

REFLECTÂNCIA DA VEGETAÇÃO EM IMAGEM HIPERESPECTRAL

REFLECTANCE OF VEGETATION IN HYPERSPECTRAL IMAGE

Elizabeth M^a Feitosa da Rocha de Souza

Doutoranda em Geografia - UFF

Raul Vicens Sanchez

Professor do Departamento de Geografia da UFF

Carla Bernadete Madureira Cruz

Professora do Departamento de Geografia da UFRJ

Resumo: O conhecimento sobre o uso do solo e estado atual da cobertura vegetal representam importantes etapas para a compreensão da dinâmica espacial em áreas com crescente supressão da vegetação e pressão antrópica. Nesse sentido, o interesse sobre padrões e processos que acarretam mudanças ambientais vem recebendo grande apoio das tradicionais geotecnologias para fins de monitoramento, manejo e planejamento ambiental. Seguindo essa tendência, o presente estudo utiliza produtos oriundos de geotecnologia hiperspectral para identificar novas metodologias de análise da paisagem, nas áreas com remanescentes de vegetação de Mata Atlântica. O objetivo do projeto é explorar uma tecnologia ainda pouco conhecida entre os especialistas em geociências, especialmente a Geografia, com a finalidade de identificar os estágios sucessionais da vegetação, considerando diferentes respostas espectrais da cobertura vegetal, em um trecho com disponibilidade de imagens hiperspectrais, no Estado do Rio de Janeiro.

Palavras Chave: Sensoriamento remoto hiperspectral, vegetação, paisagem

Abstract: The knowledge of the current state of the vegetation cover is an important tool to the environment management and conservation. Hence, the interest about conservation patterns, which is a result of environment shifts, has been receiving a great support from traditional earth technology and can be applied in monitoring projects or environment planning. Following this trend, this study utilizes products derived from hyperspectral censoring to identify different conservation statuses in the remaining vegetation parts of the Atlantic Forest in the states of Rio de Janeiro. The project's goal is exploring a technology still little known among experts in earth sciences, specially in Geography, with the purpose of identifying conservation status of forest and herbaceous vegetation samples. To the research's development, different spectral responses of vegetation cover were considered. During the study, hyperspectral images from the Hyperion censor, on board the EO-1 Satellite were utilized, they were obtained from the U.S Geological Survey. The images were processed to permit data gathering of representative vegetation classes and respective spectral responses were evaluated to enable the differentiation between them.

Key Words: Hiperspectral Remote Sensing, Vegetation, Landscape

1. Revisão conceitual

1.1 Análise da Paisagem e Ecologia da Paisagem

A discussão sobre o conceito de paisagem apresenta-se desde o século XIX com o objetivo de relacionar as condições naturais e a ação humana na compreensão do espaço. SCHIER (2003) menciona que é perceptível a abordagem positivista da escola alemã sob a ótica estática observada pelos agrupamentos de características geográficas em unidades espaciais. Em contrapartida há o enfoque mais dinâmico oriundo da escola francesa, com ênfase na dinâmica dos processos.

Historicamente o estudo da paisagem percorreu uma alternância entre a visão de um espaço homogêneo com características naturais definidas, e a paisagem mais humanizada com as modificações realizadas pelas atividades antrópicas. Segundo Salgueiro (2001) para os geógrafos preocupados com a consolidação científica da disciplina e possibilidade de ruptura entre os geógrafos físicos e humanos, o enfoque dado ao conceito de paisagem surge como elemento integrador traduzido pela interação entre as questões do mundo físico, e deste com os grupos humanos em determinada área. Na percepção atual, o critério cultural tem forte apelo na análise crítica da paisagem, em contrapartida há ainda o enfoque ambiental direcionado para a expressão do potencial ecológico, na exploração dos recursos naturais. Nessa perspectiva, Pissiani & Archela (2009) citam as pesquisas desenvolvidas por Bertrand, apontando o geossistema como uma categoria espacial de componentes homogêneos, produto da interação entre os elementos ecológicos e sua exploração socioeconômica. Abordando essa perspectiva surge uma linha de pesquisa que analisa a paisagem pensando e direcionando esforços para a compreensão das relações entre os diversos elementos dessa estrutura ecológica, em níveis hierárquicos e em escala de ação a ser delimitada

Para Forman & Gordon (1986) a paisagem no âmbito geocológico, pode ser vista como um conjunto de ecossistemas que interagem em diferentes níveis hierárquicos, sendo traduzida como um mosaico de sistemas, cuja estrutura é vista em relação a padrões espaciais de heterogeneidade. A estrutura da paisagem aborda três componentes principais: matriz, fragmentos e corredores. Segundo Rodriguez *et al.* (2004), a estrutura da paisagem, fundamentada no sistema de relações inferiores entre suas partes componentes é discutida considerando de dois tipos básicos: a estrutura vertical e a estrutura horizontal. A estrutura vertical da paisagem encontra-se formada pela composição de relações internas entre os elementos e componentes da paisagem. O

caráter das relações entre os componentes da paisagem pode ser caracterizado por medições da frequência de relações, analisada a partir de uma matriz que indica a porcentagem de ocorrência para cada tipo de componente e as frequências de relações internas entre estes componentes. A estrutura horizontal da paisagem representa-se pela integração espacial das paisagens desde o nível inferior até o superior. O estudo da estrutura horizontal se dá através das “imagens” das paisagens. Um conceito fundamental ao estudar a imagem da paisagem é a análise do seu contorno, que é o componente elementar. Ao estudar a imagem da paisagem há uma atenção especial às suas particularidades geométricas, que são o conjunto de propriedades que incluem apenas as características geométricas da imagem, que formalmente não se refere ao conteúdo físico-geográfico. Inclui-se nesta análise a composição da estrutura da paisagem (número e área de componentes e contornos), peculiaridades das formas do contorno (análise da forma dos contornos), peculiaridades da orientação e situação dos contornos, relações de posição e de contrastes (caráter de vizinhança e topologias).

Para Pereira *et al.* (2001), a Ecologia da Paisagem baseia-se na premissa de que os padrões dos elementos da paisagem influenciam significativamente os processos ecológicos. Assim, a capacidade de quantificar a estrutura da paisagem é um pré-requisito para o estudo da função e mudança de paisagem.

Segundo Carrão *et al.* (2001), as muitas medidas quantitativas de composição da paisagem, conhecidas como métricas ou indicadores de paisagem ganham cada vez mais atenção, na medida em que ajudam a compreender a estrutura complexa da paisagem e a forma como esta influencia determinadas relações ecológicas. Várias dessas métricas têm sido desenvolvidas para descrever padrões espaciais, a partir de produtos temáticos obtidos através do uso integrado das ferramentas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. Tais ferramentas contribuem efetivamente, apontando: as áreas onde estão presentes os fragmentos florestais de Mata Atlântica; apontando quais são os condicionantes geocológicos presentes nestas áreas; mostrando quais são os usos vizinhos a estes fragmentos (culturas presentes na região) e calculando os parâmetros métricos de cada fragmento (tamanho, forma, proximidade, orientação, textura). Essas considerações são relevantes para a adoção de novas geotecnologias e respectivas aplicações, na identificação de diferentes objetos da superfície, especialmente a classificação da cobertura vegetal, objeto do presente estudo.

1.2 Geotecnologias e Sensoriamento Remoto Hiperespectral

A discussão sobre o conceito de paisagem e aplicações atuais na análise de processos ecológicos vem ganhando forte incremento pelo input de geotecnologias, principalmente o uso de sensoriamento remoto para a identificação de classes e objetos na superfície. A captura de informações materiais pelo uso de sensores orbitais ou aerotransportados disponibiliza uma imagem digital, gerada por registros diferenciados, em função de diferentes materiais (alvos) componentes da área imageada. Esses materiais apresentam composições químicas e/ou propriedades físicas particulares, permitindo emitir, transmitir e absorver a radiação eletromagnética de maneira desigual. Cada alvo possuirá, portanto uma resposta característica própria (devido à diferenciação física e/ou química dos mesmos, como mencionado acima), ou seja, cada material terá uma forma característica de interagir com a radiação incidente, constituindo-se assim a assinatura espectral (INPE, 2007). Quando as respostas espectrais de vários materiais são conhecidas, as propriedades de alvos desconhecidos podem ser determinadas pela comparação das respostas espectrais desses alvos com os dados de referência. Desta forma, podemos gerar mapas de uso e cobertura dos solos por classificação, ou seja, agrupamento de *pixels* com valores espectrais parecidos, pertencentes a uma mesma classe.

A partir da compreensão do contexto apresentado é possível destacar a importância do sensoriamento remoto hiperespectral apresentado por Goetz *et al.* (1985). Essa geotecnologia consiste na aquisição simultânea de imagens em muitas bandas contíguas, obtidas na região do visível e do infravermelho refletido. A técnica apresenta caráter inovador pela capacidade de identificação de um grande número de materiais, por meio da discriminação de suas propriedades físico-químicas, em virtude da interação eletromagnética dos alvos com o sensor. A Figura 1 apresenta uma breve comparação entre as tecnologias multispectral e hiperespectral.

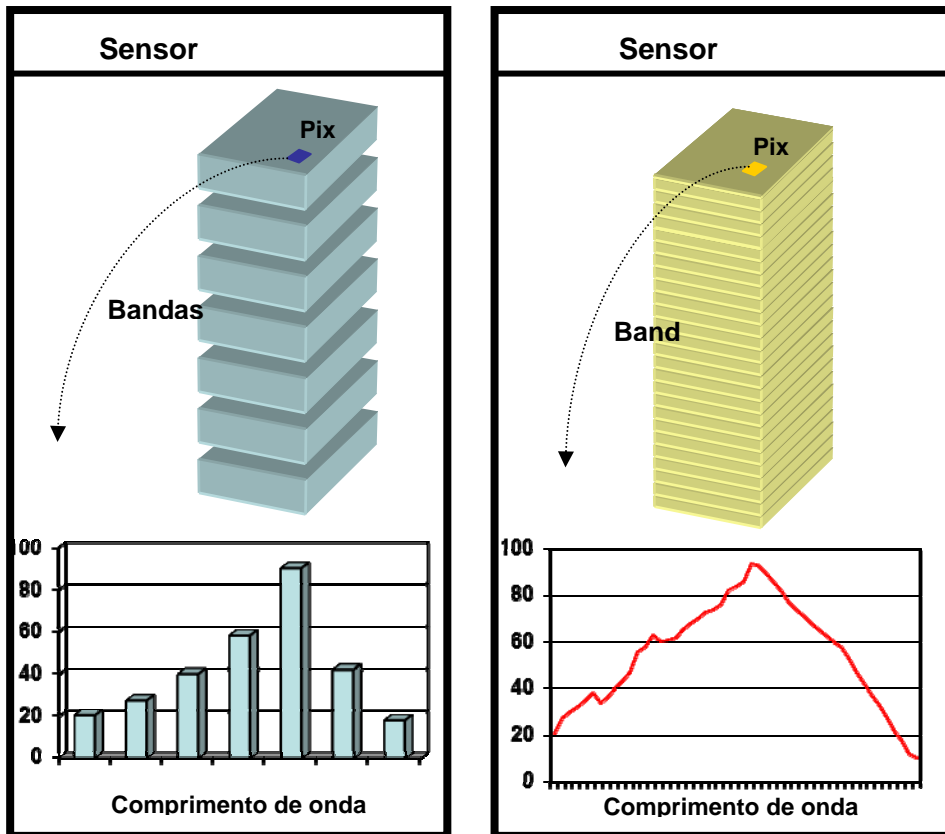


Figura 1 - Comparação entre sensores multiespectrais e hiperespectrais.

O sensor adotado na pesquisa é o Hyperion *hyperspectra*, a bordo do satélite “*Earth Observing-1*” (EO-1). Esse sensor foi lançado em 21 de novembro de 2000, na base da Força aérea de Vandenberg (EUA), como parte do Programa do Novo Milênio (*New Millenium Program – NMP*) da *National Aeronautics and Space Administration* - NASA, tendo como principal objetivo avaliar novas tecnologias de sensores de alta performance e plataformas. O Satélite EO-1 transporta três instrumentos de imageamento da superfície: o sensor Hyperion (hiperespectral), o sensor ALI (Multiespectral) e o Sensor LAC (*LEISA Atmospheric Corrector*) que não se encontra mais em operação.

O sensor Hyperion adquire dados em 242 bandas, de 10 nm de faixa de largura, no intervalo de 356 a 2577nm do espectro eletromagnético. A resolução espacial é de 30m e as informações são adquiridas no formato de 16 bits. Os dados são coletados por dois espectrômetros imageadores: um atuando no visível e infravermelho próximo (VNIR), cobrindo o intervalo do espectro eletromagnético de 0,4 – 1,0 μ m e outro no infravermelho de ondas curtas (SWIR), cobrindo o intervalo 0.9 – 2.5 μ m. Nem todas as bandas do sensor Hyperion são calibradas em função da diminuição da resposta do

detector nos menores comprimentos de onda. Dessa forma, o produto final dos dados fornece um total de 198 bandas, com possibilidade de uso, e espectro contínuo de 427 a 2395nm. Vale ressaltar que as bandas adquiridas e calibradas incluem também uma pequena área de sobreposição entre espectrômetros VNIR e SWIR, equivalente às bandas 56-57 e 77-78 representando o trecho entre 912 e 923nm. Consequentemente, excluindo-se duas dessas bandas, tem-se ao final 196 bandas espectrais disponíveis para análise.

Uma das grandes vantagens a serem obtidas com a adoção dessa tecnologia consiste na possibilidade de diferenciação de objetos (por exemplo, diferentes coberturas de vegetação), não identificados pelos sensores multiespectrais. Segundo Linn (2008), a imagem obtida pelo sensor *Hyperion* cobre aproximadamente 7,7km no sentido perpendicular à direção de vôo, podendo variar em sua extensão de 42km a 185km, dependendo da programação. O produto base apresenta 256 colunas e 1400 linhas para cada banda (imagem de 42km) e aproximadamente 6170 linhas para a imagem estendida (185km).

1.3 Objeto geral

A presente pesquisa visa avançar no conhecimento das respostas espectrais dos principais tipos de vegetação natural a partir de imagens hiperespectrais do sensor *Hyperion*. Como objetivos específicos espera-se:

- Apresentar uma metodologia inicial de pré-processamento das imagens hiperespectrais *Hyperion*, buscando determinar um padrão para a correção e ajuste das imagens;
- Análise de imagens hiperespectrais e respostas espectrais referentes aos diversos tipos de superfície, ressaltando as respostas espectrais obtidas para as estruturas de fragmentos florestais, em escala aproximada de 1:100.000, por meio de seleção de amostras e análise de gráficos resultantes.

2. Metodologia do trabalho de pesquisa

Por se tratar de um estudo com enfoque metodológico a escolha da área de estudo se justifica pela diversidade de ambientes e a disponibilidade gratuita de imagens do sensor *Hyperion*, de trechos com presença da vegetação de Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro. Foram selecionadas inicialmente duas áreas com cobertura de 7 km por 42 km, que sobrepõem parte dos Municípios de Paraíba do Sul, Areal, Petrópolis,

Belford Roxo, Magé, Duque de Caxias, São João de Meriti, Rio de Janeiro. A Figura 2 destaca a área proposta inicialmente para o desenvolvimento do estudo.

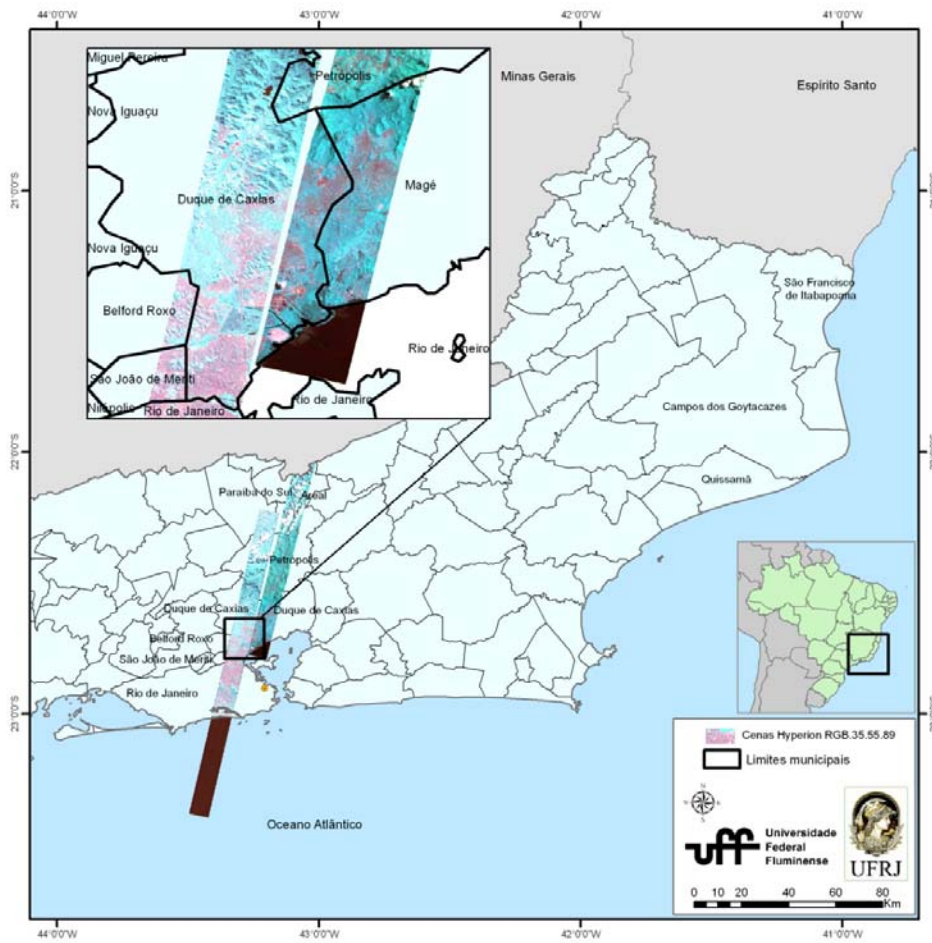


Figura 2 - Área proposta para o estudo

A metodologia executada para o presente estudo abordou a aquisição das imagens Hyperion, pré-processamento para o preparo das cenas, seleção de amostras para indicação de classes de vegetação e análise dos resultados a partir dos gráficos de resposta espectral. A Figura 3 destaca a etapas executadas.

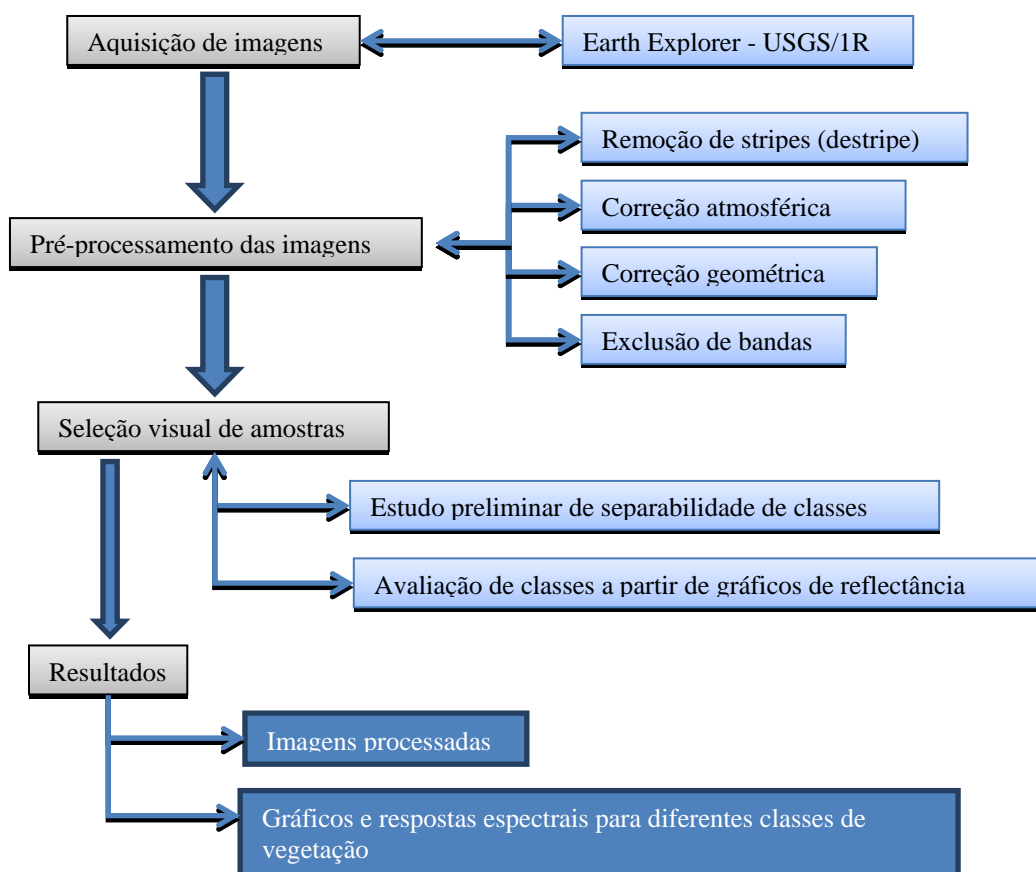


Figura 3 - Fluxograma metodológico da presente pesquisa

2.1. Aquisição das imagens Hyperion

Etapa referente à aquisição das imagens hiperespectrais fornecidas pelo sensor *Hyperion* e disponibilizadas pelo *United States Geological Survey - USGS* de forma gratuita por *download*, a partir do visualizador *USGS Global Visualization Viewer* ou *EarthExplorer*. Essa plataforma de consulta permite obter um conjunto de dados em formato *Geotiff* com todas as bandas do sensor *Hyperion*, da área de interesse para o projeto e recobrem uma parcela das cenas do *LANDSAT ETM*.

Inicialmente foram coletadas as seguintes cenas (Órbita ponto - 217-76):

1. Identificador - EO1H2170762008162110PP - data de aquisição 10 de junho de 2008;
2. Identificador - EO1H2170762010194110PP - data de aquisição 13 de julho de 2010.

Dessa forma foram obtidas as seguintes imagens com recobrimento lateral da área de interesse inicial (Órbita ponto - 217-75):

1. EO1H2170752011051110KF - PF101 – data de aquisição 20 de fevereiro de 2011;
2. EO1H2170752011033110PF- PF2_01 – data de aquisição 02 de fevereiro de 2011.

A Figura 4 destaca o posicionamento das cenas na área de estudo.



Figura 4 - Recobrimento das cenas consideradas para a pesquisa

Para apresentação desse seminário foi considerado apenas os resultados obtidos para a cena EO1H2170752011051110KF - PF101 – data de aquisição 20 de fevereiro de 2011.

2.2. Pré-processamento padrão

A etapa de pré-processamento foi realizada utilizando o *software* ENVI que não disponibiliza uma opção específica para a importação de bandas Hyperion. Nesse caso foi necessário inserir uma IDL que permite a realização de tal procedimento e correção automática dos ruídos característicos (*stripes*) das imagens. Esse IDL foi obtido por acesso ao endereço eletrônico: <http://www.itvis.com/UserCommunity/CodeLibrary.aspx>

2.2.1 Remoção de *stripes* (*destripe*)

Essa etapa consiste na remoção dos ruídos das imagens *Hyperion*, relacionados ao modo de geração das mesmas, em função da tecnologia de varredura utilizada pelo sensor. Nesse caso, cada imagem gerada apresenta uma coluna única em cada banda que corresponde a um único detector do equipamento a bordo do satélite EO-1. Como os detectores não são bem calibrados, seja nos espectrômetros do modo SWIR ou no modo VNIR, é possível observar faixas verticais ou “*stripes*” em algumas bandas da imagem resultante. Esses *stripes* correspondem a *pixels* com ND (número Digital) incoerente

com os pixels vizinhos, e que precisam ser corrigidos antes de dar continuidade às demais etapas de processamento. A Figura 5 mostra o resultado da correção dos Stripes.

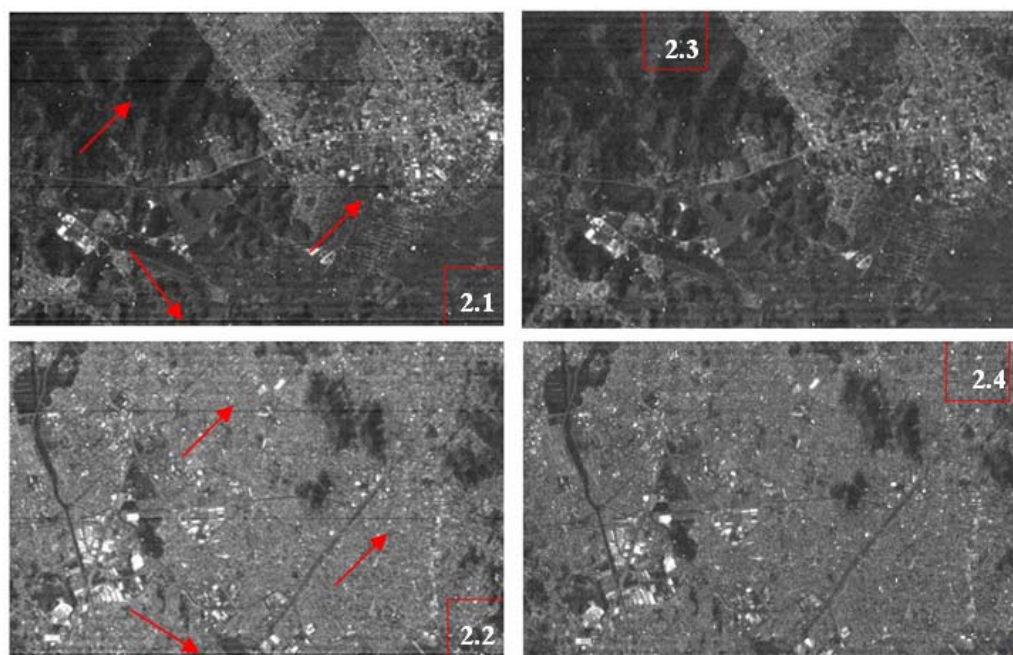


Figura 5 - Recortes da banda 10 com ruídos stripes (linhas horizontais nas imagens 2.1 e 2.2) e os mesmos recortes com resultados após a remoção dos stripes (imagens 2.3 e 2.4)

2.2.2 Correção atmosférica

A correção atmosférica consiste no ajuste dos efeitos de absorção e espalhamento causados pela presença de gases e aerossóis na atmosfera, afetando o sinal do sensor. Para a correção desse problema será utilizado o algoritmo FLAASH (*Fast Line of Sigt Atmospheric Analyst os Spectral Hypercubes*) presente no *software* ENVI, tradicionalmente utilizado com sucesso e já consolidado para correção das imagens *Hyperion*. Nessa etapa foram realizadas correções atmosféricas nas cenas EO1H2170762008162110PP e EO1H2170752011051110KF. Os parâmetros utilizados foram: coordenadas centrais Latitude -22.35° e Longitude -43.13° , sensor Hyperion, altitude do sensor 705 km, elevação média da área da imagem 400m, tamanho do pixel 30m, data da imagem 20/02/2011, hora de coleta da imagem 12h33m19s, modelo atmosférico “Tropical”, Modelo de aerossol urbano (pois a imagem recobre um trecho com alta densidade urbana no município do Rio de Janeiro e municípios vizinhos. Esse modelo apresentou um melhor resultado, quando comparado aos demais. Esse modelo considera uma mistura de 80% do aerossol rural com 20% de aerossóis de fuligem, se mostrando o mais apropriado, para a área com alta densidade urbana); Algoritmo de espalhamento Modtran - ISAACS (por ser mais rápido e simplificado. As Figuras 06 e

07 destacam a curva espectral de uma amostra da vegetação de mangue antes e após a correção atmosférica.

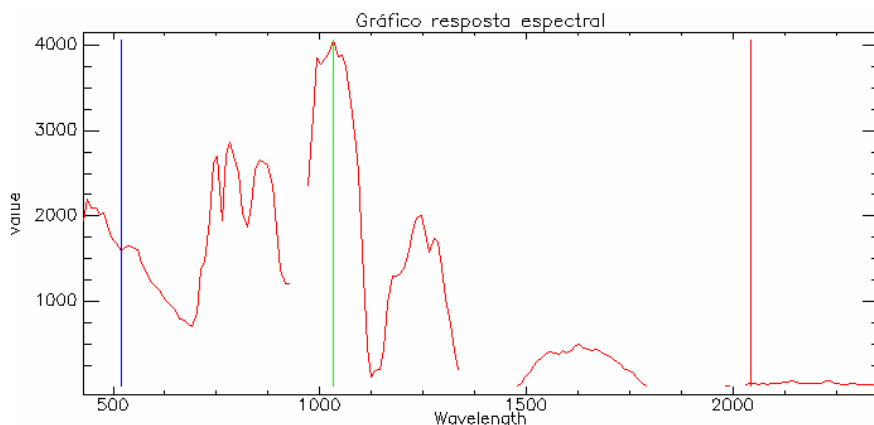


Figura 6 - Parâmetros de correção atmosférica

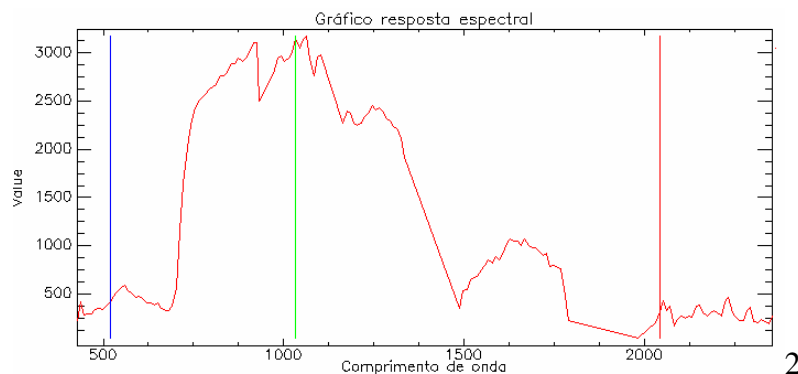


Figura 7- Curva espectral de amostra de vegetação (mangue úmido) antes (1) e após (2) o procedimento de correção atmosférica

Após a correção atmosférica foi realizada a correção geométrica das imagens.

2.2.3 Correção geométrica

A correção geométrica foi realizada para reorganizar os *pixels* da imagem em relação ao sistema de projeção cartográfica definido para o projeto. Esse procedimento visa minimizar as distorções geométricas, oriundas das características do sensor *Hyperion*, decorrentes do movimento do satélite durante o recobrimento.

Para a correção geométrica e seleção de pontos de controle foram utilizadas imagens *Landsat* disponibilizadas pelo projeto ZEE-RJ para o ano de 2007.

Ao todo foram selecionados 14 pontos de controle, mantendo o RMS 0.8198.

2.2.4 Exclusão de bandas

Essa etapa consiste na análise das bandas que deverão ser excluídas em função de ruídos remanescentes, que podem causar problemas nas etapas de posteriores referentes à segmentação e classificação. Segundo Linn (2008) tradicionalmente as bandas do

sensor *Hyperion* no intervalo em torno de 1400 e 1900nm são excluídas das análises, em função da forte interferência do vapor d'água da atmosfera. Essas bandas foram excluídas da análise. Outras bandas foram selecionadas para a exclusão tendo em vista a manutenção de ruídos após o processamento. Ao final foram consideradas 155 bandas de um total de 242.

3. Seleção visual de amostras

Após a etapa de processamento e preparo das imagens foram selecionadas áreas amostrais para análise das respostas espectrais das diferentes coberturas vegetais. A Figura 8 destaca algumas áreas consideradas como amostras para análise da reflectância da vegetação.

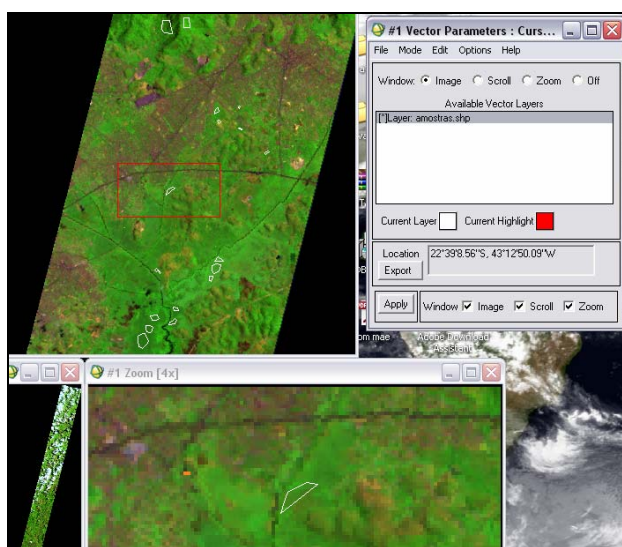








Figura 8 - Seleção de amostras na imagem Hyperion

3.1 Estudo preliminar de separabilidade de classes

O processo de segmentação e classificação será executado em etapa posterior definição das classes após a realização de um levantamento de campo. Dessa forma a etapa referente a separabilidade de classes foi executada apenas considerando a análise visual das amostras a partir de gráficos gerados para a resposta espectral dos alvos em cada banda. Essa análise permitiu identificar classes com diferentes respostas e bandas com maior reflectância para os alvos considerados. Foram selecionadas seis classes de vegetação a partir de um conjunto de amostras identificadas para cada classe. A indicação do número de classes considerou as diferentes texturas observadas na área de estudo como observado na Tabela 1.

Tabela 1 - Classes identificadas para análise das respostas espectrais e respectivas texturas

Classe	Subclasse	Caracterização Visual
Mangue	Úmido	
	Seco	
Floresta	Em fundo de vale	
	Floresta em áreas de alto relevo	
	Estágio Inicial de Recuperação	
Pasto	Pastagem	

A localização do conjunto de amostras considerado no presente estudo pode ser observado na Figura 9.



Figura 9 - Disposição das amostras na área da imagem Hyperion

3.2 Avaliação de classes a partir de gráficos de reflectância

Após a seleção visual das classes e geração dos gráficos de reflectância foram obtidas as respostas como observado na Figura 10.

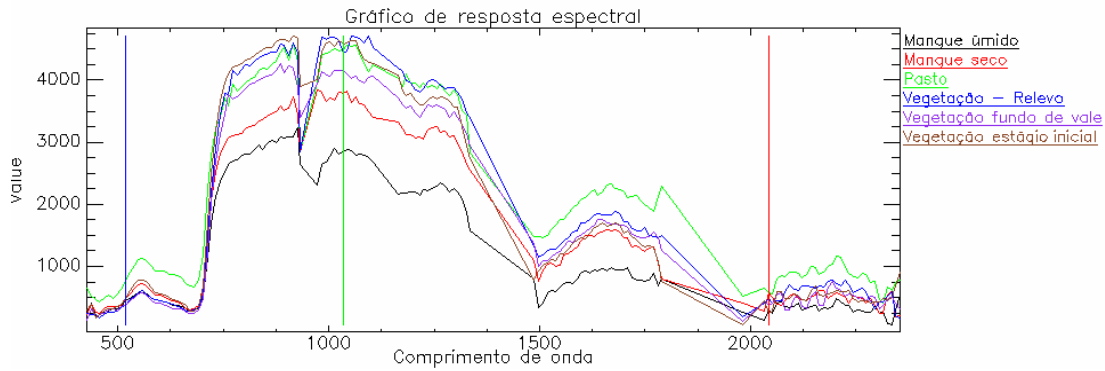
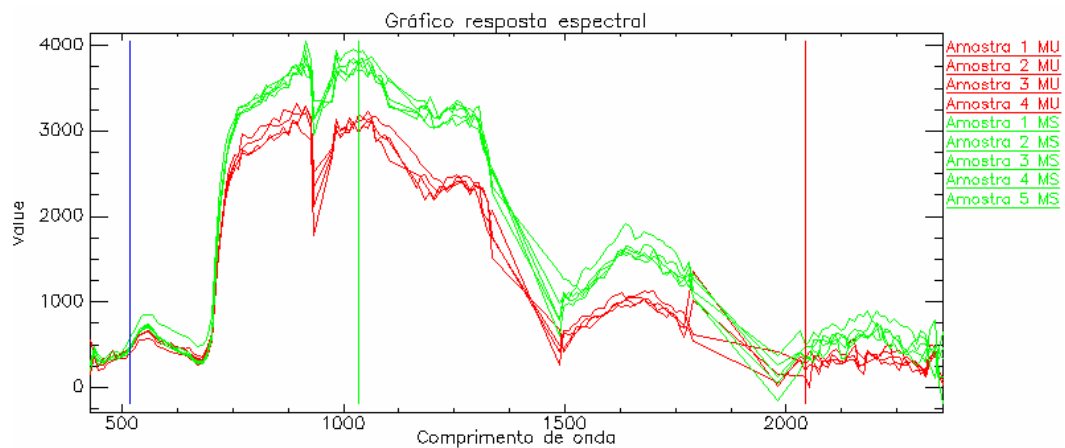


Figura 2 – Respostas espectrais das classes de vegetação observadas

A Figura 11 destaca o conjunto de amostras consideradas para diferenciar a classificação de mangue mais úmido das áreas de mangue com menor unidade. O levantamento de campo permitirá confirmar essa caracterização, bem como, detalhar as características biofísicas das duas coberturas vegetais.



Amostra MU – Vegetação em mangue mais úmido

X

Amostra MS – Vegetação em mangue mais seco

Figura 3 - Respostas espectrais para as classes Mangue (úmido e seco)

A Figura 12 apresenta a área considerada para a coleta das amostras de mangue úmido no município de Duque de Caxias. É possível observar a existência de áreas mais descampadas e úmidas próximas a Baía de Guanabara.



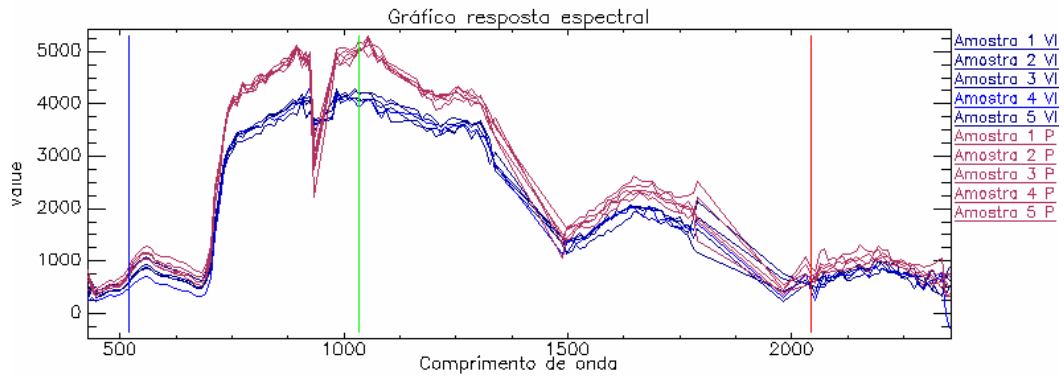
Figura 4 - Área de coleta das amostras, para a classe: mangue úmido

A Figura 13 apresenta área considerada para coleta de amostras de vegetação classificada como mangue seco. Há uma clara diferença na textura da cobertura vegetal que deve ser melhor avaliada em etapas futuras.



Figura 5 - Área de coleta de amostras para a classe mangue seco

A segunda análise considerou a verificação das respostas espectrais para as classes de pasto e vegetação inicial em estágio de conservação. A Figura 14 destaca as curvas espectrais das amostras consideradas para cada classe mencionada.



Amostras P -Pasto

X

Amostras VI - Vegetação em estágio inicial de conservação

Figura 6 - Respostas espectrais para as classes Pasto e Vegetação em estágio inicial de conservação

A Figura 15 destaca a área considerada para coleta de amostras de pasto com pouca cobertura vegetal.



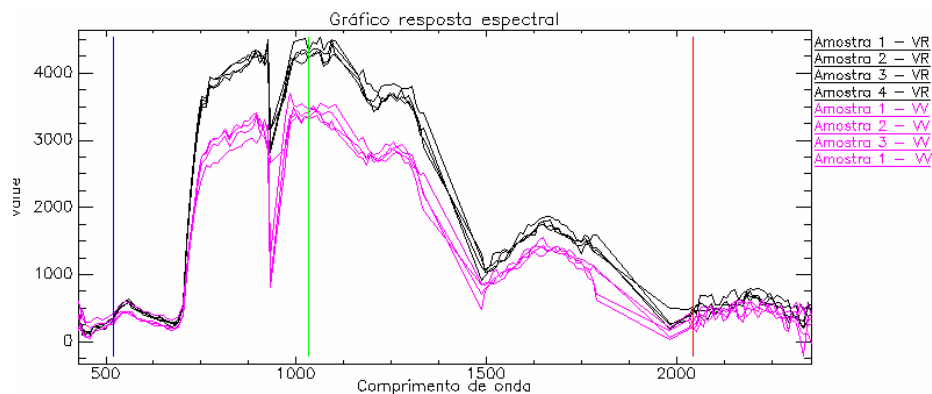
Figura 7 - Área de coleta das amostras para a classe Pasto

A Figura 16 destaca a área considerada para coleta de amostras de Vegetação considerada em estágio inicial por apresentar cobertura vegetal um pouco mais expressiva que as amostras de pasto. A observação em loco deve confirmar ou não essa condição.



Figura 16 - Área de coleta das amostras para a classe Vegetação Inicial

A última análise considerou a verificação das respostas espectrais para as classes de vegetação densa no alto do relevo e em fundos de vale. A Figura 17 destaca as curvas espectrais das amostras consideradas para cada classe mencionada.



Amostras de VR - Vegetação em áreas de relevo – encostas voltadas para o sol

X

Amostras de VV - Vegetação em fundo de vale

Figura 8 - Respostas espectrais para as classes de vegetação em áreas de relevo e fundos de vale

A Figura 18 destaca a área considerada para coleta de amostras de Vegetação em fundo de vales na região serrana do Rio de Janeiro. A realização de uma coleta em campo deve confirmar as características biofísicas dessa amostra.

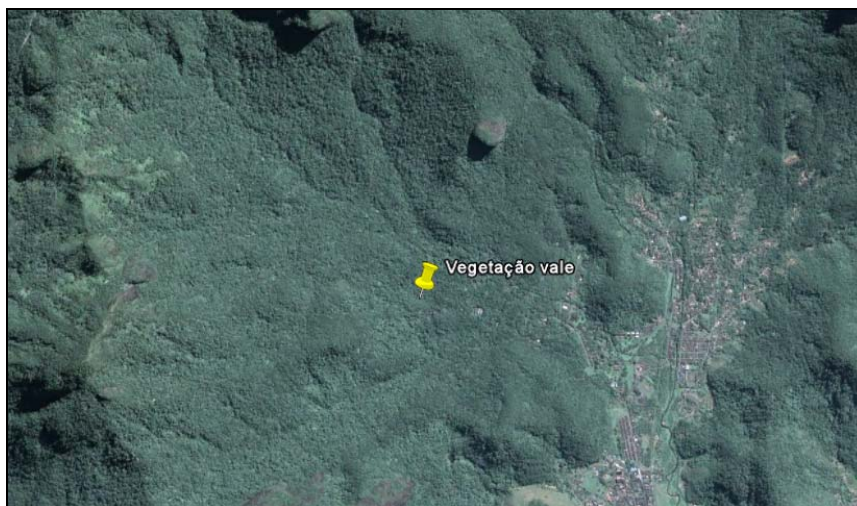


Figura 18 - Área de coleta das amostras para a classe vegetação em fundos de vale

A Figura 19 destaca uma das amostras consideradas para a análise de cobertura vegetal em áreas montanhosas.



Figura 19- Área de coleta das amostras para a classe vegetação topos de região montanhosa

Essa análise inicial permitiu identificar as respostas diferenciadas para cada cobertura considerada, o que permitirá gerar um mapeamento mais detalhado de cada tipo de vegetação e posterior classificação segundo estágio de conservação.

4. Considerações finais

A discussão inicia com a apresentação dos objetivos procurando contextualizar a pesquisa e permitir a posterior compreensão sobre os núcleos centrais que impulsionam a pesquisa: degradação e perda, conflitos e reconfiguração.

A representação da paisagem sugere a relação intrínseca entre os objetivos da pesquisa e a adoção desse conceito como alicerce para análise da cobertura vegetal, sobretudo pela observação dos elementos ambientais, ecológicos e antrópicos nas áreas de interesse.

Face à intensidade do processo de ocupação das terras nas áreas de estudo, é necessário estabelecer novas metodologias que compatibilizem os recursos naturais com as exigências da legislação ambiental vigente, especialmente pela Geografia.

Bibliografia

CARLEER, A.P.; WOLFF E. **Region-Based Classification Potential for Land-Cover Classification with Very High Spatial Resolution Satellite Data**. In: Proceedings of the 1st International Conference on Objectbased Image Analysis. Salzburg University, Austria. 2006.

CARRÃO, H.; CAETANO, M.; NEVES, N. LANDICO. (2001) **Cálculo de Indicadores de Paisagem em Ambiente SIG**. In: Encontro de Utilizadores de Informação Geográfica - ESIG 2001, Oeiras, Portugal, 28-30 novembro de 2001. Anais. Lisboa: Associação dos Utilizadores de Sistemas de Informação Geográfica - USIG. Disponível em <http://esig2001.tripod.com>. Consulta em 2/10/2007.

CRUZ, C.B.M.; VICENS, R.S.; SEABRA, V.S.; REIS R.B.; FABER, O.A.; ARNAUT, P.K.E.; ARAÚJO, M. Classificação Orientada a Objetos no Mapeamento dos Remanescentes da Cobertura Vegetal do Bioma Mata Atlântica, na Escala 1:250.000. **Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Florianópolis – SC, 2007.

CROSTA, A. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Unicamp, Campinas, 1992.

FORMAN, R.T.T. **Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions**. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1995.

FORMAN, R.T.T.; GORDON, M. **Landscape Ecology**. John Wiley and Sons, Inc., USA, 1986.

GOEL, N.S. **Models of vegetation canopy reflectance and their use in estimation of biophysical parameters from reflectance data**. Remote Sensing Reviews, v.4, 1988. p. 1-24.

GOETZ, A. F.H.; VANE, G.; SOLOMON, J. E.; ROCK, B. N. **Imaging Spectrometry for Earth Remote Sensing Science** 7. Vol. 228. no. 4704, pp. 1147 – 1153 DOI: 10.1126/science.228.4704.1147. June 1985.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Acessível em www.inpe.br. **Tutorial do SPRING**. 2007. Consultado em 5/08/2009.

LINN, R. M. **Avaliação dos Modelos de Mistura Espectral MESMA e SMA Aplicados aos Dados hiperespectrais Hyperion/EO-1 Adquiridos na Planície Costeira do Rio Grande do Sul**. Dissertação de Mestrado da Universidade Federal do

Rio Grande do Sul – UFRGS, Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia. 2008.

PEREIRA, J.L.G.; BATISTA, G.T.; THALÊS, M.C.;ROBERTS, D.A.; VENTURIERI, A.V. Métricas da Paisagem na Caracterização da Evolução da Ocupação da Amazônia. **Geografia**, v. 26, n. 1, 2001. p. 59-90.

PISSINATI, M. C.; ARCHELA, R.S. Geossistema Território e Paisagem – Método de Estudo da Paisagem Rural sob a Ótica Bertrandiana. **Geografia**, Revista de Geografia do Departamento de Geociências, Universidade Estadual de Londrina. v.18, nº1, 2009.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURU, Y. E. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. São José dos Campos. Sindicato Nacional de Editores de Livros. 2007

RODRIGUEZ, J. M. M., SILVA, E.V., CAVALCANTI, A.P.B. **Geoecologia das Paisagens: Uma Visão Geossistêmica da Análise Ambiental**. Fortaleza: Editora UFC, 2004.

SALGUEIRO, T.B. Paisagem e Geografia. **Finisterra**, XXXVI, nº72, PP.37-53. Faculdade de Letras, Universidade de Lisboa, 2001.

SCHRAMM, V. F.; VIBRANS, A. C. Uso de imagens hiperespectrais (EO-1 Hyperion) para detalhamento da detecção das formações florestais na bacia do Itajaí. **Dynamis revista tecno-científica** (out-dez/2007) vol.13, n.1, 59-69.

SCHIER,R.A. Trajetórias do Conceito de Paisagem na Geografia. **R.RA'E GA**, Curitiba, Editora UFRP, nº7, p.79-85, 2003.

SIMINSKI, A.; FANTINI, A. C. Classificação da Mata Atlântica do Litoral Catarinense em estágios sucessionais: ajustando a lei ao ecossistema. **Revista Floresta e Ambiente** V. 11, n.2, p. 20 - 25, ago./dez. 2004.

SOUZA, A. A. **Estudo de Fitofisionomias de cerrado com dados de sensor Hyperion/EO-1**. 2009. 117p. Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2009.

ZEE-RJ. **Zoneamento Ecológico Econômico do Estado do Rio de Janeiro**. Mapeamento de uso e cobertura do solo para o Estado do Rio de Janeiro - RJ na escala de 1:100.000. IEF e UFRJ, 2009.