

IDENTIFICAÇÃO DA VEGETAÇÃO XERÓFILA NA REGIÃO DE CABO FRIO–RJ, COM AUXÍLIO DE GEOPROCESSAMENTO

Sandra Fernandes de ANDRADE 1
Cacilda Nascimento de CARVALHO 2
Cristinane FRANCISCO 3
Heloísa Helena COE 4

RESUMO

Cabo Frio-RJ é considerada uma região particular, por um conjunto de aspectos biogeográficos. A vegetação que recobre os maciços costeiros próximos a Cabo Frio e Armação de Búzios foi considerada como sendo uma disjunção fisionômico-ecológica da estepe nordestina, que é mais conhecida como caatinga, um tipo de vegetação lenhosa xerófila.

A região de Cabo Frio é marcada por sua localização a sudeste do Estado do Rio de Janeiro, onde a linha de costa muda bruscamente de direção, no ponto extremo de inflexão da costa brasileira, sofrendo efeitos da ocorrência do fenômeno oceanográfico da ressurgência.

Diversos estudos anteriores identificaram na região peculiaridades ecológicas, climatológicas e geológicas que enfatizam a presença de espécies endêmicas e similaridades relacionadas a outras regiões semi-áridas do Brasil.

Este trabalho tem como objetivo discriminar a vegetação xerófila da região de Cabo Frio-RJ, comparando-a, tanto com a vegetação de mata úmida circundante, quanto com a vegetação de áreas tipicamente semi-áridas, tais como a caatinga nordestina. Para isto, serão aplicadas ferramentas de geoprocessamento, testando diversas técnicas de classificações de imagens, entre elas, modelos de segmentação, e de misturas e análises de componentes principais, usando imagens Landsat TM 7 e fotografias aéreas específicas.

INTRODUÇÃO

Segundo Bigarella (1994) as mudanças climáticas ocorridas durante o Quaternário atingiram de forma expressiva a paisagem e a vegetação relacionada aos domínios morfoclimáticos. Ab'Saber (1970), apud. Bigarella (1994), considera que a vegetação pode ser um indicador de áreas núcleo que possuem zonas ou faixas de transição, de diferentes domínios morfoclimáticos, representadas, por exemplo, por enclaves paisagísticos.

Ab'Saber (2003), e muitos outros pesquisadores, consideram a região de Cabo Frio como um enclave regional de “verdadeira caatinga”, que se estende por grandes extensões de restingas e pontas de maciços costeiros, entre Macaé e Cabo Frio. A expressão “enclave” fitogeográfico, para Ab'Saber (2003), designa manchas de ecossistemas típicos de outras províncias, porém encravadas no interior de um domínio de natureza diferente.

Cabo Frio, segundo Barbière (1984;1975), é uma região de micro-clima muito particular, de tipo semi-árido, apresentando uma paisagem característica do nordeste brasileiro. Tem

¹ Universidade Federal Fluminense-Geoquímica, Mestranda, sfernandesdeandrade@yahoo.com.br.

² Universidade Federal Fluminense-Geoquímica, Professora Doutora, cacilda.carvalho@terra.com.br.

³ Universidade Federal Fluminense – PGCA, Professora Doutora, crisnf@vm.uff.br.

⁴ Universidade Federal Fluminense-LAGEMAR, Doutoranda, heloisacoe@yahoo.com

ventos predominantes de NE, durante todo o ano, e precipitação média anual de 800mm (Figura1).

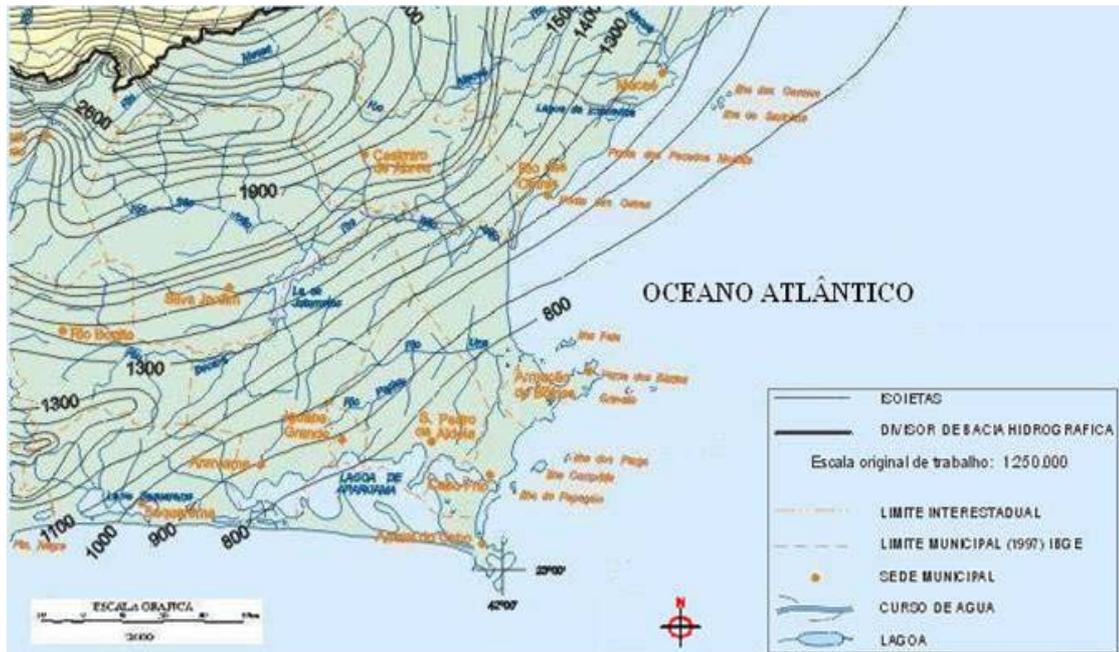


Figura 1: Mapa de isoietas da região de Cabo Frio - Projeto Rio de Janeiro. Fonte: DRM-RJ, 2000.

A classificação de floresta seca pressupõe precipitações anuais menores que 1.600mm e as características fisionômicas e florísticas (GENTRY, 1995). Para FÁRAG (1999), o clima é um dos fatores físicos mais importantes para as comunidades vegetais da região de Cabo Frio. As espécies vegetais com maior ocorrência na região de Cabo Frio pertencem aos gêneros: Leguminosae (23), Myrtaceae (27), Euphorbiaceae (11), Nyctaginaceae, Sapotaceae (5) e Sapindaceae (4) (Farág, 1999). Também são observadas na região ao longo da costa, desde a Ilha Cabo Frio até Búzios, composições florísticas peculiares, como por exemplo, o cacto colunar *Pilosocereus ulei*, uma espécie endêmica da região que possui característica de ambientes áridos, assemelhando-se com ambiente da caatinga (Farág, 1999; Araújo, 1997; Rizzini, 1987). A caatinga é o quarto maior bioma do Brasil, (Figura 2), depois da floresta tropical amazônica, do cerrado, e da Mata Atlântica, cobrindo cerca de 734 mil km² da região nordeste, (AGUIAR et al., 2002; MMA, 2002 apud MACHADO & LOPES, 2004).

Segundo Araújo (2000), os maciços litorâneos da região de Cabo Frio possuem mata baixa (3m de altura), com árvores densas de troncos finos, nas vertentes expostas aos ventos marinhos. Na planície colúvio-aluvial, a vegetação caracteriza-se por predominância de espécies caducifólias, que, durante os meses secos (junho/agosto), apresenta aparência acinzentada. Em locais protegidos do vento, grotões úmidos ou nas serras mais afastadas do mar, a vegetação é semelhante à Mata Atlântica baixo-montana (Rizzini, 1979). As matas desta região estão enquadradas na definição de florestas secas proposta por Mooney et. al (1995 apud FÁRAG, 1999).

Veloso (1991, apud FÁRAG, 1999) classifica a região de Cabo Frio como formação de Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas. Esta região tem sido considerada um enclave fitogeográfico na região sudeste, por possuir aspectos diferenciados do seu entorno.



Figura 2: Mapa de Biomas do Brasil (1: 5.000.000) IBGE, 2004.

Para discriminar a vegetação xerófila da região de Cabo Frio-RJ, comparando-a, tanto com a vegetação de mata úmida circundante, quanto com a vegetação de áreas tipicamente semi-áridas, tais como a caatinga nordestina, este trabalho pretende utilizar as ferramentas de geoprocessamento. Para isto, serão aplicadas diversas técnicas de classificação de imagens, entre elas, modelos de segmentação, e de misturas e análises de componentes principais, usando imagens Landsat TM 7 e aerofotos em escala de detalhe.

O uso de geotecnologias, como o geoprocessamento e os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), podem fornecer resultados em curto espaço de tempo, permitindo a realização de análises complexas em amplas extensões territoriais.

Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são planejados para capturar, transformar, organizar, analisar, modelar e auxiliar na visualização de diversos tipos de dados espaciais que estão referenciados em um determinado sistema de coordenadas. Esta tecnologia se constituiu na automatização de tarefas até então realizadas manualmente e facilitam a realização de análises, através da integração de dados (AVERY & BERLIN, 1992; BRITO & ROSA, 1994). O geoprocessamento, “pode ser definido como um conjunto de tecnologias de coleta e tratamento de informações espaciais e de desenvolvimento, e uso, de sistemas que as utilizam” (RODRIGUES, 1990, p.01).

O Sensoriamento Remoto pode ser definido como uma tecnologia que permite a obtenção de imagens, entre outros dados da superfície terrestre, através da captação e registro de energia refletida e/ou emitida. Os sensores captam dados, a partir da interação da radiação eletromagnética com objetos e fenômenos existentes na superfície. A radiação eletromagnética nos sensores remotos abrange também partes do espectro eletromagnético, que o olho humano não consegue perceber. Ele é subdividido em regiões, que são denominadas: região do ultravioleta, do visível, do infravermelho e microondas. A figura 3 mostra que estas regiões podem ser subdivididas. (FLORENZANO, 2002; CRÓSTA, 1997).

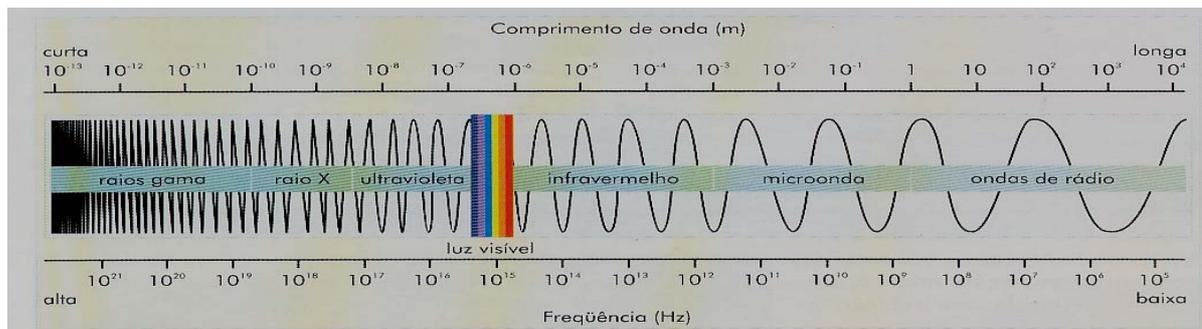


Figura 3: Faixas do espectro eletromagnético desde os raios gama até as ondas de rádio, mostrando a faixa do visível entre 0,4 e 0,7 μ m e a faixa do infravermelho entre 0,7 e 3 μ m (MSSL, 2000). Fonte: Florenzano, 2002.

Cada alvo tem a reflectância diferenciada conforme suas propriedades. As propriedades vão definir as assinaturas espectrais dos alvos, que servirão como referências para o desenvolvimento de estudos em sensoriamento remoto. As assinaturas dos alvos são representadas através das curvas de reflectância espectral, onde pode ser observado o comportamento espectral dos alvos (Figura 4).

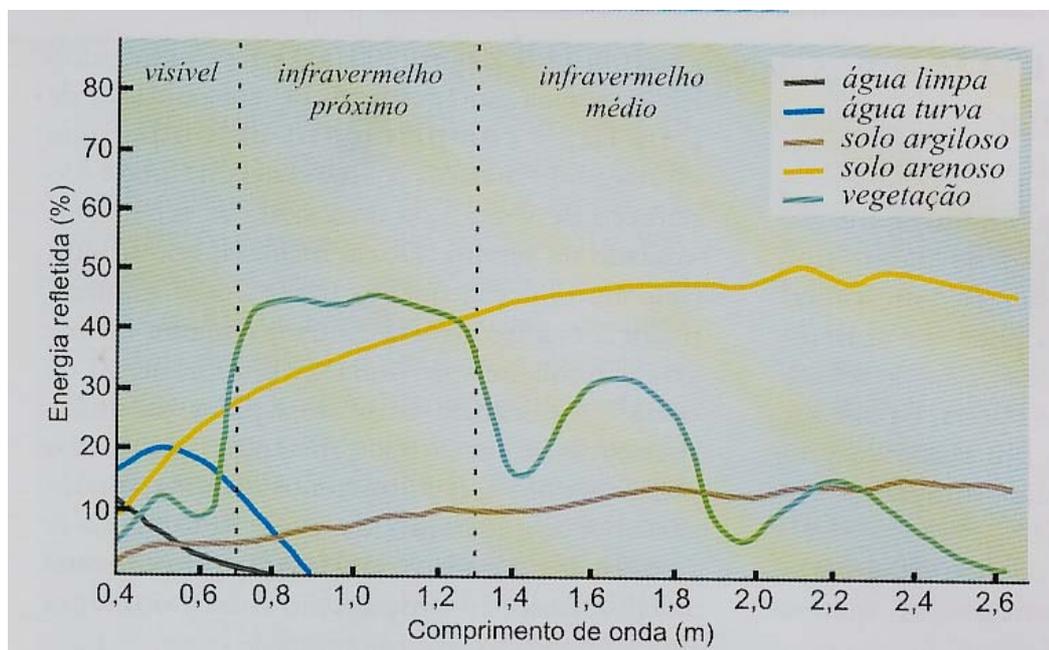


Figura 4: Reflectância espectral de alvos. (Florenzano, 2002).

A percepção da cor verde da vegetação pelo olho humano, na região do visível, acontece devido à absorção da radiação incidente pela planta, nos comprimentos de onda entre 0,48 μ m e 0,62 μ m (clorofila). Mas a maior reflectância da vegetação ocorre a partir de comprimentos de onda maiores que 0,7 μ m, até 0,9 μ m, na região do infravermelho, onde esta reflectância pode chegar a 50 % (NOVO, 1992). Na região do visível há uma baixa reflectância da vegetação por causa de uma maior absorção da radiação solar pelos pigmentos das folhas; a alta reflectância na região do infravermelho próximo acontece porque a estrutura celular da folha reflete e transmite melhor a radiação. A vegetação possui mecanismos muito dinâmicos de integração com o meio, sua resposta espectral pode ser fortemente influenciada pelas variações climáticas do ambiente em que ela ocorre (SHIMABUKURO, et. al., 1998; LUCHIARI, 2001).

MÉTODOS e TÉCNICAS

Na geração dos dados espectrais, foram utilizadas 6 bandas espectrais de uma imagem Landsat 7 ETM+, de agosto do ano de 1999 (período seco), e a projeção utilizada foi UTM e o datum SAD69. A área de estudo é cortada por dois fusos, 23 e 24. A imagem foi passada para o fuso 23, já que a maior parte desta se encontra neste fuso. Esta operação utilizou o programa ArcView Gis 3.2.

A figura 5 resume as etapas de tratamento digital da imagem Landsat. Além de pesquisa bibliográfica, foi feito o tratamento digital da imagem Landsat, utilizando-se as bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7. As técnicas de contraste, composição colorida e transformação IHS foram empregadas nas fases preliminares de classificação, auxiliando na distinção de alvos. Na classificação da imagem foram usados o modelo linear de mistura, a análise de componentes principais e segmentação. Todo o processamento de imagens foi realizado no programa Spring 4.1 (INPE, 2004).

A imagem foi contrastada para melhor identificação dos alvos e posteriormente foram feitas diversas composições coloridas: RGB (3,2,1), uma composição que coincide com os comprimentos de onda da radiação do visível, equivalente às cores que podem ser percebidas pelo olho humano, e que é chamada de “cor verdadeira”. Outras composições coloridas, do tipo “falsa cor”, RGB (5,4,3), RGB (4,5,2), RGB (4,7,2), RGB (7,4,2), permitem que a vegetação verde apareça em diferentes tons de vermelho, facilitando sua diferenciação (CRÓSTA, 1992).

A transformação IHS também foi utilizada na identificação dos alvos, onde I, refere-se à intensidade, a medida do brilho da cor; H, ao matiz, que o olho humano percebe como cor (vermelho, azul, púrpura e rosa) e S, a saturação, grau de pureza da cor (IBGE, 2000). Esta transformação, segundo Crósta (1992), pode ser usada de diversas maneiras na produção de composições coloridas, e na combinação de diferentes tipos de imagens. Neste caso foram utilizadas as bandas 3, 4 e 5 (referentes à vegetação (Novo, 1992)) e a fusão com a banda 8, que tem resolução de 15m, enquanto as demais bandas têm resolução de 30m.

O modelo linear de mistura, segundo Campbell (1996) minimiza o problema do pixel misturado, que ocorre devido à área do pixel ser composta pela média das refletâncias dos alvos da superfície terrestre. Através deste modelo podem-se identificar três imagens fração: solo, sombra e vegetação.

As imagens produzidas por sensores remotos possuem grande correlação entre as suas bandas multispectrais. A análise dos componentes principais (ACP) permite determinar a extensão desta correlação entre bandas, através de transformações matemáticas (CRÓSTA, 1992). Os componentes principais reduzem a variação das respostas espectrais das imagens.

A técnica de segmentação rotula cada "pixel" como se fosse uma região distinta. É calculado o critério de similaridade para cada par de regiões da imagem. A similaridade é baseada em teste de hipótese estatístico que dá a média entre as regiões. A seguir, é dividida a imagem em um conjunto de sub-imagens e ocorre a união entre elas, segundo o limiar de agregação já definido (Tutorial Spring 4.1, 2005).

Para diferenciar tipos de vegetação de mata úmida e mata seca, e para gerar a imagem classificada, foi necessária a geração do modelo de mistura e a análise de componentes principais, que reduziram os dados espectrais das 6 bandas utilizadas para 3 bandas, cada um (respectivamente as imagens-fração solo, vegetação e sombra, e os três primeiros componentes principais PC1, PC2 e PC3). Em um estudo realizado por Shimabukuro, et al. (1998), a imagem fração de vegetação do modelo linear de mistura seria a melhor maneira de avaliar a cobertura vegetal em relação à imagem NDVI.

Na classificação supervisionada há uma interação entre o analista e a técnica, onde são selecionadas as amostras de treinamento, conjunto de pixels mais representativos das classes pré-estabelecidas. O processo deste tipo de classificação enquadra cada pixel a uma classe. Esse enquadramento pode ser feito por vários métodos, baseando-se nos

valores de nível de cinza (NC) nas bandas utilizadas para fazer a classificação (IBGE, 2000).

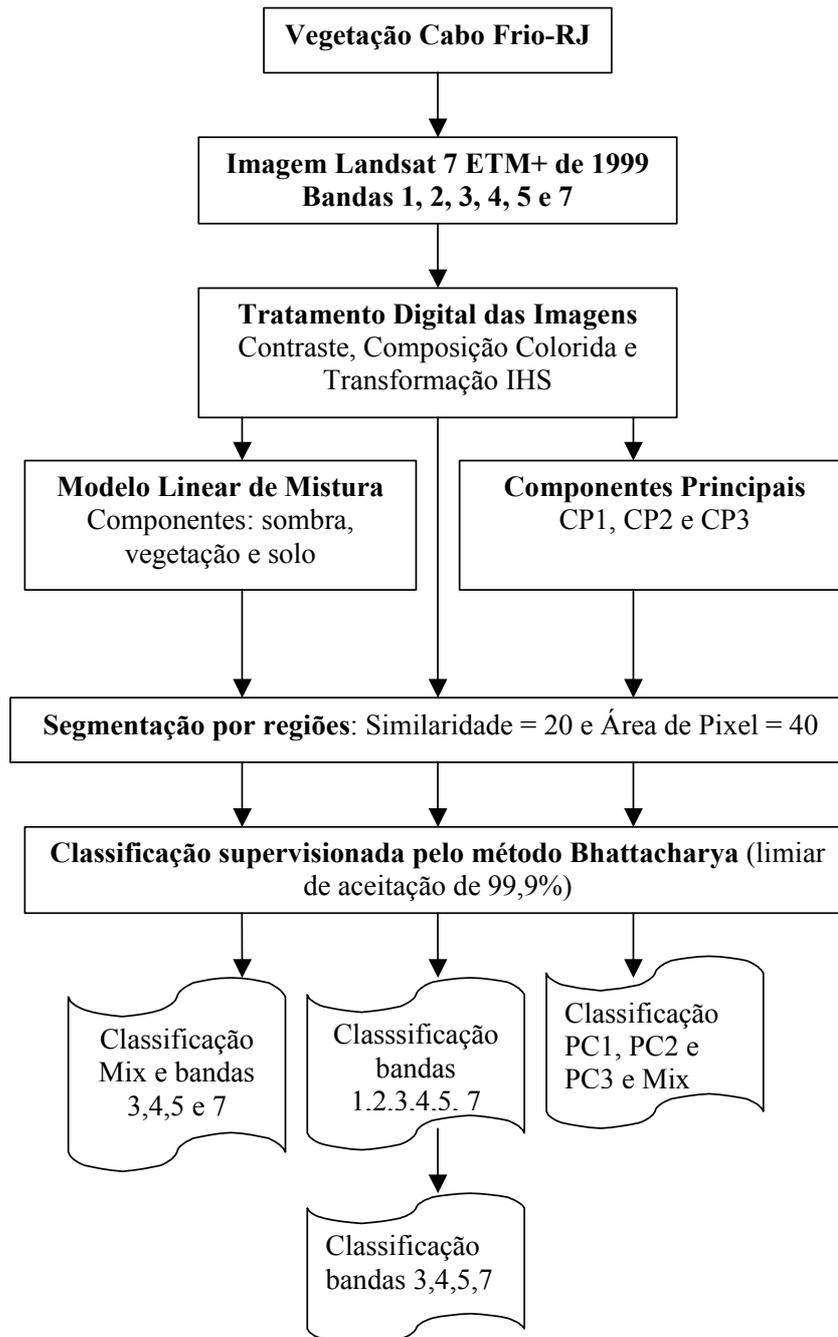


Figura 5: Fluxograma das etapas de tratamento digital da imagem Landsat.

As três classificações seguiram o mesmo procedimento: segmentação por crescimento de regiões (similaridade = 20 e área mínima = 40), criação do arquivo contexto, seleção das mesmas amostras de treinamento, e classificação supervisionada pelo método Bhattacharya com limiar de aceitação de 99,9%. Este método requer a intervenção do analista. Bhattacharya é usada no classificador por regiões, para medir estatisticamente a separabilidade entre um par de classes espectrais e outro, isto é, esse método mede a distância média entre distribuições de classes espectrais (Tutorial Spring 4.1, 2004).

Foram definidas 13 classes (e número de amostras de treinamento): brejo (18), campo (12), vegetação seca (21), vegetação úmida (20), área urbana (18), salinas (20), restinga (10), cordão arenoso (18), dunas (11), nuvem (12), lagoas (9) e oceano (1).

Os sistemas fotográficos permitem a realização de missões breves de sensoriamento remoto, não sendo possível a transmissão de informações à distância. Entretanto, é o sistema que provê melhor informação espacial sobre a superfície, permitindo a produção de mapas em escalas de detalhe. Em grande parte, a razão de contraste entre os objetos depende das condições atmosféricas, no momento da tomada das fotografias (NOVO, 1992; CRÓSTA, 1997). Porém, segundo Avery & Berlin (1992), como regra geral, podem ser identificadas plantas individuais em aerofotos, somente em escalas de detalhe. A tabela 1 mostra algumas escalas de fotografias aéreas e sua capacidade de identificação da vegetação. A Identificação de espécies, normalmente, pode ser auxiliada pelo uso de fotografias preto e branco, coloridas ou infravermelho.

Tabela 1: Níveis de Reconhecimento de Planta a ser Esperado em Escala de Imagens Seleccionadas⁵.

Tipo ou Escala	Nível geral de discriminação de plantas
Imagens de satélite	Separação de extensas massas de florestas decíduas.
1: 25.000 – 1:100. 000	Reconhecimento de diversos tipos vegetativos, em grande parte através de processos de inferência.
1: 10.000 – 1: 25.000	Identificação direta de cobertura principal e espécies de ocorrência genuína na região.
1: 2.500 – 1: 10.000	Identificação de árvores individuais e arbustos grandes.
1: 500 – 1: 2.500	Identificação de área individual de planta e tipos de gramado.

As fotografias de grandes escalas e oblíquas, possibilitam o uso de estereoscopia, podendo reconhecer tipos de algumas espécies vegetais, principalmente as folhosas, que são de difícil identificação quanto ao tipo de copa. A morfologia das árvores é uma importante característica na identificação de espécies, bem como o tipo de arranjo dos galhos e das folhagens. A sombra também é um aspecto importante: por exemplo, quando apresenta uma tonalidade mais escura a copa tem aparência de ser mais densa, ao contrário da sombra mais clara, que apresenta uma copa mais aberta (SAY-WITTEGENSTEIN, 1978 apud. SANTOS, et al. 1981).

RESULTADOS

Das composições coloridas aquelas que mais auxiliaram na identificação dos alvos foram, RGB (3,2,1) cordão arenoso e dunas; RGB (7,4,2) área urbana e salinas; RGB (4,7,2) áreas de brejo, campo e vegetação e RGB (4,5,2) vegetação e campo. A vegetação verde aparece em diferentes tons de vermelho, apresentando uma sensível distinção na porção infravermelha do espectro, e a camuflagem se apresenta diferenciada da vegetação (CRÓSTA, 1992). A transformação HIS também definiu bem a vegetação.

Através de diversas tentativas de segmentação observou-se que os aspectos de similaridade e área de pixel influenciam de maneira direta a classificação. A segmentação utilizando todas as bandas do Landsat 7 (1,2,3,4,5 e 7) com similaridade = 10 e área de pixel = 40 apresentou muitos detalhes, que não cabiam ao objetivo do trabalho, tanto na área urbana, quanto vegetação e cordão arenoso. Uma outra tentativa, usando todas as bandas e similaridade = 20 e área de pixel = 40, separou bem a vegetação. A segmentação usando as bandas relacionadas à vegetação (3, 4, 5 e 7) delimitou melhor a vegetação em relação à área urbana. A segmentação realizada com os Componentes Principais não deu resultado esperado, não separando bem, áreas importantes, como, por exemplo, vegetação de outras classes.

As classificações realizadas, segundo o fluxograma da Figura 5, foram as seguintes:

⁵ Fonte: Avery & Berlin (1992).

1) as bandas Landsat 7 ETM+ 3,4,5,e 7 (mais associadas à vegetação) com as imagens fração do modelo linear de mistura (solo, sombra e vegetação), numa tentativa de refinar a classificação para as classes relacionadas à vegetação (mata seca e mata úmida). Segundo Shimabukuro, et al. (1998), as imagens-fração do modelo linear de mistura, são importantes na utilização da classificação, através da análise de proporções de cada componente nos pixels da cobertura do solo;

2) todas as bandas do Landsat 7 ETM+ (1,2,3,4,5,7), menos as bandas 8 e 6, numa tentativa de obter um resultado mais preciso relacionado a todas as classes, considerando a grande extensão da área de estudo;

3) a classificação realizada com as bandas 3,4,5,7 teve o objetivo de ressaltar mais a vegetação;e,

4) a classificação realizada com os componentes principais (PC1, PC2 e PC3), e mais as imagens fração; como já mencionado anteriormente, teve como objetivo reduzir as informações espectrais em três bandas. Neste caso, foram utilizados os dois processos na tentativa de se obter um resultado mais satisfatório já que a área de estudo é extensa e muito heterogênea.

O melhor resultado obtido foi a classificação 1, que utilizou as bandas 3, 4, 5 e 7 com as imagens fração. A tabela 2 mostra os resultados das quatro classificações supervisionadas.

Tabela 2: Resultado das Classificações supervisionadas

Classificação	Resultado
Mix e bandas 3,4,5,e 7	Separou bem a vegetação seca da vegetação úmida. Maior confusão entre as classes brejo e campo.
Bandas 1,2,3,4,5 e 7	Confusão entre as classes brejo e vegetação úmida, confundiu também áreas consideráveis de vegetação úmida e vegetação seca.
Bandas 3,4,5 e 7	Separou bem a mata seca de mata úmida, mas confundiu brejo e campo.
PC1, PC2 e PC3 e Mix	Separou bem vegetação seca e vegetação úmida, maior confusão entre brejo-campo-vegetação.

As aerofotografias pancromáticas de áreas específicas, na escala 1:20.000, do Departamento de Recursos Minerais, DRM_RJ, de setembro 1976, estão sendo trabalhadas para também auxiliar na classificação. Para criar o mosaico de fotos, e assim identificar melhor a área, foi utilizado o programa Reegemy, desenvolvido pelo INPE.

CONCLUSÕES

O uso das bandas 3, 4, 5 e 7 aliadas ao modelo linear de mistura obteve um resultado adequado na discriminação das classes de uso da terra e da maioria das classes. As classes que apresentaram restrições, nessa mesma classificação, foram aquelas que constituíam áreas heterogêneas, com pixels misturados, por exemplo, áreas urbanas com presença ainda de vegetação.

A região de Cabo Frio compreende uma área bem heterogênea e considerada diferente do seu entorno devido os seus aspectos físicos. Esta região tem instigado a investigação dessas peculiaridades, principalmente dos tipos de espécies vegetais. Ela é considerada mata seca por muitos pesquisadores, com características de vegetação de áreas semi-áridas, como o nordeste.

Com o desenvolvimento da pesquisa, foi observado que o sensor ETM+ do Landsat 7 não obtém uma classificação detalhada das espécies de vegetação encontrados na área de estudo, mostrando que este sensor possui limitações, quanto às resoluções espacial e espectral, para estudos voltados a este tipo de vegetação. Por outro lado, existem

vantagens quanto ao baixo custo destas imagens. Segundo alguns estudos, voltados para desmatamento, por exemplo, este sensor é bastante adequado. A utilização de fotografias aéreas, cartas topográficas e trabalhos de campo para conferência são fundamentais para obter bons resultados.

REFERÊNCIAS

- A'B SABER, A.N. Redutos cactáceas, jardins da natureza. *Scientific American Brasil*, nº 19, dez. 2003.
- AGUIAR, J.; LACHER, T.; SILVA, J.M.C. The caatinga. In: GIL, P.R. *Wilderness – Earth's last wild places*. Mexico: CEMEX, 2002, p.174–181.
- ARAÚJO, D.S. D. Análises florísticas e fitogeográfica das restingas dos Estado do Rio de Janeiro, 2000. 176p. Tese de Doutorado em Ecologia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- ARAÚJO, D.S. Cabo Frio Region. In: Davis, S.D.; Heywood, V.H.; HERRERAMACBRYDE, O.; VILLA-LOBOS, J. & HAMILTON, A.C. (Org.). *Centres of Plant Diversity: a guide and strategy for their conservation: The Americas*, v. 3. Oxford: WWF/IUCN, 1997, p.373-375.
- AVERY, T.E. & BERLIN, G.L. *Forestry Applications. Fundamentals of Remote Sensing and Airphoto Interpretation*. 5th ed. New York: Macmillan, 1992. p.263-285.
- BARBIÈRE, E.B. Ritmo climático e extração de sal em Cabo Frio. *Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro, nº 37, out./dez, p.23-109, 1975.
- BARBIÈRE, E.B. Cabo Frio e Iguaba Grande, dois microclimas distintos a um curto intervalo espacial. *Restingas: origem, estrutura, processos*. CEUFF, Niterói, 1984, p.3-13.
- BIGARELLA, J.J.; BECKER, R.D.; SANTOS, G.F. *Dominínios de Paisagens Brasileiras. Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais*. v.1 Florianópolis-SC: UFSC, 1994, p.94-107.
- BRITO, J.L.S. & ROSA, R. Introdução aos Sistemas de Informação Geográfica. *Sociedade e Natureza*. Uberlândia, nº 6, jan./dez, p.61-78, 1994.
- CAMPBELL, J. B. *Introduction to remote sensing*. New York: The Guilford Press, 1996. 622p.
- CRÓSTA, A.P. & SOUZA, C.R. Sensoriamento Remoto. In: *Anuário Fator Gis 97: o guia de referência do Geoprocessamento*. Curitiba, Sagres, p.10-21, 1997.
- CRÓSTA, A.P. *Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto*. Campina, São Paulo: IG/UNICAMP, 1992, 170p.
- FARÁG, P.R.C. *Estrutura dos estratos arbóreo de mata litorânea semcaducifólia sobre solo arenoso no município de Búzios-RJ*. 1999. 87p. Dissertação de Mestrado em Botânica - Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- FLORENZANO, T.G. *Imagens de Satélites para Estudos Ambientais*. São Paulo: Oficina de Textos, 97p., 2002.
- GENTRY, A.. Diversity and floristic composition of neotropical dry Forest. In: BULLOCK SH.; MOONEY, H.A and MEDINA, E. (Org.). *Seasonally dry tropical forest*. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1995, p.146-194.
- INPE/DPI. Instituto Nacional Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING 4.1), 2004. Disponível em <<http://www.inpe.br/spring>>. Acesso em: 10/04/2004.
- LUCHIARI, A. Identificação da cobertura vegetal em áreas urbanas por meio de produtos de sensoriamento remoto e de um sistema de informação geográfica. *Revista do Departamento de Geografia*. V.14, p.47-58, 2001.
- MACHADO, I.C. & LOPES, A.V. Floral traits and pollination systems in the caatinga, a Brazilian tropical dry forest. *Universidade Federal de Pernambuco. Recife-PE. Annals: OF BOTANY. Departamento de Botânica –CCB*, 2004, p.365–376.
- NOVO, E. M. L. M. *Sensoriamento remoto: princípios e aplicações*. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1992, 308p.
- RESENDE, M.; CURTI, N.; REZENDE, S.B. & CORRÊA, G.F. (2002). *Pedologia: base para distinção de ambientes*. 4ª ed. Viçosa, Minas Gerais: NEPUT, 2002, 338p.
- RIZZINI, C.T. *Tratado de Fitogeografia do Brasil*. 2ª ed. São Paulo: Âmbito Cultural, 1997, 747p.

RODRIGUES, M. Introdução ao Geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO. Anais: Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990, p. 1-26.

SANTOS, J.S.; HERNANDEZ FILHO, P.; SHIMABUKURO, Y.E. Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto e aplicações em vegetação. INPE, Agosto, 1981. 20p.

SHIMABUKURO, Y. E.; BATISTA, G. T.; MELLO, E. M. K. et al. Using shade fraction image segmentation to evaluate deforestation in Landsat thematic mapper images of the Amazon region. International Journal of Remote Sensing, v. 19, p.535-541, 1998.

URURAHY, J.C.C; COLLARES, J.E.R. & SANTOS, M.M. Nota Sobre uma Formação Fisionômico-Ecológica Disjunta da Estepe Nordestina na Área do Pontal de Cabo Frio-RJ. Revista Brasileira de Geografia. nº 04. Ano XLIX, p. 25-29, 1987.

VELOSO, H.P. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. IBGE, Rio de Janeiro, 1991, 124p.