

## **Mapeamento de Uso e Ocupação do solo na Bacia Hidrográfica Piranhas/Açu, utilizando imagens CBERS e técnicas de classificação supervisionada**

Rodrigo de Freitas Amorim<sup>1</sup>  
Sérgio Antonio da Silva Almeida<sup>2</sup>  
Miguel Zanic Cuellar<sup>1</sup>  
Ana Mônica de Britto Costa<sup>1</sup>  
Cilene Gomes<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – Centro Regional do Nordeste (CRN)  
Caixa Postal 130 – 59001-970 – Natal – RN – Brasil  
rodrigofa@crn.inpe.br  
miguel@crn.inpe.br  
anacosta55@hotmail.com

<sup>2</sup>Bolsista DCR (FAPERN/CNPq) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
UFERSA – Campus Central – BR 110 – Km 47 – Costa e Silva – CEP 59625-900  
Mossoró – RN – Brasil  
salmeida@crn.inpe.br

<sup>3</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN  
Departamento de Arquitetura  
Caixa Postal 130 – 59078-970 – Natal – RN – Brasil  
cilene@crn.inpe.br

### **ABSTRACT**

The research has as objective to elaborate a map of use and occupation of the ground of the hydrographic basin Piranhas-Açu, this understands an area of 17.498,5 km<sup>2</sup>, corresponding about 32,8% of the territory of the Rio Grande do Norte. The study was carried through with use of the images of satellite CBERS-2 and of the software SPRING version 4.2. The employed methodology was to the supervised classification, in which if Algoritmo of segmentation for the region growth used one the Battacharya classifier. The results show that a significant area presents spectral ground reply displayed 25.09%. This strengthens the importance of the study, in the search for an ambient characterization of the area before the accomplishment of the project of integration of the basins northeast Northern to the River São Francisco.

**Keys-word:** Use of the ground, supervised Classification and Hydrographic Basin.

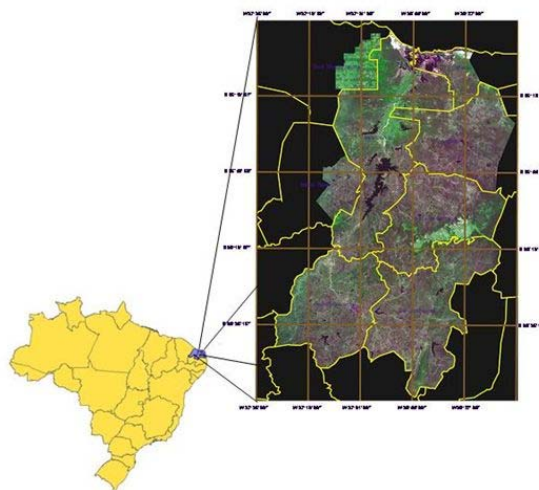
## 1. Introdução

A integração da Bacia do Rio São Francisco às bacias hidrográficas do Nordeste Setentrional visa o abastecimento de água, uma vez que essa área se encontra no polígono das secas e sofre com a irregularidade das chuvas. Gera discussões e polêmica devido à especulação de quem será realmente atendido: a população pobre ou as elites detentoras de terras e interesses na área. Isso faz levantar uma outra discussão, será que as questões ambientais serão respeitadas? Com a conclusão do projeto muitas das áreas que hoje estão cobertas por vegetação poderão desaparecer para dar lugar às plantações irrigadas.

Em um projeto como esse são geradas modificações tanto no meio social como no natural, sendo preciso que se faça um levantamento detalhado dos recursos naturais da área de influência. Esse levantamento deverá buscar a preservação e a correta utilização dos recursos renováveis e não renováveis, haja vista que o ecossistema de caatinga é bastante frágil às ações antrópicas, e que o seu mau uso pode provocar desertificação, erosão e perda de fertilidade do solo, diminuição da biodiversidade, entre outro.

A identificação dos padrões de cobertura e uso do solo em uma bacia hidrográfica é um dos primeiros passos fundamentais para o conhecimento de suas condições ambientais, sendo um produto indispensável para o planejamento e a gestão das atividades a serem desenvolvidas na área.

A Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas-Açu, está localizada na Região Central do Rio Grande do Norte (**Figura 01**), entre os paralelos de 4°50'16.93" e 7° 00' 42.94" de latitude Sul, e os meridianos de 36°06'18.01" e 37°41'46.76" de longitude Oeste, onde predominam o clima semi-árido, solos rasos e pedregosos. No entanto, a jusante da Barragem Armando Ribeiro Gonçalves, maior reservatório de água do Estado, está localizado também maior pólo de fruticultura irrigada do Estado. A Bacia Piranha-Açu abrange uma área de 17.498,5 km<sup>2</sup>, correspondendo 32,8% do território estadual. Vale ressaltar que a bacia abrange parte do estado da Paraíba, onde tem sua nascente. O trabalho tem como objetivo a elaboração do mapa de uso e cobertura solo e análise dos procedimentos que levaram a identificação dos padrões uso e cobertura do solo.



**Figura 01:** localização da Bacia Piranhas-Açu, com recorte feito pela divisão de microrregiões.

## 2. Interação da radiação solar com a vegetação de caatinga

O sensoriamento remoto apresenta-se como uma das alternativas mais viáveis para o monitoramento do bioma de caatinga em virtude de seu baixo custo, grande número de informações e possibilidade de informações mensais. Os graves problemas ambientais de perda de solo e biodiversidade que estão ocorrendo na caatinga devido ao desmatamento desordenado vêm motivando pesquisadores a fazerem um monitoramento desse bioma através das técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. Os processos de degradação vêm provocando, anualmente, perda de fertilidade dos solos, assoreamentos dos rios e açudes, que para o semi-árido constituem-se como indispensáveis, uma vez que são a principal fonte de abastecimento de água para as cidades e para agricultura.

É fundamental para os estudos ambientais, que utilizam sensoriamento remoto, compreender a interação da radiação solar com os objetos que compõe o mosaico da superfície terrestre: solos, rochas, vegetação, rios, entre outros. A partir do conhecimento das características físicas dos objetos de uma dada região, e seu comportamento espectral é possível fazer um monitoramento das condições ambientais da área em questão e descobrir possíveis modificações que possam vir a acontecer. Tal monitoramento aplica-se perfeitamente às técnicas de sensoriamento remoto, que utilizam as informações contidas nas respostas espectrais dos alvos provenientes da superfície terrestre para estudos ambientais.

O fato de a caatinga apresentar baixa resistência e baixa resiliência está levando alguns pesquisadores a considerarem um possível início de desertificação, em virtude da perda de biodiversidade e aumento do espaçamento entre a vegetação de porte arbóreo-arbustivo (Cestaro, 2006). Daí a grande importância do conhecimento das variáveis ambientais desse ambiente através de sensoriamento remoto. No entanto, um dos fatores que mais torna esse estudo complexo é o fato de que o semi-árido apresenta dois comportamentos ambientais bastante distintos: um período chuvoso e úmido, em que a vegetação está com sua maior biomassa – todas as plantas têm folhagem nesse período e outro seco, com pouca umidade, quase nenhuma espécie vegetal permanece com folhas, sendo que grande parte da vegetação apresenta os caules esbranquiçados para acumularem pouco calor. Têm-se ainda os períodos de transição, quando ocorrem as primeiras chuvas e no final do período chuvoso, quando as folhas vão ficando mais maduras e amareladas – dando um outro comportamento espectral.

Dessa forma, a vegetação tem comportamentos bem distintos na interação com a energia solar, principalmente, no clímax do período chuvoso e seco, nos quais se alteram a transmitância, reflectância, emitância e absorvância. Moraes (1996) afirma que “quando a radiação solar incide sobre a vegetação ela é espalhada e refletida, e sua direção e composição espectral são alteradas de forma bastante complexa”. A maioria das espécies vegetais da caatinga apresenta esclerofilia, o que altera mais ainda a reflectância, sendo as folhas cobertas por uma película que, aliado a uma maior dureza, permite que a energia solar penetre pouco na folha aumentando o espalhamento da radiação. Como durante o maior período do ano a vegetação está praticamente sem folha, exceto algumas espécies que permanecem com folhas, é mais interessante para o presente estudo o entendimento do comportamento espectral da vegetação no período seco.

A área em questão encontra-se no semi-árido, sendo que mais da metade da Bacia é composta por rochas cristalinas pré-cambrianas, relacionadas aos complexos Caicó, São Vicente e Seridó, com intrusões de rochas plutônicas e filonianas (SERHID, 2000). Destaca-se o intemperismo físico resultando em um substrato pouco

desenvolvido predominando solos rasos e pedregosos com aparecimento de afloramento de rochosos. Tais fatores são condicionalmente limitantes para instalação de algumas espécies vegetais por mais que estejam bastante adaptadas ao ambiente de caatinga, isso faz com que não haja um dossel contínuo, dificultando a distinção entre áreas degradadas e áreas não degradadas. Segundo Moraes (1996), só é possível detectar modificações na vegetação quando se conhece todas as características físicas da vegetação e sua interação com o ambiente e a radiação solar.

A vegetação apresenta maior porte e um maior adensamento onde a geologia é sedimentar e os solos são mais desenvolvidos e profundos. Ao longo das várzeas dos rios predominam dois tipos de ecossistemas: um que é a mata ciliar com carnaúba, bastante denso devido às palmeiras novas e outras espécies arbustivas. A altura média dos carnaubais está em torno de 10 a 15 metros, predominando a carnaúba (*Erythrina velutina*). O outro ecossistema é a mata ciliar sem carnaúba, que também se localiza nas várzeas dos rios, onde predomina a oiticica (*Licania rígida*). Esse último ecossistema apresenta um porte que varia de 8 a 15 metros e as árvores permanecem o ano todo com folhas devido à presença dos aquíferos de aluvião. Esse ambiente apresenta-se bastante devastado devido aos terrenos de aluvião serem os melhores locais para as plantações na região semi-árida (Cestaro, 2006).

#### 4. Material e método

Para realização desse trabalho, foram utilizadas imagens do satélite CBERS-2 sensor CCD, canais 2(R), 3(G) e 4(B), do ano de 2004, sendo trabalhadas as seguintes cenas e suas respectivas datas: 149/105 de (06/09/04), 149/106 de (06/09/04), 149/107 de (06/09/04), 149/108 de (06/09/04), 148/108 de (14/08/04), 148/107 de (14/08/04), 148/106 de (14/08/04). As imagens citadas foram escolhidas devido as suas qualidades no que diz respeito à baixa quantidade de nuvens. Todas as imagens formam registradas com base no mosaico disponibilizado pela NASA. O método utilizado para a identificação das classes de uso do solo foi a classificação supervisionada, que segundo Moreira (2003), é a utilização de algoritmos para o reconhecimento do padrão espectral nas imagens sustentado nas amostras de áreas de treinamento, fornecidas ao algoritmo de classificação pelo analista.

No processamento das imagens foi usado o software SPRING versão 4.2. Após ser feito o mosaico das imagens, dividiu-se pelos limites municipais toda área da Bacia, visando diminuir o tempo de processamento das imagens e possíveis falhas no programa na hora da segmentação. Para a segmentação utilizou-se o algoritmo de crescimento de regiões, que segundo o INPE (2004), “é uma técnica de agrupamento de dados, na qual somente as regiões adjacentes, espacialmente, podem ser agrupadas”. Para Moreira (2003), “os classificadores por regiões utilizam, além da informação espectral do pixel, também seus vizinhos”. Esse processo resulta na criação de regiões espectrais homogêneas seguindo limiares pré-definidos de similaridade, sendo que “o critério de similaridade baseia-se em um teste de hipótese estatístico que testa a média entre as regiões” (INPE, 2004). Na determinação do número mínimo de pixel que irá compor uma região e a similaridades entre ambos, os critérios usados foram similaridade 12 e 40 para o número mínimo de pixels que irão compor a região.

Após o término do processo de segmentação, realizou-se a definição dos temas a serem mapeados, escolhendo os seguintes temas: solo exposto, caatinga arbustivo-arbórea, caatinga arbustiva, vegetação serrana, lavouras, mangue, salinas, rios e lagos. Para definição dos temas levamos em consideração as características físicas da área de estudo e a resolução das imagens utilizadas.

Na definição dos critérios de escolha amostras, levou-se em consideração os critérios de interpretação visual, textura, padrão e forma, e espectral reflectância. Buscando minimizar as imprecisões do processo de classificação, foram feitas coletas de amostras espacialmente distintas com significativo número de amostras para cada classe escolhida, de modo que, todas as partes das imagens fossem cobertas pela amostras de cada classe.

Ao término da coleta das amostras procedeu-se a classificação das imagens segmentadas, nas quais utilizamos o classificador Battacharya. “O classificador Battacharya, ao contrário do Isoseg, que é automático, requer interação do usuário, através do treinamento. Nesse caso, as amostras serão as regiões formadas na segmentação de imagens” (INPE, 2004).

Procedeu-se também uma pós-classificação, objetivando diminuir possíveis erros. Após a pós-classificação foi feito o mapeamento, onde atribuiu-se os temas às respectivas classes já criadas no modelo de dados. Ao final de todas as etapas, foi realizada uma verificação minuciosa dos polígonos referentes a cada classe, editando polígonos não classificados e reeditando aqueles confundidos com outras classes.

## 5. Descrição das classes de uso e cobertura do solo

Durante o estudo definiu-se como solo exposto qualquer área que apresente características espectrais de solo desnudo, englobando-se aí núcleos urbanos, áreas onde a vegetação foi retirada, áreas onde ela ocorre naturalmente espaçada. Pois, em virtude das condições climáticas, geológicas (afloramentos rochosos, com destaque para os granitos) e pedológicas é comum na área do presente estudo, manchas com uma vegetação bastante esparsa, onde as espécies vegetais ficam muito distantes uma das outras, não formando dosséis. Além do mais, uma das espécies dominante nessa área é a jurema preta (*Mimosa tenuifolia*), que apresenta folhas pequenas e no período seco perde parcialmente a folhagem. Desta forma, áreas onde espectralmente têm-se características de solo exposto, não necessariamente tiveram interferência do homem. Isso torna o processo de classificação bem mais complicado, a partir do momento que tentou-se distinguir as áreas onde a vegetação ocorre naturalmente e onde ela foi retirada.

Caatinga arbustivo-arbórea apresenta um porte baixo com dossel irregular e esparso, com presença de algumas árvores que podem atingir de 7 a 8 metros de altura. As espécies que mais se destacam são: angico (*Anadenanthera collubrina*), aroeira (*Astronium urundeuva*) e pau-branco (*Auxema glazioviana*) (Cestaro, 2006). Durante a maior parte do ano, essa vegetação permanece com estresse hídrico, o que faz com que a maior parte das espécies perca parcial ou totalmente suas folhas, esse tipo de vegetação é encontrado, principalmente, onde a geologia é sedimentar e os solos são mais profundos. Essa vegetação ocorre, sobretudo, em relevo de plano a ondulado formado por rochas sedimentares. A vegetação de grande porte encontra-se bastante devastada devido à retirada de madeira e a utilização de áreas para a agricultura.

Caatinga arbustiva é entendida como sendo aquela onde há predominância de arbustos, o dossel é irregular e mais esparso do que na caatinga arbustivo-arbórea, ocorrendo, sobretudo, onde os solos são rasos, mal desenvolvidos e a geologia é cristalina. As espécies que mais têm destaque são pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*), mofumbo (*Combretum leprosum*) e marmeleiro (*Croton sonderianus*) (Cestaro, 2006). A geomorfologia dessa área é caracterizada pela Depressão Sertaneja. O período seco é bem maior do que o chuvoso. Essa vegetação encontra-se em avançado estágio de

degradação devido a sua retirada para dar lugar à áreas de pastagem e fornecimento de lenha para as cerâmicas da região.

Vegetação serrana ocorre nas serras do interior, tais lugares entram no que Ab'Saber denominou de “refúgios ecológicos”, verdadeiras ilhas verdes em meio ao cinza da caatinga. A diferença na altitude do relevo cria um micro clima, que confere à vegetação um maior porte e a presença de um número maior de espécies vegetais que permanecem o ano todo com folhas. A principal ocorrência da vegetação serrana pode ser observada na Serra de Santana, porém devido ao processo histórico de ocupação da área, restaram apenas algumas pequenas manchas de vegetação nativa devido a, praticamente, toda a superfície da serra ter sido ocupada com plantações de cajueiros. Fazendo com que as manchas de vegetação ficassem praticamente restritas às encostas da serra, onde não há condições de utilização dessas áreas. Nessa área, os solos são arenosos, profundos e pobres em nutrientes, sendo os mais férteis encontrados nas encostas.

Foram consideradas áreas de lavoura, todas aquelas que apresentaram características espectrais e geométricas típicas dessas áreas. As lavouras são encontradas, principalmente, nos terrenos de aluvião ao longo dos rios e em locais onde a geologia é sedimentar e os solos são bem desenvolvidos. Destaca-se nessa bacia a região do Baixo Açu, devido ao grande número de plantações de fruticultura irrigada. Esse pólo de produção de frutas tropicais, através de técnicas de irrigação, é possível graças ao grande potencial hídrico da Barragem Armando Ribeiro Gonçalves. Praticamente tudo que é produzido na região é exportado para o exterior. No restante da área da Bacia Piranhas-Açu predomina a agricultura de subsistência que ocorre no período chuvoso.

Os mangues são áreas pantanosas onde há o contato da água salgada do mar com a água doce do continente tornando esse ambiente salobro, conferindo uma vegetação própria desse ambiente, que são os manguezais. As principais espécies encontradas são: mangue-sapateiro (*Rhizophora mangle*), mangue-branco (*Avicenia Schaueriana*) e mangue-manso (*Laguncularia racemosa*) (Cestaro, 2006). Esse ambiente tem grande importância porque é o local de procriação de um grande número de espécies marinhas. Os principais tipos de solos encontrados são os hidromórficos. A vegetação de mangue encontra-se bastante devastada, devido ao uso da área para dar lugar às salinas e também pela retirada do mangue para dar lugar aos viveiros de camarão. Sua ocorrência está limitada às desembocaduras dos rios Piranhas-Açu no mar.

As salinas são encontradas em quase todo litoral setentrional do Estado, sendo uma das atividades econômicas mais antigas, suas características principais são a alta reflectância e o formato retangular dos tanques onde a água do mar fica por um determinado período para que ocorra a evaporação, formando os cristais de sal. Atualmente, as salinas são totalmente mecanizadas e conferem ao Rio Grande do Norte o título de maior produtor de sal do País.

A classe dos rios e lagos representa as águas continentais, incluindo os açudes de pequeno porte muito característicos em todo Nordeste e as áreas de estuário do rio Piranhas-Açu. A condição climática encontrada na área da Bacia confere aos rios características intermitentes, com exceção do rio Piranhas-Açu, que foi perenizado artificialmente, através da construção da Barragem Coremas Mãe D'Água na Paraíba e Armando Ribeiro Gonçalves no RN.

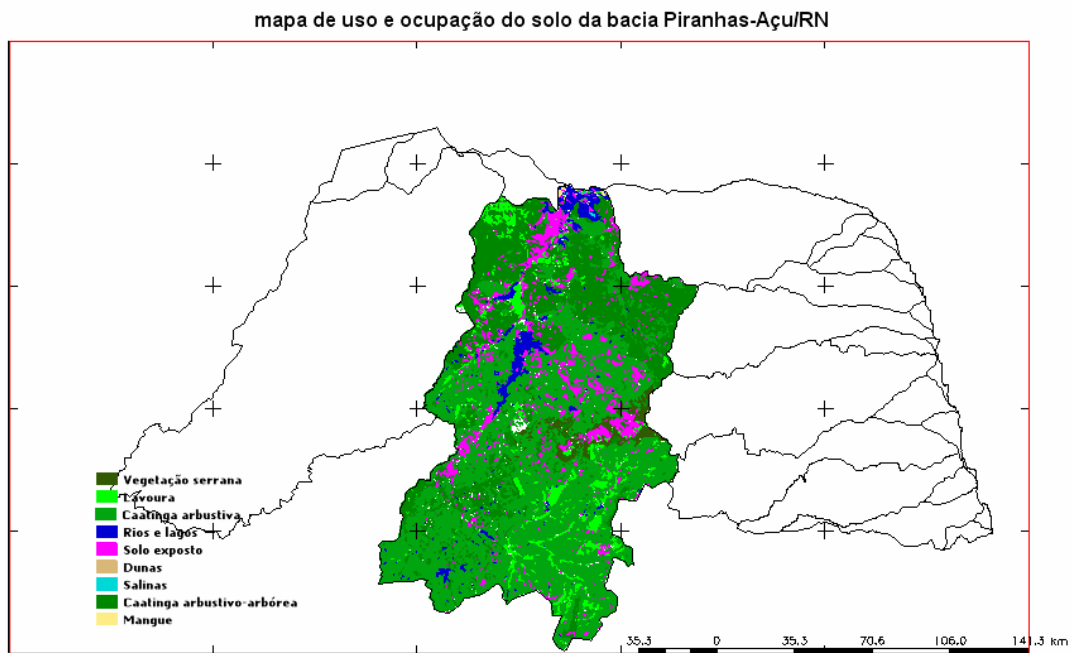
## 6. Resultados e Discussão

A **tabela 01** apresenta os percentuais das classes/temas de uso e ocupação do solo na Bacia Piranhas-Açu. Os resultados evidenciam que uma área significativa da bacia está apresentando características de solos exposto (25,09%), isso decore das características físicas da área, como já foi discutido anteriormente, aliado aos processos de ocupação e retirada de madeira para abastecer de lenha as cerâmicas da região. As lavouras (19,74%) estão praticamente restritas aos lugares onde a qualidade do solo e melhor aliado a uma maior disponibilidade hídrica, como é o caso das plantações que se localizam ao longo dos rios e riachos e a região que fica a jusante da Barragem Armando Ribeiro Gonçalves. A caatinga arbustivo-arbórea (32,93 %) localiza-se onde o substrato é mais desenvolvido, principalmente, onde a geologia é sedimentar. A caatinga arbustiva (19,82%) ocorre onde os solos são mais rasos e a geologia é cristalina. Vale ressaltar que esse ambiente é um dos mais frágeis, pois uma vez retirada a vegetação o solo é facilmente erodido pelas chuvas fazendo com que a rocha aflore. A vegetação serrana está limitada ao topo e encosta das serras presentes na Bacia e representa 0,45%, grande parte da cobertura original foi retirada para dar lugar a agricultura. Rios e lagos correspondem a 1,83% da superfície da Bacia. As dunas (0,01%), mangues (0,07%) e salinas (0,02%) encontram-se na desembocadura da bacia. Apesar dessas classes serem pouco representativas em relação à área total da Bacia, elas compreendem uma das áreas mais frágeis e que mais sofre com as atividades humanas (**Figura 02**).

Classes tema	%
Caatinga arbustivo-arbórea	32,93
Caatinga arbustiva	19,82
Dunas	0,01
Lavoura	19,74
Mangue	0,07
Rios e lagos	1,83
Salinas	0,02
Solo exposto	25,09
Vegetação serrana	0,45
Total	100

**Tabela 01.** Percentuais das calasses temas de uso e ocupação do solo na bacia Piranhas-Açu.

As imagens do satélite CBERS-2 constituem-se hoje de extrema importância para o estudo e monitoramento dos ecossistemas brasileiros, em virtude de sua boa qualidade e disponibilidade gratuita. Contudo, para uma boa utilização desse produto no mapeamento e monitoramento dos ecossistemas que compõem o semi-árido, ainda há a necessidade de um maior conhecimento das condições físicas ambientais desse ambiente, para que não ocorram erros nas análises. Dessa forma, a partir dessa análise é possível verificar onde deve-se intensificar os cuidados no que diz respeito à preservação dos ecossistemas que compõe a Bacia Piranhas-Açu.



**Figura 02:** Bacia Piranhas-Açu classificada

### **Bibliografia.**

CESTARO, Luiz Antonio. **Ecosistemas do Rio Grande do Norte**. Apostila utilizada na disciplina ecologia. Departamento de Geografia da UFRN, Natal, 2006.

INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Processamento Digital de Imagens**: apostilha teórica. Natal, 2004.

MOREIRA, Alves Maurício. Tratamento de dados digitais. In: \_\_\_\_\_. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. Universidade Federal de Viçosa: Editora da UFV, 2003. 307p. p. 263-288.

SERHID – SECRETARIA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **Plano Estadual de Recursos Hídricos**. Natal/RN, 2000. Disponível em <<http://www.serhid.rn.gov.br>>. Acesso dia 10/11/2006.

STEFFEN, Carlos Alberto; MORAES, Elisabete Caria; GAMA, Fábio Furlan. Radiometria Óptica Espectral. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8., 1996, Salvador. **Anais...** Salvador: INPE, 1996.