de treinamento e em exatidão para estas condições. Suas vantagens estão associadas à correção da representatividade das amostras de treinamento, por meio da multinormalização das classes.

Oliveira et al. (2009) analisaram a evolução do uso do solo e da cobertura vegetal da Reserva Biológica Estadual da Serra Geral (Rio Grande do Sul), utilizando o algoritmo supervisionado Max-Ver. A análise foi feita sobre a imagem do satélite SPOT 5 em dois períodos distintos (2002 e 2007). Para o mapeamento, definiu-se a divisão da região em oito classes temáticas: Floresta Ombrófila Mista (FOM); Floresta Ombrófila Densa (FOD); Formações Florestais Secundárias (FFS) Florestamento (FL); Área de Ocupação Agrícola (AOA); Solo Agrícola (SA), Campo (CP) e Área Não Classificável (NC) e utilizou-se do *software* ERDAS 9.1 para realizar a classificação supervisionada. Verificou-se que as interpretações incorretas durante a coleta das amostragens, influenciou na classificação de determinadas feições errôneas. Todavia, o Max-Ver cumpriu seu papel como classificador supervisionado e mostrou-se eficaz para o objetivo geral proposto pelo estudo.

Como analisado, a extensa utilização dessa ferramenta sobre o mapeamento de classes de uso e ocupação do solo e vegetação, resulta numa metodologia usando-se do Max-Ver bastante pertinente, justificando desse modo a sua aplicação nesse singular estudo o qual pauta-se

em analisar a evolução têmporo-espacial da cobertura vegetal em Cariacica, quanto no incentivo à renovação cartográfica das informações correlacionadas ao uso da terra.

Nesse sentido, a partir da utilização de dados e técnicas de SIG integrados com o uso do Sensoriamento Remoto é possível observar e compreender as condições gerais da dinâmica da paisagem, bem como visualizar materialmente a forma na qual está sendo organizado o espaço.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Cariacica, objeto desse estudo, possui uma área de 279,65 km² e 348.933 habitantes (IBGE, 2010). Situa-se na Região Metropolitana da Grande Vitória - RMGV, no Estado do Espírito Santo. Limita-se com a capital Vitória (Leste) e com os municípios de Domingos Martins (Oeste), Santa Leopoldina (Noroeste), Serra (Norte), Viana (Sudoeste) e Vila-Velha (Sudeste). Parte da paisagem do município é caracterizada pela presença de importantes indústrias e empresas às margens dos corredores viários como a BR-101, BR-262 e a da Estação de Ferro Vitória-Minas, que juntos proporcionaram um aumento populacional, contribuindo para a feição atual do território (IJSN, 2001). Em relação à cobertura vegetal em Cariacica destaca-se a Reserva Biológica Duas Bocas, que abrange uma área de 2.910 ha, considerada uma das mais importantes Unidades de Conservação do Estado (IDAF, 2010 e SEMDETUR, 2006). Sua origem está fortemente vinculada à produção de água para abastecimento de parte da RMGV (FIGURA 1).

Criada inicialmente como Reserva Florestal em 1965, sua categoria de manejo oficial foi definida em 1991 para Reserva Biológica (IPEMA, 2005).

As altitudes do município variam de 0 a 880 metros, elevando-se de leste para oeste com predomínio entre 20 a 250m. As maiores elevações situam-se fora do perímetro urbano, ou seja, na porção rural de Cariacica, com destaque para o morro Mochuara com 724m, símbolo do município (FIGURAS 2 e 3).

Geomorfologicamente, o município é caracterizado por duas principais unidades de relevo: os *Tabuleiros Costeiros*, que apresentam reduzidos valores altimétricos e as *Colinas e Maciços Costeiros* situados na porção centro-leste marcados por uma topografia acidentada de estruturas fraturadas e dobradas (RADAMBRASIL, 1983).

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia para a análise temporal e espacial da cobertura vegetal do município de Cariacica contemplou etapas distintas, finalizando com a produção de mapas temáticos para os anos 1991 e 2010. Inicialmente, realizou-se uma criteriosa revisão bibliográfica abordando a temática. Posteriormente, com a aquisição de cartas topográficas, mapas do projeto RADAMBRASIL e dados no formato digital como imagens de satélite e planos de informações no formato *Shapefile*, manipulados e processados no aplicativo computacional ArcGIS 10. As imagens de satélite foram adquiridas de forma gratuita no sítio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE (disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/>>),

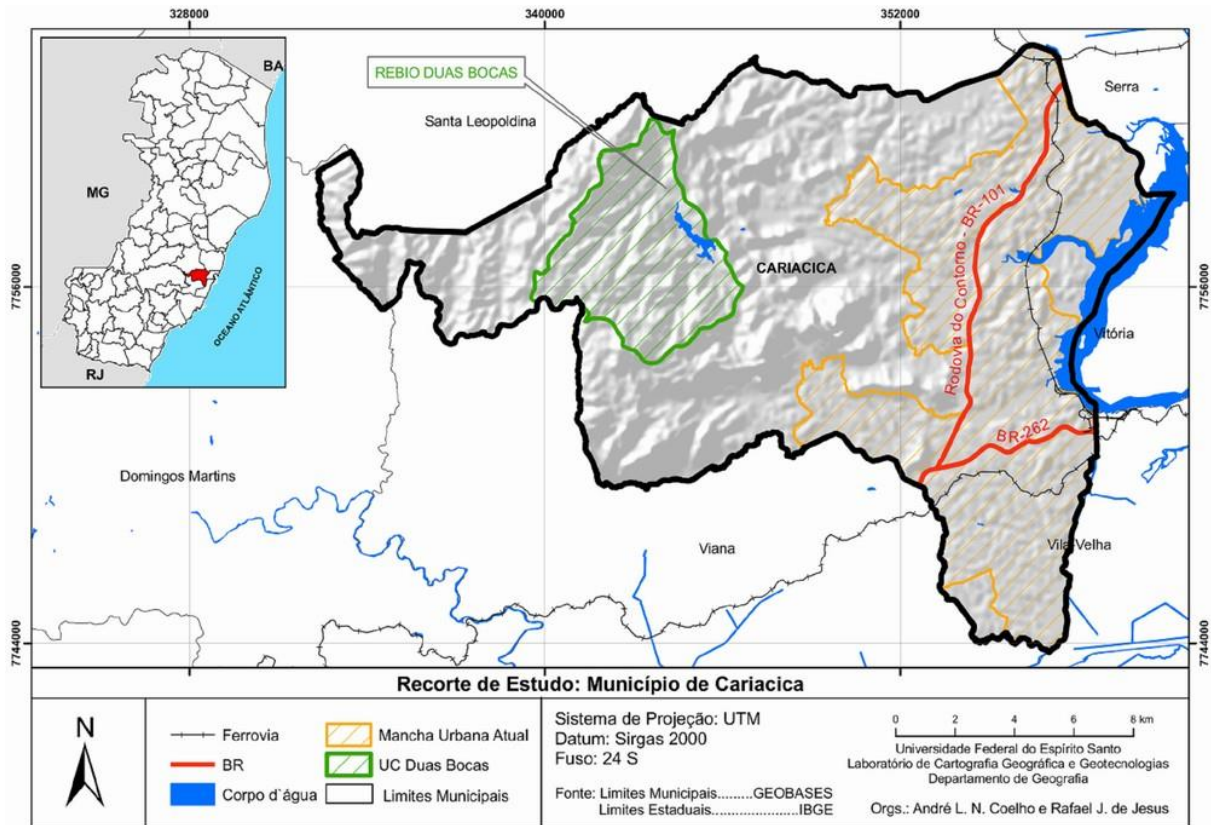


FIGURA 1 - Localização da área de estudo com o destaque para reserva Duas Bocas e Mancha Urbana de Cariacica. As rugosidades, em tons de cinza, mostram o relevo do território.



FIGURA 2 - Foto registrada no sentido Leste-Oeste (seta verde do mapa) com relevo do município caracterizado, predominantemente, por Tabuleiros ocupados por construções. Em segundo plano, as Colinas e Maciços Costeiros com destaque para o morro Mochuara.
 Foto: André L. N. Coelho. Jan/2012.

acesso em: 14 de set. 2010) dos satélites *Landsat 5 TM*, Órbita 215, Ponto 74 e *ResourceSat-1 LISS*, Órbita 336, Ponto 092, datados em 08/08/1991 e 01/08/2010, respectivamente.

Os planos de informações, Limites Municipais do Espírito Santo, Eixos Viários, Reserva Biológica Duas Bocas, Localidade e Curvas de Nível do ES (cota de 20m) no formato *shapefile*, foram fornecidos pelo Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo - GEOBASES, que é conveniado ao Laboratório de Cartografia Geográfica e

Geotecnologias do Departamento de Geografia da UFES. O sistema de referência / datum adotado foi o SIRGAS-2000 - Zona 24 S e sistema de projeção UTM.

No que tange ao tratamento das imagens, iniciou-se com o processo de georreferenciamento (*georeferencing*), utilizando como referência os planos de controle terrestre do Limite Municipal de Cariacica e pontos de GPS. Este procedimento foi necessário, uma vez que as imagens de satélites estavam deslocadas da posição real.

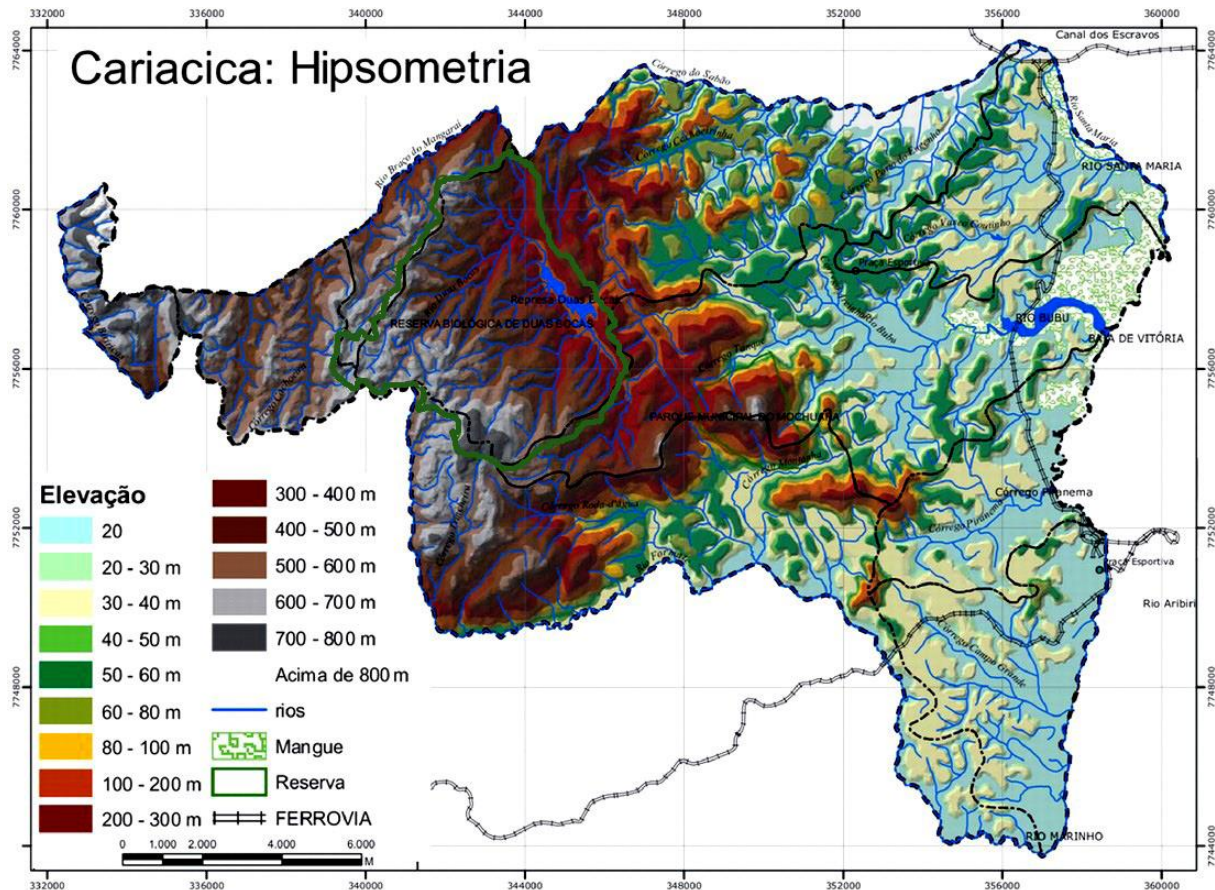


FIGURA 3 - Mapa Hipsométrico com o relevo de Tabuleiros apresentando elevações entre 20 a 60 metros, e as Colinas e Maciços Costeiros com elevações superiores a 60 metros .
 Org. André L. N. Coelho.

Em seguida, foi realizado o processo de redução da dimensionalidade das duas imagens (*extract by mask*) com dois tipos de recortes: apenas do município e adjacências. Esse procedimento, conforme Moreira (2005), teve como objetivo principal reduzir o tamanho do arquivo e, consequentemente, o tempo de processamento computacional. Posteriormente, as três bandas ou canais, selecionados de cada satélite, foram agrupados e compostos (*composit bands*) com a combinação 2B-3G-4R, que tem como resultado uma imagem falsa-cor vermelho, destacando a vegetação em tons de vermelho-rosa. Elas possuem, individualmente, respostas espectrais favoráveis à identificação da cobertura vegetal, pois segundo Jensen (2009) e Fitz (2008), a banda *verde* (*canal-2*) indica a refletância da vegetação verde e sadia, a banda

vermelha (*canal-3*) possibilita a análise de diferenciação de espécies vegetais e a banda *infravermelho próximo* (*canal-4*) diferencia certos tipos de vegetação em análise de rugosidade.

No presente trabalho, foi empregada a técnica de classificação automática supervisionada, que utiliza, num primeiro momento, a interpretação do usuário sobre a imagem a ser analisada. Deste modo, a classificação final será originada a partir das assinaturas vetorizadas as quais são as amostras homogêneas das áreas que serão, posteriormente, mapeadas pelo método de classificação digital Max-Ver. Em Cariacica, foram criadas cerca de 100 assinaturas espectrais por imagem composta (200 no total) que corresponderam apenas à cobertura vegetal. Após a classificação e geração do mapa de 2010,

realizou-se trabalho de campo em áreas aleatórias com emprego de GPS de navegação, mostrando-se o produto satisfatório para sequência do trabalho. É importante ressaltar o cuidado que o intérprete deve ter na escolha das assinaturas/amostras, pois se for incluído algum elemento indesejado (ex. vegetação + solo exposto), esse servirá como uma das bases de análise do classificador supervisionado, resultando, no final, em uma classe inadequada. Assim, a competente supervisão do técnico torna-se fator significativo para o sucesso da classificação (FITZ, 2008).

O Max-Ver consiste num dos métodos supervisionados mais empregados em Sensoriamento Remoto. Ele baseia-se na escolha de áreas que possam ser representativas de determinadas feições conhecidas. Nesse método, são utilizadas a média e a covariância dos *pixels* amostrados, sendo calculada a probabilidade de um *pixel* externo a essas amostras pertencer a elas (FITZ, 2008).

A distribuição dos valores da imagem em uma área amostral assinada/vetorizada é descrita por uma função de probabilidade, na qual se verifica a possibilidade de ter uma radiometria *R* similar à classe *C_i* (parâmetro do intérprete), estimada na estatística Bayesiana (RENNÓ, 1998). O Max-Ver posteriormente avalia a probabilidade de uma área pertencer à classe parâmetro, proposto pelo intérprete, ou seja, utiliza a função da verossimilhança *Li* que é calculado computacionalmente da seguinte maneira:

$$Li = \frac{P(R/Ci) \cdot P(Ci)}{P(R)}$$

Onde:

Li = verossimilhança;

P = probabilidade;

R = radiometria;

C_i = classe (parâmetro do intérprete)

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir do emprego do classificador digital Max-Ver, foram confeccionados dois mapas temáticos (FIGURAS 4 e 5) representando, em marrom, as áreas de cobertura vegetal arbórea no município, e em falsa-cor vermelho o resultado da composição das bandas 2B-3G-4R.

A Figura 4, revelou que a distribuição da cobertura vegetal de 1991 está configurada em 3 principais padrões na paisagem de Cariacica: *densa, espaçada e rarefeita*.

O *padrão de vegetação denso* ocorre na porção centro-oeste do território caracterizada pela Mata Atlântica, que abriga remanescentes de vegetação primária, classificada como Floresta Ombrófila Densa Submontana (IBGE, 1992), no interior da Reserva Biológica de Duas Bocas (FIGURA 6) e no entorno por vegetação secundária. Abrange, também, de forma pontual, monoculturas como o eucalipto.

Elementos naturais presentes na paisagem, tais como geologia, relevo e clima, influenciaram, em parte, a conservação dessa vegetação densa nessa porção do município, que é caracterizada por importantes lineamentos estruturais no sentido Norte-Sudeste, os quais apresentam amplitudes altimétricas com mais de 500 metros entre vale e topo e declividades acima de 40%, que influenciam, por sua vez, em precipitações mais intensas nesse setor superiores a 1.600 mm/ano (fator orográfico local). Em relação ao uso e

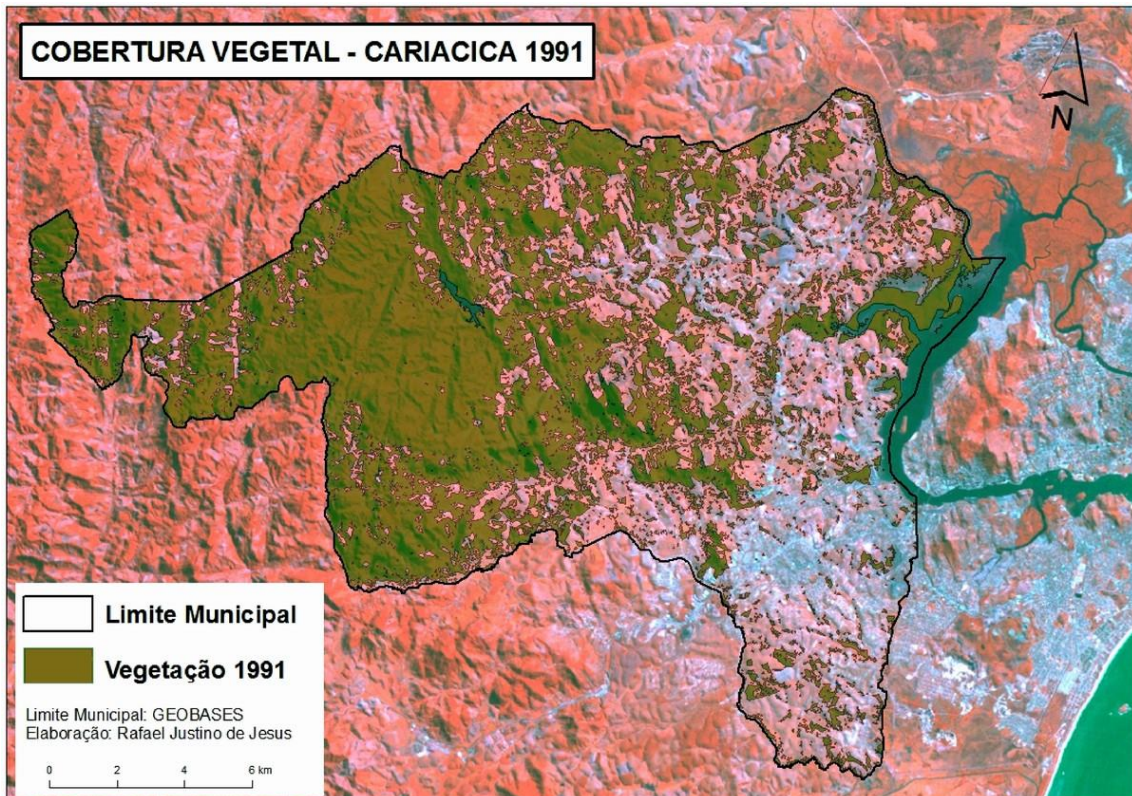


FIGURA 4 - Cobertura vegetal em marrom no ano de 1991 do satélite *Landsat 5 TM*.
Chave de Interpretação: Tons de azul claro = área urbana / solo exposto. Tons de azul escuro = Corpo D'água ex. Baía de Vitória. Tons de rosa = pastagem. Tons de Vermelho fora do município = Vegetação Arbórea.

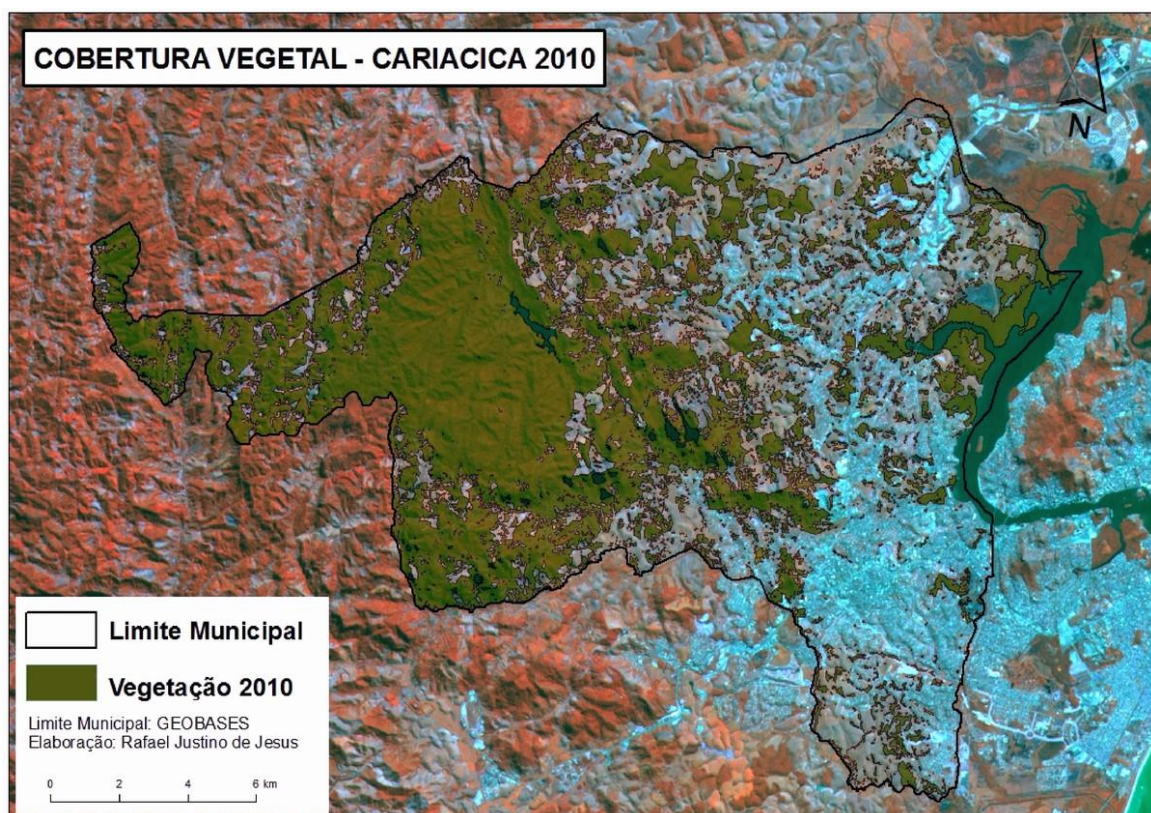


FIGURA 5 - Cobertura vegetal em marrom no ano de 2010 do satélite *ResourceSat-1 LISS*.
Chave de Interpretação: Tons de azul claro = área urbana / solo exposto. Tons de azul escuro = Corpo D'água ex. Baía de Vitória. Tons de rosa - marrom claro = pastagem. Tons de Vermelho fora do município = Vegetação Arbórea.



FIGURA 6 - Foto mostrando um dos limites da Reserva Biológica Duas Bocas, à direita da estrada. Notar, à esquerda, o porte diferenciado de vegetação. Foto: André L. N. Coelho, Jun/2011.

cobertura da terra, a porção centro-oeste não possui (ainda) bairros. É caracterizada por pequenas localidades e por propriedades de sitiantes e fazendeiros. Dentre as atividades agrícolas, destacam-se o cultivo da banana e também a criação de gado para corte em áreas de relevo mais suavizado.

O padrão de vegetação denso também ocorre na porção extremo nordeste do município, junto à baía de Vitória, representado por bosques de mangues.

O *padrão de vegetação espaçado* ocorre em relevo de transição entre as colinas e tabuleiros com os fragmentos distribuídos, predominantemente em setores mais acidentados, enquanto nos topos dos tabuleiros o uso é marcado por loteamentos/bairros.

Já o *padrão de vegetação rarefeito*, situa-se na porção Leste, Norte e Sudeste do território, próximo a importantes eixos viários como a BR-262 e Rodovia do Contorno/BR-101 em direção ao município da Serra. Esse setor é caracterizado por equipamentos residenciais os quais abrangem a maior parcela de população, seguido do comércio e das indústrias. Em números, a cobertura vegetal em 1991, apresentou uma área total de 143,63 km², que corresponde em mais de 51% da área do território, concentrada fora da área urbana.

Já a Figura 5, apresenta o mapa da cobertura vegetal no ano de 2010, configurada também em 3 padrões na paisagem analisada: *densa, espaçada e rarefeita*.

Numa rápida comparação com o ano de 1991, percebem-se poucas diferenças em relação ao tamanho das manchas de vegetação, sobretudo na porção leste. Porém, quando analisada a mancha urbana (em tonalidades azul-claro), nota-se a expansão no extremo sul do município e também a norte, ao longo da Rodovia do Contorno / BR-101, com o crescimento da mancha (alargamento) caracterizada por novos bairros e indústrias, o que resulta em um padrão rarefeito; enquanto no noroeste, um padrão espaçado para rarefeito. No extremo oeste do território, limite oeste e sul da Reserva Biológica Duas Bocas, constatou-se, na imagem de 2010, e em campanhas de campo, o crescimento do padrão espaçado nos fundos de vale junto às estradas.

Em termos quantitativos, a cobertura vegetal em 2010 apresentou uma área equivalente a 132,43 km², o que representa mais de 47% da

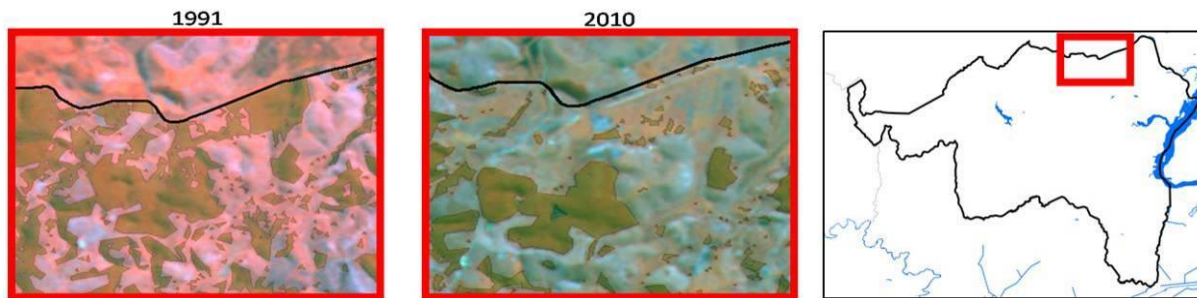


FIGURA 7 - Exemplo de Área ao norte de Cariacica que apresentou redução na cobertura vegetal. Organizado pelos autores.

área total do município. Na comparação entre 1991 e 2010, constatou-se a redução de 11,2 km². A Figura 7 mostra, em detalhe, o comparativo de mesma área no extremo norte do território, próxima à Rodovia do Contorno/BR-101 em 1991 e 2010. Nota-se no local uma redução considerável de cobertura vegetal.

Em contrapartida, a área correspondente aos manguezais, localizada junto a baía de Vitória, apresentou uma relativa expansão de cobertura vegetal (FIGURA 8). Essa expansão do

manguezal é o resultado da realização de projetos de conscientização junto às escolas e à população local, com a finalidade de conservar a porção de mangue e reduzir a degradação a que vinha sendo submetida (PMC, 2010).

Estima-se que apenas nas áreas no entorno dos manguezais existem cerca de 6.765 domicílios, que correspondem a 23.694 habitantes, 16 escolas municipais e 84 famílias que vivem do sustento da captura de caranguejos (PMC, 2010).

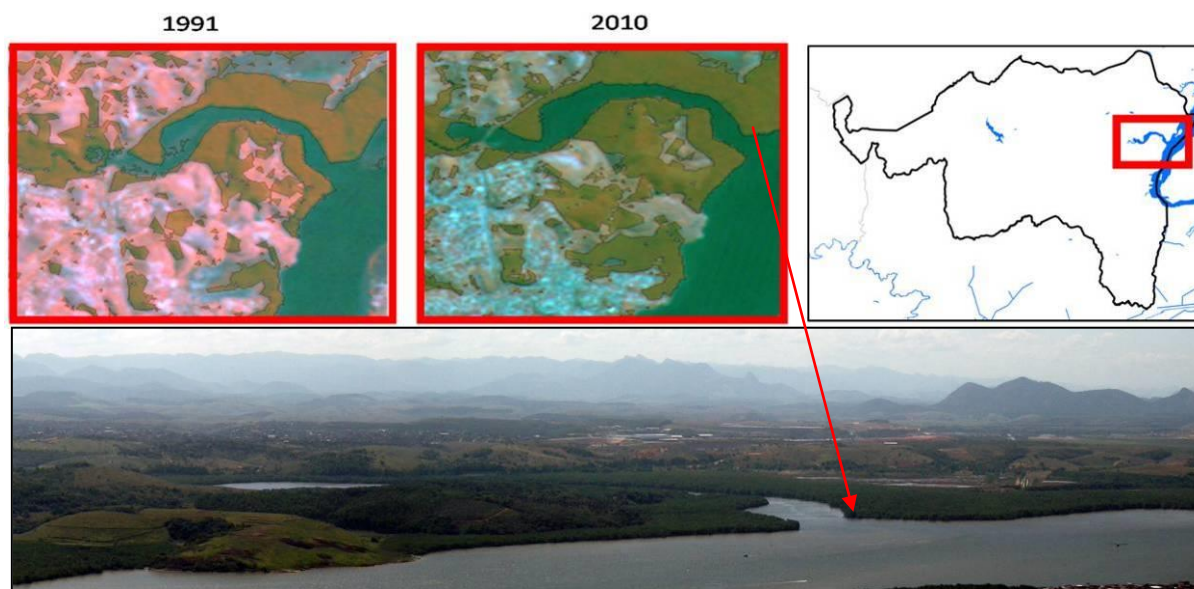


FIGURA 8 - Área próxima à baía de Vitória que apresentou ampliação do manguezal. Foto: André L. N. Coelho, Jan/2012. Organizado pelos autores.

O confronto de mapas revelou, também, que as poucas áreas vegetadas inseridas no interior da mancha urbana consolidadas permaneceram, na sua maioria, com o mesmo tamanho e porte

quando comparado com o ano 1991, sem nenhum incremento de parques arborizados. Ambos os mapas, apontam que a cobertura vegetal de Cariacica conserva-se atualmente nas

áreas topograficamente acidentadas, porção rural, fora do perímetro urbano, estendendo-se do centro para oeste do território.

CONCLUSÕES

Constatou-se, por meio das imagens e campanhas de campo, que a zona urbana de Cariacica carece de áreas verdes, onde os resquícios de vegetação estão mal distribuídos e insuficientes com relação à área construída.

A área rural apresentou vegetação de porte mais denso em função de condicionantes naturais, a exemplo do relevo acidentado por haver uma Reserva Biológica de 2.910 ha e parte das áreas vegetadas estarem resguardadas por leis como o código florestal. Outro fator que contribuiu para conservação da vegetação é modelo de uso e a ocupação menos degradante, distinto do modelo presente na zona urbana que é marcado por um elevado percentual de área construída por lote, marcada por construções, praticamente sem afastamento lateral e frontal.

O emprego do método de classificação supervisionada Máxima Verossimilhança nesse trabalho foi extremamente satisfatório na obtenção dos resultados, o que demonstra a importância do uso das geotecnologias no auxílio das análises e ordenamento territorial-ambiental².

NOTAS

ⁱ Graduando em Geografia pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES); bolsista de Iniciação Científica (UFES) do Laboratório de Cartografia Geográfica e Geotecnologias.

Email: just_rafael@yahoo.com.br

ⁱⁱ Geógrafo; Doutor em Geografia pela Universidade Federal Fluminense (UFF); Professor da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

E-mail: andre.l.coelho@ufes.br

¹ A Geotecnologia, segundo Fitz (2008) e Silva (2003), pode ser definida como um conjunto de tecnologias possuindo uma ou mais funções como coleta, processamento, análise e disponibilidade de informação com referência geográfica. Ela é composta de soluções de hardware (plataforma computacional utilizada), Software (programas, módulos e sistemas) e peopleware (profissionais ou usuários especializados). Dentre as Geotecnologias de uso corrente no planejamento e gestão do território destacam-se: o Sistema de Informações Geográficas (SIG/GIS), Sensoriamento Remoto, Cartografia Digital, Sistema de Posicionamento Global (GPS), Topografia, dentre outros.

² o próximo passo da pesquisa será a análise da temperatura aparente nessas áreas onde não existe cobertura vegetal contrapondo com as áreas que as possuem, visando observar se existem grandes diferenças devido a não presença do porte vegetativo. Para tal será necessário a conversão dos níveis de cinza presentes nas imagens de satélite em valores Celsius (°C).

REFERÊNCIAS

COELHO, André Luiz Nascentes. Sistema de Informações Geográficas (SIG) como Suporte na Elaboração de Planos Diretores Municipais.

Caminhos de Geografia (UFU), v. 10, 2009. pp. 93-110.

COELHO, André Luiz Nascentes. Uso de Produtos de Sensoriamento Remoto para Delimitação de Área Efetivamente Inundável: estudo de caso do baixo curso do rio Benevente Anchieta - ES. *Revista Geográfica Acadêmica*, v. 4, 2010. pp.53-63.

COSME, Antônio. *Projeto em Sistemas de Informação Geográfica*. Lisboa: Ed. Lidel, 2012.

COSTA, Thomaz Corrêa e Castro da; MARCO JÚNIOR, Paulo de; BRITES, Ricardo Seixas. Classificação Do Uso/Cobertura Da Terra Por Meio De Algoritmos Não Paramétricos Comparados Ao Classificador De Máxima Verossimilhança. *Boletim Paranaense de Geociências*, n.56, 2005. pp.65-87.

FITZ, Paulo Roberto. *Geoprocessamento sem complicação*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FLORENZANO, Teresa. G. (org.) *Geomorfologia Conceitos e Tecnologias Atuais*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FLORENZANO, Teresa. G.; *Iniciação em Sensoriamento Remoto: Imagens de satélites para estudos ambientais*. 2ª Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

FLORENZANO, Teresa G. Geotecnologias na Geografia Aplicada: difusão e acesso. *Revista do Departamento de Geografia-USP*, n.17, 2005. pp.24-29.

GUERRA, Antonio J. T.; MARÇAL, Mônica D. S. *Geomorfologia ambiental*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Manual técnico da vegetação brasileira*. Rio de Janeiro: IBGE, 1992.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, *Censo demográfico 2010*.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. *Noções Básicas de Cartografia*. Rio de Janeiro: IBGE, 1999

INSTITUTO DE DEFESA AGROPECUÁRIA E FLORESTAL DO ESPÍRITO SANTO - IDAF. *Reserva Ecológica DUAS BOCAS*. Disponível em: <<http://www.idaf.es.gov.br/Pages/wfReservaDuasBocas.aspx>> Acesso em 23 out. 2010.

INSTITUTO DE PESQUISAS DA MATA ATLÂNTICA - IPEMA. *Conservação da Mata Atlântica no Estado do Espírito Santo: cobertura florestal e Unidades de Conservação*. IPEMA, Vitória-ES, 2005

INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES - IJSN. *Região Metropolitana da Grande Vitória: dinâmica urbana da década de 90*. Vitória: Gerência De Produtos E Relações Com O Mercado, 2001.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. *Divisão de Geraç* disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/>>, acesso em 14 set. 2010

JENSEN, John R. *Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres*. , São José dos Campos: Editora Parêntese, 2009.

JESUS, José Renato Pereira de. *Análise da Dinâmica do Uso e Ocupação do Solo no Município de São Gonçalo do Rio Abaixo/MG - 1988 a 2009*. Monografia (Especialista em Geoprocessamento) Belo Horizonte: UFMG, 2010.

LIU, William Tse Honrng. *Aplicações de Sensoriamento Remoto*. Campo Grande: Ed. UNIDERP, 2006.

MATOS, João *Fundamentos de Informação Geográfica*. 5ª edição. Lisboa: Ed. Lidel, 2008.

MELLO, Allan Yu Iwama de et al. Avaliação de Técnicas de Classificação Digital de Imagens Landsat em Diferentes Padrões de Cobertura da Terra em Rondônia. *Revista Árvore*, n.3, 2012. pp.1-8.

MOREIRA, Maurício Alves. *Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação*. 3. ed. Viçosa: UFV, 2005.

OLIVEIRA, Gabriel de, GUASSELLI, Laurindo A.; SALDANHA, Dejanira L.; CUNHA, Maria do C. L. *Evolução do Uso do Solo e Cobertura Vegetal na Reserva Biológica Estadual da Serra Geral por meio de classificação supervisionada utilizando o algoritmo MAXVER*. X Salão de Iniciação Científica PUC-RS, 2009. pp.1-3.

PONZONI, Flávio Jorge; SHIMABUKURO, Yosio Edemir. *Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação*. São José dos Campos: Parêntese, 2010.

PREFEITURA MUNICIPAL de CARIACICA -
PMC, *Secretaria de Planejamento*, 2010.

Projeto RADAMBRASIL - *Levantamentos de Recursos Naturais. Geologia, Geomorfologia, Solos, Vegetação e Uso Potencial da Terra*. V. 32, Folhas SF 23/24 Rio de Janeiro/Vitória. IBGE, 1983.

RENNÓ, Camilo Daleles. *Avaliação das Incertezas nas Classificações de Máxima Verossimilhança e Contextual de Modas Condicionais Iterativas em Imagens JERS na região de Tapajós, Estado do Pará*. São José dos Campos: INPE, 1998.

ROSA, Roberto. *Introdução ao Sensoriamento Remoto*. 7ª Edição, Uberlândia: EDUFU, 2009.

SECRETARIA MUNICIPAL DE
DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E
TURISMO - SEMDETUR. *Aspectos Históricos de Cariacica (Encarte informativo)*. Cariacica. 2006.

SILVA, A. D. B. *Sistema de Informações Georeferenciadas: conceitos e fundamentos*. Campinas: UNICAMP, 2003.

VIEIRA, C. A. O. *Accuracy of Remotley Sensing Classification of Agricultural Crops: A Comparative Study*. (Tese de doutorado) - University of Nottingham, 2000.

VIEIRA, I. M. *Técnicas de Sensoriamento Remoto aplicadas ao estudo e análise da expansão urbana em ambientes litorâneos*. Dissertação (Mestrado) - INPE, São José dos Campos, 1993.