

## **Análise da Distribuição Espacial das Coberturas Naturais no Litoral Leste do Estado do Rio de Janeiro - Brasil**

Vinicius da Silva Seabra<sup>1</sup>, Evelyn de Castro Porto Costa<sup>2</sup>, Arthur Alves Bispo do Santos<sup>3</sup>, Anna Karolina de Barros Pereira<sup>4</sup>, Suelen Medeiros Castro<sup>5</sup>

O litoral leste do estado do Rio de Janeiro (LLERJ) é uma importante região brasileira, seja do ponto de vista estratégico, já que está inserida entre importantes áreas de produção de petróleo (Bacia de Campos) e a metrópole do Rio de Janeiro, ou do ponto de vista ambiental, já que abriga diferentes tipos de ecossistemas, tais como: dunas, cordões arenosos, brejos, restingas, florestas ombrófilas e mangues. Algumas das áreas presentes neste recorte espacial são protegidas por leis brasileiras, seja a partir do Código Florestal ou a partir da criação de Unidades de Conservação (UC). Dentre as UC presentes na área, existem cinco Áreas de Proteção Ambiental (APA), duas Reservas Ecológicas, dois Parques Naturais, uma Reserva Extrativista e uma Reserva Militar, totalizando, pelo menos, onze Unidades de Conservação. Este trabalho tem como objetivo principal, a realização de análise de distribuição do uso e cobertura da terra no LLERJ, em escala de 1:100.000, fazendo uso de classificação baseada em objetos de imagens Landsat 8 (OLI). Nesta análise, foram mapeados os usos e coberturas dos municípios de Maricá, Saquarema, Araruama, Iguaba Grande, São Pedro da Aldeia, Cabo Frio, Arraial do Cabo e Armação de Búzios, onde os resultados apontaram a presença de importantes vetores de pressão sobre as unidades de conservação, causadas principalmente pelos usos urbanos e pela pecuária. As florestas ocupam 22,64% da área (426,57km<sup>2</sup>) e têm uma distribuição dispersa e fragmentada pela área de estudo, já as restingas (2,48%) representam 46,77km<sup>2</sup> da área de estudo e se encontram localizadas de forma contínua ao longo do litoral.

**Palavras-Chave:** Uso e cobertura da terra; Classificação baseada em objeto; Região dos Lagos-RJ; Unidades de Conservação

---

<sup>1</sup>UERJ/FFP BRASIL - vinigeobr@yahoo.com.br

<sup>2</sup>UERJ/FFP BRASIL - evelynportocosta@yahoo.com.br

<sup>3</sup>UERJ/FFP BRASIL - arthurdossantos26@gmail.com

<sup>4</sup>UERJ/FFP BRASIL - annakarolinageo@gmail.com

<sup>5</sup>UERJ/FFP BRASIL - suelen\_medeiros03@yahoo.com

# **Análise da Distribuição Espacial das Coberturas Naturais no Litoral Leste do Estado do Rio de Janeiro - Brasil**

Vinicius da Silva Seabra  
Evelyn de Castro Porto Costa  
Arthur Alves Bispo do Santos  
Anna Karolina de Barros Pereira  
Suelen Medeiros Castro

## **1. Introdução**

A análise do uso e cobertura da terra é indispensável para estudos ambientais de qualquer natureza, pois permitem a compreensão da distribuição das atividades humanas no espaço geográfico, assim como apontam os vetores de pressão e impactos sobre os elementos naturais presentes na paisagem. Estes levantamentos são essenciais ainda para a análise das mudanças na superfície terrestre e das interações existentes entre o meio biofísico e socioeconômico, sobretudo em áreas em que estes processos ocorrem com grande dinamismo.

O Litoral Leste do Estado do Rio de Janeiro (LLERJ) é uma destas áreas que apresenta grande dinâmica, pois tem sofrido uma série de mudanças ocasionadas pelo crescimento populacional nos últimos anos, além do aumento na intensidade de fluxo de veranistas, políticas de investimentos em infraestrutura e turismo e declínio de algumas atividades econômicas em detrimento de outras (SEABRA et. al. 2009).

Consideramos como LLERJ os limites das bacias litorâneas situadas à leste da metrópole do Rio de Janeiro, mas precisamente de Maricá à Búzios, incluindo ainda os municípios de Saquarema, Arraial do Cabo, Iguaba, São Pedro da Aldeia, parte de Araruama e parte Cabo Frio. Toda área apresenta uma superfície de aproximadamente 1.860 km<sup>2</sup> (calculados em superfície plana e projeção equivalente de Albers), sendo a maior extensão leste-oeste de 122 km (desde Itaipuaçu à Búzios) e maior extensão norte-sul de 46 km, num trajeto de Arraial do Cabo a Tamoiós, no município de Cabo Frio (figura 1).

A área de estudo recobre dois importantes domínios tectono-magmáticos do estado do Rio de Janeiro: O Domínio Serra do Mar, e o Domínio Região dos Lagos. Recobrando estas formações cristalinas, que compõem os maciços costeiros presentes na região, temos as coberturas sedimentares. Estas coberturas, em grande parte, caracterizam-se pela presença de planícies costeiras que apresentam tendência de aumento na direção leste, formando no contato oceano-continente, extensos arcos de praia (MUEHE, 1982).

O aspecto que marca a fisionomia da paisagem costeira da região estudada é o desenvolvimento dos cordões litorâneos (MUEHE, 1998), frequentemente ocorrendo em forma de duplos cordões, dispostos paralelamente entre si e separados por uma depressão estreita. Estes cordões imprimiram o aspecto retificado a todo o litoral, formando uma linha contínua, apenas interrompida pelos primórdios rochosos que separam as diversas baixadas costeiras.

Muehe e Corrêa (1989) apontam a migração dos cordões litorâneos em direção ao continente, até sua atual posição, em consonância com a elevação do nível do mar, estando o cordão mais interiorizado associado a última transgressão

pleistocênica, e o cordão frontal à transgressão pós-glacial. O processo de retrogradação afeta ainda os cordões litorâneos frontais, que em muitos pontos são ultrapassados por ondas de tempestade (*overwash*).

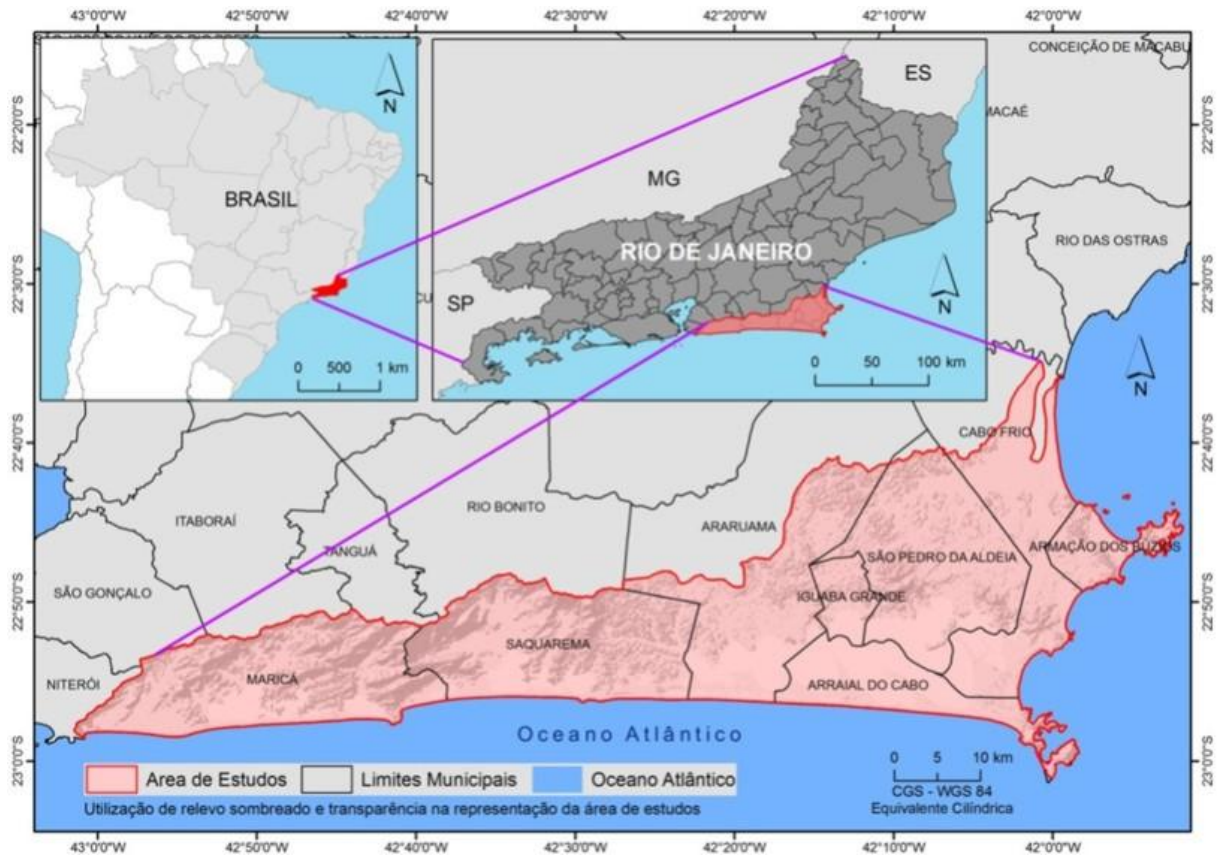


Figura 1. Localização da Área de Estudos

Temos que destacar que esta região localiza-se entre uma das áreas de maior produção de petróleo do Brasil, que é a Bacia de Campos, e a metrópole do Rio de Janeiro, sofrendo com isso pressões de diferentes fatores e magnitudes. Também é relevante destacar que as intervenções causadas pela construção e instalação do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (COMPERJ) que ocorre em Itaboraí, localizado à aproximadamente 30 km ao norte do LLERJ, é outro aspecto que produz efeitos significativos na área de estudos (figura 2).

Para entender as mudanças destes espaços faz-se necessário a obtenção de contribuições baseadas em dados ambientais capazes de subsidiar a compreensão do funcionamento dos diversos sistemas integrados ao homem e a natureza. Portanto, a utilização do Sensoriamento Remoto, e de ferramentas de geoprocessamento, permite diagnósticos eficientes, propõe soluções de baixo custo e cria alternativas inteligentes para os desafios enfrentados face às mudanças aceleradas que observamos em nosso território (SAUSEN, 2005).

Sendo assim, este trabalho tem como objetivo principal, a realização de análise de distribuição do uso e cobertura da terra no LLERJ, sobretudo das coberturas naturais, em escala de 1:100.000, fazendo uso de classificação baseada em objetos de imagens Landsat 8 (OLI), que são disponibilizadas gratuitamente pela Earth Explorer, da agência geológica americana USGS. A partir desta análise esperamos compreender a fragmentação a distribuição das manchas de florestas,

restingas e outras coberturas naturais, tais como identificar os principais vetores de pressão à estas coberturas.

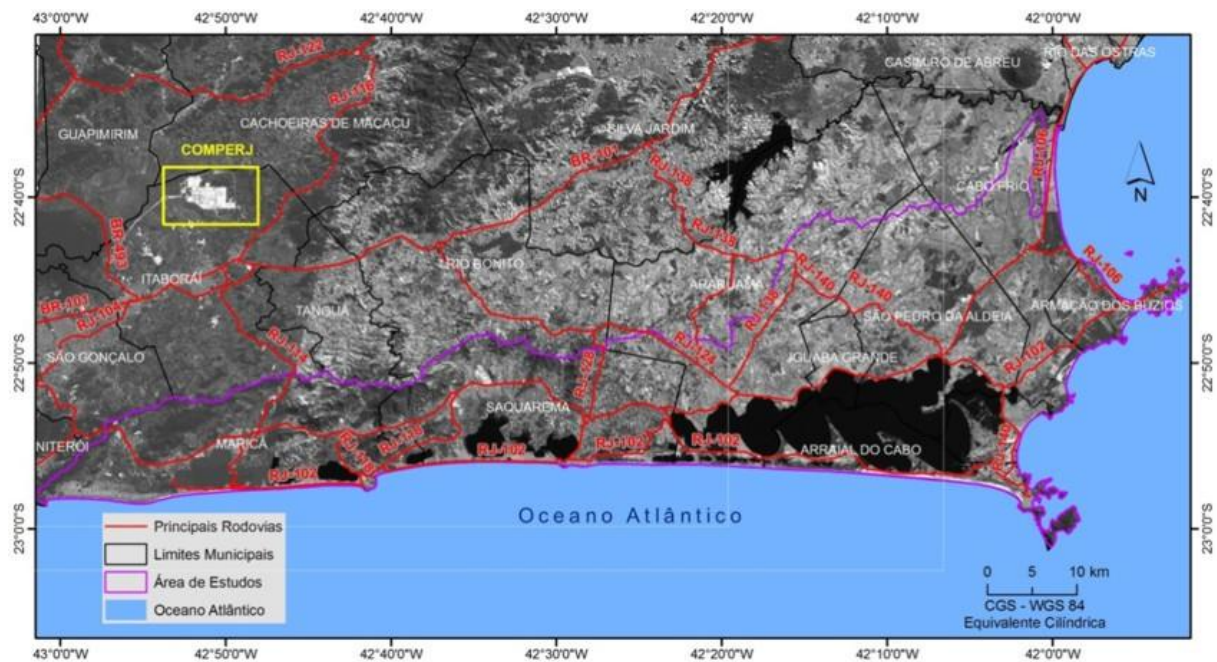


Figura 2. Principais Rodovias e Posição em relação ao COMPERJ

A escolha da área de estudos é atribuída em razão da sua importância estratégica para o Estado do Rio de Janeiro. Esta relevância justifica-se pela localização do LLERJ, que situa-se entre a metrópole do Rio de Janeiro e uma das maiores regiões produtoras de petróleo do Brasil, a Bacia de Campos. É importante ressaltar que, além do grande apelo turístico e estratégico que a área têm, o LLERJ também abriga um grande conjunto de unidades de conservação (figura 3) e tem uma biodiversidade única e importante para o estado do Rio de Janeiro. O LLERJ abriga importantes remanescentes de restinga, florestas, mangues, áreas úmidas, dunas, praias e etc.

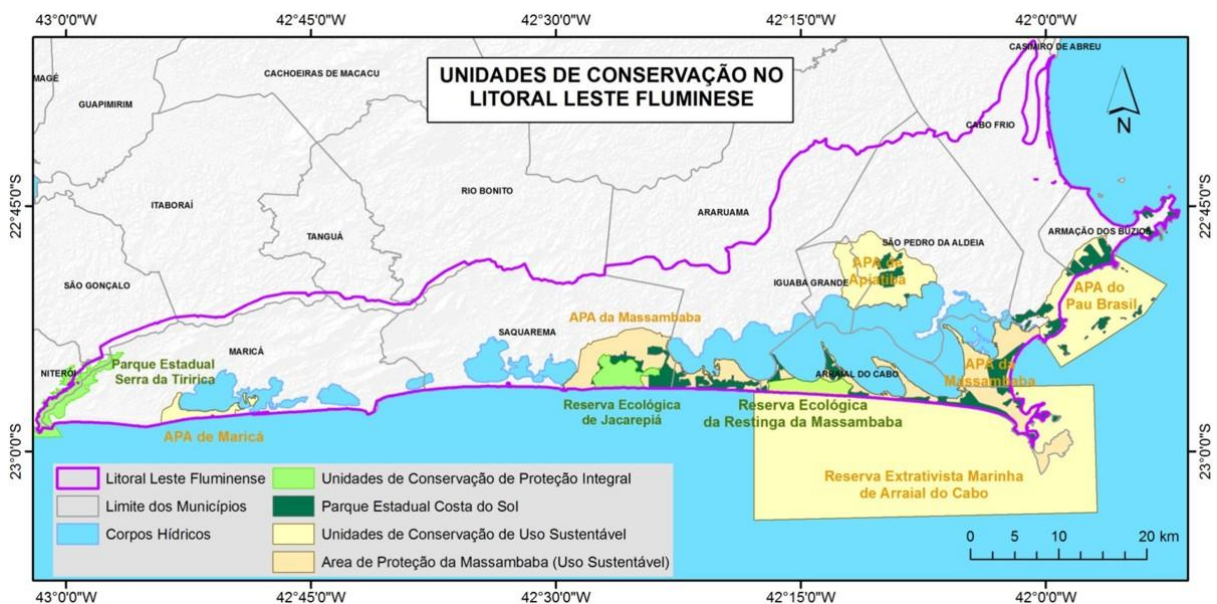


Figura 3. Unidades de Conservação no Litoral Leste Fluminense

Dentre as unidades de conservação presentes no LLERJ, destacamos o Parque Estadual da Costa do Sol (PECS). Criado pelo Decreto Estadual nº 42.929 de 18 de abril de 2011, o parque tem área total aproximada de 9.841 hectares, dividida em quatro setores, cada qual abrangendo partes dos municípios de Araruama, Armação dos Búzios, Arraial do Cabo, Cabo Frio, Saquarema e São Pedro da Aldeia (INEA, 2015).

Segundo o INEA (Instituto Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio de Janeiro), os principais objetivos da criação do PECS são:

*"(...) assegurar a preservação dos remanescentes de Mata Atlântica e ecossistemas associados da região das baixadas litorâneas (restingas, mangues, lagoas, brejos, lagunas, entre outros), possibilitando a recuperação das áreas degradadas ali existentes; manter populações de animais e plantas nativas, servindo como refúgio para espécies migratórias raras, vulneráveis, endêmicas e ameaçadas de extinção da fauna e flora nativas; oferecer oportunidades de visitação, recreação, interpretação, educação e pesquisa científica; possibilitar o desenvolvimento do turismo no seu interior - uma vocação natural dessa região do Estado - além de atividades econômicas sustentáveis no seu entorno (INEA, 2015. Disponível em <http://www.inea.rj.gov.br>)."*

Analisar a distribuição dos usos e coberturas da terra atualmente é uma tarefa muito relevante para a compreensão das dinâmicas e processos que atuam nos mais diferentes espaços. As informações geradas por estas investigações apoiam medidas de mitigação de impactos, planejamento ambiental, definição de áreas prioritárias para recuperação ou preservação, dentre outros. Os estudos que se dedicam a promover avanços nas metodologias de classificação de imagens orbitais, com objetivo de construção de mapas de uso e cobertura da terra, configuram-se como importantes iniciativas para o gerenciamento e gestão ambiental. Sendo assim, as análises realizadas por este trabalho serão de grande utilidade e interesse para os projetos de conservação e preservação ambiental, planejamento ambiental, zoneamentos ambientais e para estudos de dinâmica ou estrutura da paisagem.

## **2. Mapeamento do Uso e Cobertura da Terra por Classificação Baseada em Objetos**

A representação do uso e cobertura da terra tem por finalidade permitir a análise da distribuição dos remanescentes naturais presentes na paisagem e das atividades humanas que ocorrem na superfície terrestre. Sendo assim, os estudos que correlacionam a caracterização da cobertura da terra e a análise de seus diferentes usos e manejos são importantes ferramentas para a compreensão da intensidade das mudanças e o tipo das mudanças em determinadas áreas. Além disso, estes estudos fornecem as informações necessárias para a identificação do período em que as mudanças ocorreram; permite a compreensão de suas estruturas

no passado; e, também, torna viável a determinação dos vetores e tendências das pressões sobre os espaços naturais (SEABRA & CRUZ, 2013).

O uso da terra é um termo que se refere ao modo como a terra é usada pelos seres humanos. A cobertura da terra refere-se à distribuição dos materiais biofísicos sobre a superfície terrestre. Um parque nacional pode ter um uso de proteção e conservação, e ter como cobertura uma floresta Ombrófila (JENSEN, 2007). A cobertura da terra é considerada a expressão das atividades humanas na superfície terrestre e está diretamente ligada ao uso da terra e seu manejo. Os estudos que correlacionam a caracterização da cobertura da terra e a análise de seus diferentes usos e manejos são importantes ferramentas para a compreensão da intensidade das mudanças e o tipo das mudanças em determinadas áreas.

A análise do uso e cobertura da terra é indispensável para estudos ambientais de qualquer natureza, pois retratam as pressões e impactos sobre os elementos naturais presentes na paisagem. Estes levantamentos são essenciais para a análise de fontes de poluição e compreensão das interações entre o meio biofísico e socioeconômico. Segundo Jansen (2002), as mudanças de Uso e Cobertura da Terra podem ocorrer de duas formas. A primeira seria a conversão de uma categoria de uso para outra. Como por exemplo, a mudança de cobertura florestal para pastagem. A segunda forma estaria correlacionada ao manejo, e seria a mudança dentro da própria categoria, como uma área que passa de pequenos campos agrícolas para agricultura irrigada.

A intensidade com que ocorre determinado uso também é relevante neste tipo de análise. No caso da urbanização, nem sempre o crescimento das áreas ocupadas pode ser considerado mais impactante que o aumento da intensidade das ocupações. O mapeamento de uso e cobertura realizado por Seabra *et al.* (2009) no município de Maricá-RJ, apontou que a passagem de uma <sup>2</sup>urbanização rarefeita para um nível mais intenso de ocupação em algumas áreas foi mais impactante que a expansão urbana de outras localidades (SEABRA *et. al.* 2015).

A classificação digital é uma das funções prioritárias do processamento digital de imagens de sensoriamento remoto. A maior parte dos mapeamentos temáticos, dentre eles o de cobertura e uso da terra, é embasada em alguma forma de interpretação de fotografias e/ou imagens, sejam provenientes de sensores passivos ou ativos. Esse processo pode ser totalmente visual, o que demanda muito tempo de execução e cuidados com a padronização/uniformização de critérios; automático, bastante questionado pela baixa acurácia dos resultados; ou ainda, semiautomático, que busca agregar vantagens dos dois processos anteriores, dando um espaço significativo para a etapa de edição manual (CRUZ *et. al.*, 2009).

Entendemos por classificação digital o processo de extração de informação em imagens com o objetivo de reconhecer padrões e objetos homogêneos (INPE, 2006). Os métodos de classificação de imagens são aplicados com o objetivo de criar representações temáticas de fenômenos, feições e objetos dispostos sobre a superfície terrestre. Estes métodos delimitam porções em que a resposta espectral dos alvos apresenta as mesmas características ou significados.

---

<sup>2</sup>A classe "Urbanização Rarefeita" representa as áreas de menor ocupação, com lotes vazios (não construídos) intercalando as casas.

Depois de imageados, os alvos ou elementos presentes na superfície terrestre terão suas informações, expressas em reflectância ou radiância, convertidas em níveis de cinza dentro de uma cena (imagem), onde cada "pixel" tem as coordenadas espaciais x, y e a coordenada espectral L, que varia de banda para banda e é representada pelos níveis de cinza. O conjunto de características espectrais de um "pixel" é denotado pelo termo "atributos espectrais".

Os classificadores automáticos podem ser supervisionados ou não supervisionados (característica relativa ao grau de interação do intérprete no processo) e, ainda, pixel-a-pixel ou contextuais (quando partem da segmentação). Recentemente, buscando contribuir para que os processos automatizados alcancem melhor desempenho, surgem os classificadores orientados a objetos que, através de critérios booleanos e/ou modelagem matemática Fuzzy, oferecem recursos para que o conhecimento do especialista possa ser minimamente sistematizado e reproduzido (CRUZ et. al, 2009).

O processo de classificação baseada em objetos utiliza os polígonos gerados na segmentação para definição dos objetos de imagem a partir de um conjunto de dados, no caso, as bandas, embora possam ser agregadas variáveis de outras naturezas. As características espectrais de forma e relações de vizinhança são as informações utilizadas na descrição destes objetos. A partir destes descritores os objetos podem ser agrupados em categorias com significado ou em classes temáticas (DEFINIENS, 2010).

Cruz et. al (2007) apontam que a classificação baseada em objetos busca simular técnicas de interpretação visual através da modelagem do conhecimento para identificação de feições, baseada na descrição de padrões identificadores, tais como textura, cor, métrica, contexto. Reis et. al (2009) destacam que a classificação baseada em objetos veio para suprir os tradicionais classificadores que tinham como base apenas os atributos espectrais, que não permitiam o uso de dados de diferentes resoluções e que não tratavam as classes de forma individualizada.

A classificação baseada em objetos ainda se diferencia das demais por apresentar a possibilidade de se realizar multissegmentações, gerando níveis hierarquizados, incluindo ainda aspectos de multirresolução. A classificação baseada em objetos considera muitos tipos de descritores, tratando-os como parâmetros caracterizadores dos objetos, tais como: cor, textura, tamanho, forma, padrão, localização, contexto, etc. Portanto, a inserção destes elementos, ou seja, do conhecimento do intérprete no processo, consiste em uma alternativa para a distinção de alvos que espectralmente apresentam dificuldades de serem mapeados. A caracterização dos objetos da imagem não pode limitar-se apenas a atributos espectrais, pois estes muitas vezes não conseguem delimitar objetos complexos (DEFINIENS, 2010).

Para este trabalho foram classificadas cenas de imagens Landsat 8 (OLI) por classificação supervisionada baseada em objetos, recortadas para o Litoral Leste do Estado do Rio de Janeiro (LLERJ), admitindo-se o resultado final em escala de 1:100.000. O software escolhido para este tipo de classificação foi o Definiens®, que apresenta um ambiente para a classificação de imagens que possibilita a adoção de segmentação em diferentes níveis de escala, a utilização de descritores variados, disponibilizados ou construídos, além da hereditariedade entre níveis e/ou classes. Será dada ênfase, exclusivamente, à modelagem Fuzzy sobre descritores

espectrais, apoiada na seleção de áreas de treinamento (amostras). A análise Fuzzy fornece o grau de participação (pertinência) de um objeto para todas as classes definidas na legenda, cujos valores podem ser inseridos em novos contextos de classificação.

### 3. Metodologia

O processo de construção do mapa de uso e cobertura da terra do LLERJ teve início com a aquisição de imagens Landsat 8 (sensor OLI) pelo catálogo de imagens do site EarthExplorer da USGS (Agência Geológica Americana). As imagens escolhidas são datadas de junho e dezembro de 2014, por serem as mais recentes com a mínima interferência de nuvens. Posteriormente, foram criados projetos no software DEFINIENS®, para dar início aos processos de segmentação e classificação das imagens.

A classificação baseada em objetos do uso e cobertura da terra da área de estudos foi realizada em diferentes etapas. Primeiramente, a segmentação foi realizada com parâmetro de escala 100, com pesos iguais para todas as bandas. Em seguida foram definidas e estruturadas as classes temáticas, assim como a rede semântica de mapeamento. Foi elaborada uma rede semântica em 3 níveis, onde no primeiro nível foram mapeados as classes de areia, água e solo. A classe temática "solo", no segundo nível semântico, foi classificada em áreas úmidas, agropasto, floresta, restinga, salina, afloramento rochoso, mangue, reflorestamento, solo exposto e áreas urbanas. Por fim, as áreas urbanas foram separadas em urbanização rarefeita, média e intensa. (Figura 4).

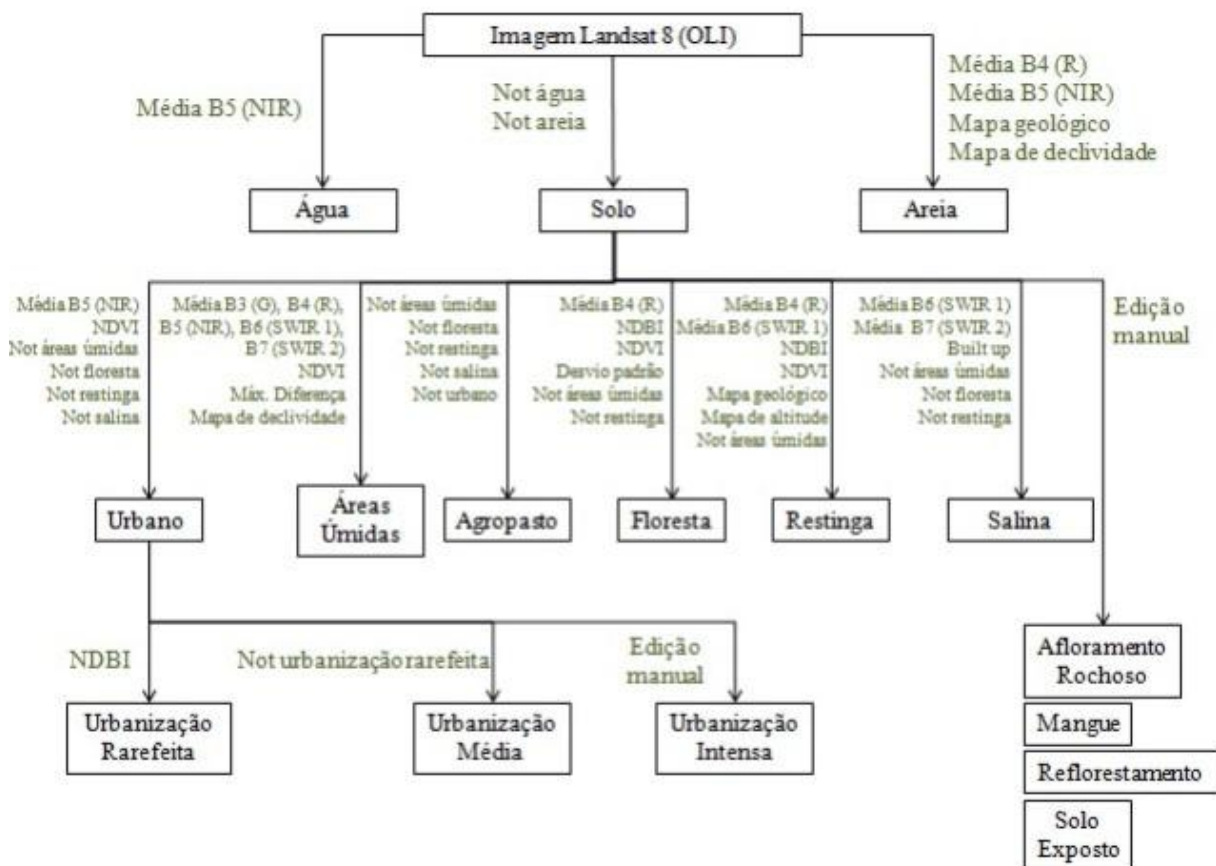


Figura 4. Fluxograma de classificação do uso e cobertura da terra do LLERJ



Para a classificação de cada classe temática, com exceção das classes editadas manualmente, foram escolhidas de 10 a 15 amostras distribuídas dentro da área de estudo. Em seguida, foi realizada a modelagem, que consiste na definição de descritores para a classificação das regiões produzidas na segmentação. Além das médias das bandas espectrais, da máxima diferença e do desvio padrão, foram utilizados os seguintes descritores: Built up, NDBI, NDVI e mapas temáticos (altitude, declividade e geológico-geomorfológico). Os mapas temáticos são auxiliares na distinção de determinadas classes em que somente a resposta espectral não estava os separando. O Built up e o NDBI são utilizados para identificar áreas construídas. O índice de diferença normalizada para áreas construídas (NDBI), calculado por Zha et al. (2003), tem grandes aplicações para a identificação de áreas urbanas, enquanto o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), aplica-se na identificação de áreas verdes ou em áreas em que a presença de vegetação é escassa.

As fórmulas destes algoritmos se encontram a seguir:

- $\text{Built up} = (\text{SWIR1} - \text{NIR}) / (\text{SWIR1} + \text{NIR})$
- $\text{NDBI} = \text{Built up} - \text{NDVI}$
- $\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{R}) / (\text{NIR} + \text{R})$

As classes utilizadas com as suas seguintes descrições para a classificação das imagens foram as seguintes:

- **Corpos Hídricos:** lagoas, espelho d'água, rios e lagos artificiais;
- **Cordões Arenosos:** cordões arenosos e dunas;
- **Áreas úmidas:** áreas de inundação temporária (não permanente);
- **Afloramento Rochoso:** exposição natural de rochas na superfície;
- **Pastagem:** vegetação rasteira (gramíneas) com ou sem atividade de pecuária
- **Agricultura:** áreas de agricultura e/ou solos preparados para cultivos
- **Floresta:** cobertura arbórea típica de mata atlântica, exceto restingas e mangues;
- **Mangue:** vegetação associada às margens de rios, onde haja encontro de águas de rios com a do mar;
- **Reflorestamento:** plantio de eucaliptos;
- **Restinga:** cobertura vegetal em depósitos arenosos;
- **Salinas:** área de produção de sal marinho pela evaporação de água salgada. Nesta classe foram agrupadas salinas úmidas - ativas, em funcionamento - e salinas secas – desativadas, em que não há mais nenhuma atividade de produção;
- **Solo Exposto:** solos preparados para cultivo ou construção civil e mineração;
- **Ocupação Rarefeita:** áreas de menor ocupação, com lotes vazios (não construídos) intercalando as casas;
- **Ocupação Moderada:** ocupação dada de forma contínua, com poucas interrupções (lotes vazios);
- **Ocupação Intensa:** construções verticais e contínuas, sem lotes vazios.

Por fim, foi realizado um trabalho de campo para validar o mapeamento as classes e realizar uma edição manual final entre os usos e coberturas a fim de corrigir algumas discrepâncias dos descritores. Como por exemplo, a comparação entre a classe de salinas com a água, areia e restinga. Nas salinas úmidas (em funcionamento), a alta concentração de água salgada para a produção do sal das salinas confere a essa classe similaridades com a água (figura 5). Enquanto as salinas secas (desativadas), devido ao avanço da areia e da restinga sobre elas, promovem respostas espectrais bastante similares a areia e a restinga (figura 6).



Figura 5. Imagem de satélite e fotografia da salina úmida em Cabo Frio-RJ



Figura 6. Imagem de satélite e fotografia da salina seca em Arraial do Cabo - RJ

É ainda importante mencionar que todos os mapas deste trabalho foram construídos na projeção equirretangular cilíndrica, no sistema geodésico SIRGAS 2000 e com coordenadas geográficas angulares (latitude e longitude). Os cálculos de área foram realizados sobre a projeção equivalente de Albers, que por sua característica de equivalência, apresenta menores deformações para cálculos desta natureza.

#### 4. Resultados

A área total mapeada corresponde a aproximadamente 1.884 km<sup>2</sup> em superfície plana, calculada a partir da projeção equivalente de Albers e em escala de 1:100.000. O processo de classificação identificou 2.168 polígonos distribuídos entre as 15 classes temáticas ao longo de todo litoral leste do estado do Rio de Janeiro. Deve-se levar em consideração ainda que a área se estende em aproximadamente 120km no sentido leste-oeste e tem 46km no seu ponto de maior extensão no sentido norte-sul.

O LLERJ caracteriza-se, segundo o uso e cobertura da terra, por ser uma região em que as atividades pecuárias são predominantes (tabela 1). As pastagens cobrem 614,34km<sup>2</sup> da área mapeada, sendo a cobertura de maior abundância no LLERJ. As pastagens, que representam 32,61% da cobertura total, estão distribuídas principalmente pelas planícies e sistemas de colinas, que são as feições mais presentes na área de estudos.

Tabela 1: Área e total percentual das classes temáticas de uso e cobertura da terra no LLERJ

Classes Temáticas	Área em km <sup>2</sup>	%
Afloramento Rochoso	2,64	0,14
Áreas Úmidas	136,85	7,26
Cordões Arenosos	23,58	1,25
Corpos Hídricos	287,60	15,27
Floresta	426,57	22,64
Mangue	0,02	0,00
Ocupação Intensa	3,56	0,19
Ocupação Moderada	51,83	2,75
Ocupação Rarefeita	217,16	11,53
Pastagem	614,34	32,61
Reflorestamento	20,43	1,08
Restinga	46,77	2,48
Salinas	45,23	2,40
Solo Exposto	7,18	0,38
Total	1.883,77	100,00

Ainda segundo o mapeamento de uso e cobertura da terra (figura 7), as áreas florestadas, que representam 426,57km<sup>2</sup>, que correspondem a 22,64% da área mapeada, sendo encontradas, em sua maioria, nas encostas e topos dos maciços

litorâneos. Este aspecto pode estar fortemente relacionado à dificuldade de ocupação das áreas mais íngremes para atividades de pastagem.

O espelho d'água das lagoas destaca-se por apresentar uma cobertura de 287,6 km<sup>2</sup> do litoral leste fluminense (15,27% da área de estudo), mesmo com todas as intervenções antrópicas que estes corpos hídricos vem sofrendo ao longo do tempo. A pequena quantidade de afloramentos rochosos (0,14%) deve-se ao fato do LLERJ ser uma área de predomínio de baixadas, o que torna possível a visualização de extensas áreas úmidas (7,26%) com superfície de 136,85km<sup>2</sup>, distribuídas principalmente ao longo das planícies fluviais ou lagunares.

A cobertura de salinas são bastante expressivas no LLERJ, com superfície de 45,23 km<sup>2</sup>, ou 2,14% da área de estudos, ocorrendo sobretudo nos municípios de Cabo Frio e Arraial do Cabo. Esta atividade econômica, que já foi muito importante para estes municípios, hoje se encontra em declínio, estando em algumas áreas abandonadas, configurando-se nestes casos em um importante passivo ambiental. Nota-se em alguns casos, que estas salinas vêm sendo substituídas por ocupações urbanas, o que pode resultar em problemas tanto para os que ocupam estas áreas quanto para os sistemas ambientais locais como um todo.

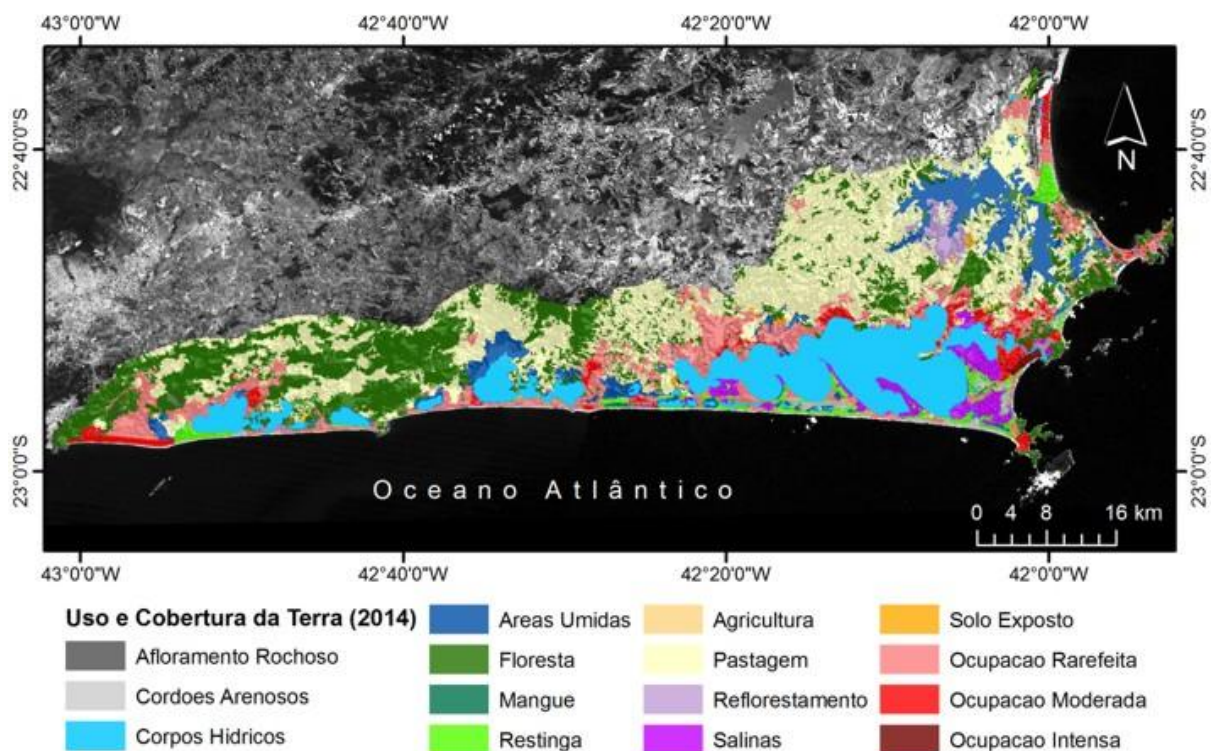


Figura 7. Mapeamento do Uso e Cobertura da Terra do LLERJ

As áreas urbanas encontram-se distribuídas principalmente ao longo de toda faixa mais próxima do mar e ao longo das margens das lagoas costeiras. As ocupações são geralmente com pouca ou nenhuma verticalização, com exceção de algumas áreas do município de Cabo Frio. Por ser uma área característica de população de veraneio, a urbanização dessa região revela-se predominantemente como rarefeita (11,53%) e moderada (2,75%) distribuídas predominantemente no

entorno da Lagoa de Araruama e no litoral, próximo às praias. A ocupação classificada como intensa (0,19%), ocorre concentrada em uma única parte do mapa, no litoral da praia do Forte, no município de Cabo Frio, no qual há especificamente uma urbanização verticalizada.

Nota-se ainda, em todos os municípios contemplados no estudo, a forte presença de agentes imobiliários envolvidos na negociação de terrenos em áreas de brejo, de encostas e de restinga, e em algumas outras áreas nota-se ainda a ocupação irregular por famílias de pouco poder aquisitivo. Essas ocupações fazem com que a vegetação de restinga, 2,48% da área, esteja em sua enorme maioria em áreas de preservação ambiental, sobretudo na APA de Maricá e na APA da Massambaba, ou em áreas de controle militar.

Os cordões arenosos representam as faixas de praia, que se estendem por quase todo litoral e pelos campos de dunas, que é uma feição muito presente na área de estudos. A classe de cordões arenosos também representa áreas de coberturas de areia com presença de vegetação rasteira, sobretudo de restinga, que aparecem em diferentes recortes da área de estudos. Os cordões arenosos representam 23,58km<sup>2</sup> da área, o que resulta em 1,25% de toda superfície da representação temática.

Numa análise mais generalizada, onde agrupamos todas as coberturas naturais, os corpos hídricos e os diferentes tipos de usos em 3 classes distintas, percebemos que existe um significativo predomínio dos usos (51%) sobre coberturas naturais (34%), com uma diferença de aproximadamente 283 km<sup>2</sup> (figura 8).

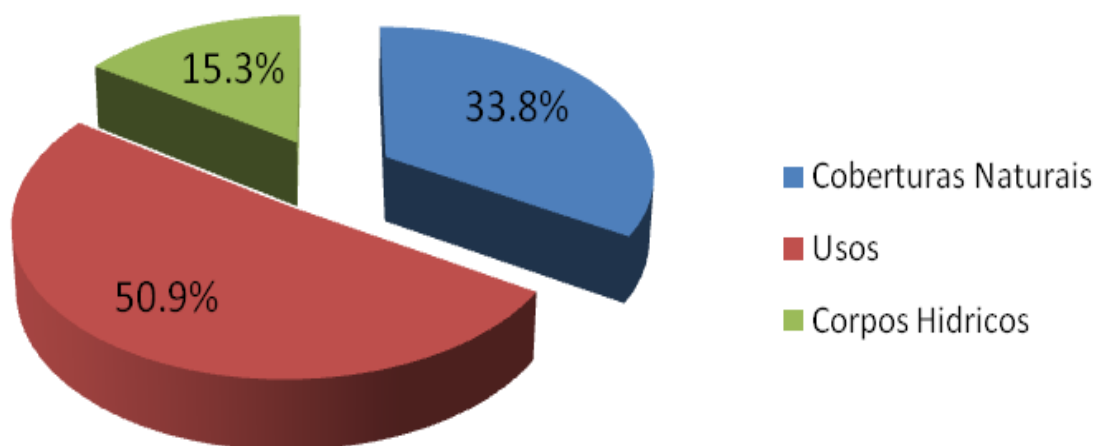


Figura 8. Gráfico com percentuais de coberturas naturais e usos

Considerando que 288km<sup>2</sup> (cerca de 15%) de toda área mapeada está protegida por áreas de conservação, seja de proteção integral ou uso sustentável, pode-se estimar que mais de 18% das coberturas naturais encontram-se desprotegidas, e atualmente sofrem pressões dos diferentes agentes que atuam na área. Dentre estes, destacam-se os agentes imobiliários que atuam criando novos loteamentos para ocupação da região.

É importante também a criação de estratégias de conexão entre os diferentes recortes protegidos no LLERJ, seja por criação de novas áreas protegidas ou por

corredores ecológicos, já que muitas unidades de conservação encontram-se distantes umas das outras, expostas a sérios riscos de perdas de espécies em função deste isolamento.

Torna-se necessário ainda mitigar os impactos crescentes ao sistema lagunar do LLERJ, sobretudo à Lagoa de Araruama, que sofreu severas intervenções para a criação de salinas que muitas das vezes estão sendo abandonadas. Substituir estas áreas por ocupações urbanas de forma irresponsável, sem analisar as consequências diretas desta ação, pode resultar em riscos ao meio ambiente e à saúde humana.

## **5. Considerações Finais**

A utilização de técnicas de sensoriamento remoto para a construção dos mapas de uso e cobertura da Terra, com utilização de classificação orientada ao objeto, mostrou resultados muito mais satisfatórios que os métodos tradicionais, o que refletiu num menor esforço de edição dos mapas finais. O levantamento de dados a partir das imagens, trabalhos de campo e de bibliografias existentes, assim como a inserção destes em um banco de dados geográficos, tornou possível a geração de informações capazes de nos indicar a ocorrência e localização de alterações relevantes ocorridas na área de estudo.

Os resultados demonstram que a pastagem ocupa principalmente as áreas planas ou suavemente onduladas da área, chegando, em poucos casos, a ocupar encostas de morros e montanhas. Os resultados confirmam uma significativa presença de coberturas florestais, ocupando aproximadamente 22,64% da bacia, principalmente nas escarpas e vertentes íngremes dos maciços costeiros. Os resultados ainda indicam que as planícies fluviais, e algumas áreas de planícies costeiras, são as unidades em pior estado de conservação, fato relacionado principalmente ao crescimento urbano acelerado.

O estudo apontou ainda que as ocupações vêm se intensificando nas áreas já antes loteadas, ou seja, vêm ocorrendo significativos adensamentos urbanos, o que pode acarretar em problemas como o aumento excessivo e setorizado do consumo d'água do aquífero, criando condições favoráveis para o avanço da cunha salina (águas subterrâneas provenientes do mar) e a possível contaminação das águas subterrâneas. Uma outra questão a ser levada em consideração é a destinação do esgoto doméstico, que pode ser ainda considerada uma outra fonte potencial de contaminação destas águas, o que aumenta mais ainda a necessidade de melhores avaliações a respeito destas questões.

Recentes avanços das técnicas de processamento de imagens digitais tem facilitado a obtenção de informações de forma mais rápida e eficiente. A integração de imagens de diferentes resoluções e datas em projetos de classificação ampliam as chances de se alcançar resultados de maior complexidade para o mapeamento final, como é o caso dos classificadores baseados em objetos geográficos (GEOBIA). A classificação orientada a objeto no LLERJ configura-se como um importante resultado desta pesquisa, uma vez que não só gerou subsídios para a determinação da distribuição do uso e cobertura da terra, como também abriu uma série de possibilidades de investigação relacionadas à análise e gestão ambiental. É

importante ainda salientar que todos os resultados encontram-se disponíveis em ambiente SIG, e poderão ser utilizados em outros estudos na área.

## 6. Agradecimentos

Agradecemos à FAPERJ (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro), à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e ao CETREINA (programa de estágios e bolsas da Universidade do Estado do Rio de Janeiro) pela disponibilização de recursos e bolsas para a execução e apresentação deste trabalho.

## 7. Bibliografia

CRUZ, C.B.M., VICENS, R.S., SEABRA, V.S., REIS, R.B., FABER, O.A., RICHTER, M., ARNAUT, P.K.E., ARAUJO, M. Classificação orientada a objetos no mapeamento dos remanescentes da cobertura vegetal do bioma Mata Atlântica, na escala 1:250.000. XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE, Florianópolis, Brasil. 2007.

CRUZ, C. B. M., ROSÁRIO, L. S., ABREU, M. B., ALMEIDA, P. M. M., VICENS, R.S., CRONENBERGUER, F. M. Classificação Orientada a Objetos na Geração do Mapa de Uso e Cobertura da Terra do estado do Rio de Janeiro. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 7789-7796. 2009.

DEFINIENS, The Principles of Definiens Cognition Network Technology. Disponível em: <http://earth.definiens.com/learn/technology>. Acesso em Janeiro de 2010.

INEA (Instituto Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio de Janeiro). Biodiversidade e Áreas Protegidas. Disponível em <http://www.inea.rj.gov.br/>. Acessado em Janeiro de 2015. 2015.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Tutorial do SPRING. 2006.

JANSEN, L.J.M. & GREGORIO, A. Di. Parametric land cover and land use classifications as tools for environmental change detection. In: Agriculture Ecosystems e Environment. 2002.

JENSEN, JOHN R. Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. Tradução José Carlos Neves Epiphany (Cor.) et al. São José dos Campos, SP. 2ª Edição. 2007.

MUEHE, D. Distribuição e caracterização dos sedimentos arenosos da plataforma continental interna entre Niterói e Ponta Negra, RJ. Revista Brasileira de Geociências, 19(1):25-36. 1982.

\_\_\_\_\_. O litoral brasileiro e sua compartimentação. Cunha, S. B. & Guerra, A. J. T. organizadores. Geomorfologia do Brasil. Capítulo 7. Editora Bertrand Brasil S.A. Rio de Janeiro, RJ. 1998.

MUEHE, D. e CORRÊA, C. H. T. Morfologia e distribuição dos sedimentos na plataforma continental interna entre Saquarema e Cabo Frio. 1º Simpósio sobre Oceanografia. Resumos. p. 87-58. São Paulo, SP. 1989.

REIS, R. B., CARDOSO, P. V., CRUZ, C. B. M., VICENS, R. S. Classificação do Uso e Cobertura do Solo da APA do São João em uma abordagem orientada a objeto. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 7087-7094. 2009.

SAUSEN, T. M. *Sensoriamento Remoto e suas aplicações para recursos naturais*. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. (<http://www.herbario.com.br/>) São José dos Campos-SP. 2005.

SEABRA, V.S., SILVA G.C., CRUZ, C.B.M. The use of geoprocessing to assess vulnerability on the east coast aquifers of Rio de Janeiro State, Brazil. In: *Environmental Geology*, Volume 57. Number 3. Pág. 665-674. DOI 10.1007/s00254-008-1345-6. 2009.

SEABRA, V. S., VICENS, R. S., CRUZ, C. B. M. Análise da Paisagem e Favorabilidade à Recuperação Florestal: Um Estudo na Bacia Hidrográfica do Rio São João. Sarbrucken : Novas Edições Acadêmicas, v.1. p.237. 2015.

SEABRA, V. S. & C. B. M. Mapeamento da dinâmica da cobertura e uso da terra na bacia hidrográfica do rio São João, RJ. *Sociedade & Natureza*, Uberlândia, 25 (2): 411-426, mai/ago. 2013.