

## **PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS DE SATÉLITE APLICADO À IDENTIFICAÇÃO DE FOCOS DE DEGRADAÇÃO NA LAGOA DO MOCAMBINHO EM TERESINA-PI**

**Chaenne Milene Dourado ALVES (1); Valdira de Caldas Brito VIEIRA (2)**

(1) CEFET-PI, Praça da Liberdade 1597, (86)3215-5208, fax, e-mail: [chaennedourado@yahoo.com.br](mailto:chaennedourado@yahoo.com.br)

(2) CEFET-PI, Praça da Liberdade 1597, (86)3215-5208, e-mail: [valdirabrito@hotmail.com](mailto:valdirabrito@hotmail.com)

### **RESUMO**

O grande potencial de utilização de imagens de satélite, aliado aos conhecimentos de Geoprocessamento, constitui-se em importante ferramenta para as análises dos recursos naturais, servindo de apoio às ações de preservação e controle da degradação ambiental, fornecendo o suporte necessário à tomada de decisão pelas autoridades competentes e também, para a geração de novos conhecimentos pelos pesquisadores. Este trabalho experimental foi realizado com o objetivo de identificar focos de degradação ambiental em suas diferentes formas e estágios, na Lagoa do Mocambinho, em Teresina – PI, através de técnicas de processamento digital de imagens. A lagoa do Mocambinho, localizada no bairro Mocambinho, zona norte de Teresina, foi escolhida para ser a área de estudo do presente trabalho por representar um grande potencial ambiental que está sendo atingido como consequência do processo inadequado de crescimento populacional. Foram utilizadas imagens do satélite Quickbird do ano de 2005, com as bandas 1, 2 e 3, com resolução espacial de 0,60m, cedidas pela Empresa de Processamento de Dados de Teresina- PRODATER. Para as análises utilizou-se o software SPRING 4.2. do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, disponível gratuitamente. Os resultados foram obtidos pelo processo de classificação supervisionada para identificação dos principais focos de degradação, a partir do qual se gerou um mapa temático com a classificação das áreas de degradação ambiental. A utilização de técnicas de processamento de imagens aplicadas nesta pesquisa mostrou-se eficiente na identificação dos focos de degradação na área estudada.

**Palavras-chave:** Degradação Ambiental, Processamento Digital de Imagens, Imagens de Satélite

## 1. INTRODUÇÃO

A urbanização crescente é uma realidade brasileira. Esse processo ocorre sem controle, fazendo com que cada vez mais a população de baixa renda não tenha acesso aos direitos e garantias fundamentais para sua sobrevivência.

As conseqüências do processo inadequado de crescimento são as já comuns em todas as cidades grandes: falta de condições sanitárias mínimas em muitas áreas; ausência de serviços indispensáveis à vida das pessoas nas cidades; ocupação de áreas inadequadas; destruição de recursos de valor ecológico; poluição do meio ambiente; habitações em condições precárias de vida (MOTA, 2003).

Teresina, apesar de ser a primeira cidade planejada do Brasil, sofre com esse processo de crescimento populacional desordenado. Essa expansão acaba por se tornar impactante ao meio. A zona norte de Teresina possui um sistema natural de acumulo de águas com trinta e quatro lagoas de profundidade, volume e perímetro variados.

A lagoa do Mocambinho, localizada no bairro Mocambinho, zona norte de Teresina, área de estudo do presente trabalho, representa um grande potencial ambiental que está sendo atingido como conseqüência do acelerado e desordenado processo de crescimento populacional. Ela é de fundamental importância para amortizar as águas pluviais, além de ser um local agradável de beleza ímpar. Além disso, desempenha um relevante papel na sobrevivência de muitos moradores que residem em suas proximidades, pessoas que na pesca retiram seu alimento e sua fonte de renda. Por dia a pescaria rende por volta de cem quilos de peixe, mesmo sendo uma lagoa poluída, segundo eles. A não conservação e constante degradação da lagoa vêm resultando em fortes sinais de saturação em um processo gradativo de destruição de um precioso bem ambiental.

O uso do geoprocessamento juntamente com o processamento de imagens como ferramenta nas ações para a preservação ambiental tem aumentado cada vez mais, pois ele permite a atualização a respeito de mudanças ocorridas no meio, sejam de caráter natural ou antrópico. O aumento da população e a conseqüente ampliação das cidades deveriam ser sempre acompanhados do crescimento de toda a infra-estrutura urbana que proporcionasse aos habitantes uma mínima condição de vida (MOTA, 2003).

O objetivo geral do trabalho foi identificar os focos de degradação ambiental, em suas diferentes formas e estágios, na Lagoa do Mocambinho, em Teresina – PI, com a utilização da ferramenta de processamento digital de imagens.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Considerações gerais sobre Geoprocessamento

O termo Geoprocessamento, do sufixo “processamento” vem de processo, que em Latim *processus*, que significa “andar avante” surgido do sentido de processamento de dados georreferenciados, significa implantar um processo que traga um progresso, um andar avante, na grafia ou na representação da Terra (MOURA, 2003).

Segundo Rocha (2000), o Geoprocessamento com suas ferramentas de processamento de dados geográficos e a axiomática da localização tem sido um importante elo entre várias ciências. Esse mesmo autor acha que não existe consenso na definição deste termo e vários conceitos são encontrados na bibliografia especializada. Para ele, geoprocessamento, é definido como uma:

Tecnologia transdisciplinar, que, através da axiomática da localização e do processamento de dados geográficos, integra várias disciplinas, equipamentos, programas, processos, entidades, dados, metodologias e pessoas para coleta, tratamento, análise e apresentação de informações associadas a mapas digitais georreferenciados (ROCHA 2000, p.26).

O Geoprocessamento procura mostrar o mundo real na sob forma computadorizada, com bases cartográficas apropriadas e um sistema de referência preciso com um conjunto poderoso de ferramentas, passíveis de associação espacial com o alfanumérico, que entre elas destacam-se o Sistema de Informações Geográficas - SIG e o Computer Aided Design - CAD.

Segundo Eastman (1997), “um SIG é um sistema auxiliado por computador para aquisição, armazenamento, análise e visualização de Dados Geográficos”. Todas as informações contidas no SIG

devem ser georreferenciadas, devem estar com as localizações geográficas definidas por um sistema de coordenadas.

Conforme proposto por Lobão et al. (2005), a integração de dados em um Sistema de Informações Georreferenciadas (SIG) é de fundamental importância para estudos ambientais, devido à possibilidade de agregar dados de biodiversidade, dados sociais, econômicos, políticos e culturais, potencializando a capacidade de análise.

## **2.2. Processamento Digital de Imagens**

O objetivo do PDI é melhorar o aspecto visual de certas feições estruturais para o analista humano e fornecer outros subsídios para a sua interpretação, inclusive gerando produtos que possam ser posteriormente submetidos a outros processamentos (FONSECA et al., 2000).

A função primordial do processamento digital é fornecer ferramentas para facilitar a identificação e a extração das informações contidas nas imagens, para posterior interpretação (CROSTA, 1992 apud MOTA, FONTANA e WEBER, 2001).

Conforme Florenzano (2002), é aceitável considerar as imagens obtidas por sensores remotos como dados brutos que, para serem transformados em informação, necessitam ser analisados e interpretados. Interpretar imagens é identificar objetos nela representados e dar um significado a esses objetos. Segundo a autora, o trabalho de campo é indispensável ao estudo e mapeamento do meio ambiente por meio de imagens de sensores remotos. Ele faz parte do processo de interpretação de imagens. Por meio dele o resultado da interpretação torna-se mais confiável.

Nogueira e Dominguez (s.d) realizaram um estudo com o objetivo de avaliar a aplicação da classificação digital em uma imagem de alta resolução onde se concluiu que a técnica de classificação de imagem utilizada se mostrou eficaz na identificação de ecossistemas costeiros no norte da Bahia.

## **2.3. Disponibilidade e conservação dos recursos hídricos**

De acordo com o artigo 255 da Constituição Federal: *“Todos têm direito ao Meio Ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida (...)”*. Com o avanço da tecnologia, hoje se têm várias ferramentas que facilitam o monitoramento e a preservação da natureza, possibilitando que o homem possa alcançar a vivência nesse meio.

A água doce é um tipo de ecossistema composto por rios, pântanos, riachos, lagos e as lagoas (PRADO 2006). As lagoas são definidas como depressões do solo produzidas por causas diversas e cheias de águas confinadas. Geralmente alimentadas por um ou mais rios afluentes (rios que neles deságuam), possuem também rios emissários (rios que deles saem), o que evita o seu transbordamento. De origens diversas, podem ser tectônicos, vulcânicos, residuais, de erosão, de barragem, mistos. De caráter temporários ou permanentes, os lagos são mais particularmente denominados lagoas quando se localizam na borda litorânea e possuem ligação com o oceano (BASE, 1994 p.2096).

Conforme Esteves (1998), pode-se considerar lagoa como corpos d'água rasos, de água doce, salobra ou salgada, em que a radiação solar pode alcançar o sedimento, possibilitando, conseqüentemente o crescimento de macrófitas aquáticas em toda sua extensão.

Existem muitos tipos de lagoas, às vezes se formam quando canais se enchem de água. Existem também depressões em terrenos onde um canal de água do subsolo sai à superfície criando estanques superficiais. Estas são lagoas naturais. Os humanos também são responsáveis da criação de estanques para uso recreativo ou para agricultura (ORTEGA et al. 2006).

As Lagoas são habitat para vários animais e vegetais. Podem servir como um local de acúmulo de água de uma determinada região, funcionar, nos períodos do inverno, como escoadouro de águas pluviais, serem usadas para pesca, lazer, irrigação, enfim muito importante para a sobrevivência humana.

Atualmente, embora boa parte da população já tenha consciência da necessidade da preservação dos recursos naturais, outros degradam em proporções desastrosas, fazendo com que pouco a pouco desapareça o que é essencial à sobrevivência dos seres vivos. A água é essencial à vida, portanto, todos os organismos vivos, incluindo o homem, dependem da água para sua sobrevivência. As mudanças do estado físico da água, no ciclo hidrológico que a torna um recurso renovável, são essenciais e influenciam os processos que operam na superfície da Terra, incluindo o desenvolvimento e manutenção da vida (TUNDISI, 2005).

Nesse contexto, o saneamento é fator preponderante, pois exerce um controle da prevenção de doenças e da preservação do meio ambiente e da saúde. Este controle constitui dentre outros aspectos em proporcionar o abastecimento de água de boa qualidade, a disposição e o tratamento de esgotos, a renovação do lixo, a drenagem de águas pluviais, controle de roedores e artrópodes, recreação, educação, hospitais, habitação, e outros aspectos diversos como: cemitérios, monitoramento de ruídos, planejamento territorial (MOTA, 1999 citado por PARENTE, 2004).

Na área do saneamento ambiental é preciso dizer que o saneamento básico, sem dúvida, é um fator de grande importância para a preservação da saúde do homem, pois se responsabiliza por sistemas de tratamento e distribuição de água, coleta e tratamento de efluentes domésticos e industriais, coleta e disposição de resíduos sólidos e controle da qualidade do ar (...). Os sistemas de saneamento básico em conjunto com o monitoramento adequado para controle da poluição contribuem para o desenvolvimento de uma boa qualidade de vida (PARENTE, 2004).

## **2.4. Urbanização e o Meio Ambiente**

O aumento da população e a conseqüente ampliação das cidades deveriam ser sempre acompanhados do crescimento de toda a infra-estrutura urbana que proporcionasse aos habitantes uma mínima condição de vida. A ordenação desse crescimento se faz necessária, de modo que as influências que o mesmo possa ter sobre o meio ambiente não se tornem prejudiciais aos habitantes. Segundo ele infelizmente, nem sempre ocorre o que seja desejado. O processo de ocupação é feito sem a devida implantação da infra-estrutura necessária. O crescimento é desordenado, sem considerar as características dos recursos naturais do meio. (MOTA, 2003).

As elevadas taxas de crescimento da urbanização, agravadas pelos bem conhecidos problemas de distribuição de riqueza no país, resultaram em graves carências de infra-estrutura urbana. A falta de habitação conduziu ao aumento da população favelada, que passou a ocupar áreas menos valorizadas ou mais desprotegidas contra invasão, como as zonas de risco de inundação ou geologicamente instáveis, as áreas de preservação ambiental e as áreas públicas. Da mesma forma, notaram-se problemas graves de saneamento, que, em zonas faveladas ainda perduram, a despeito dos progressos já realizados (NASCIMENTO e HELLER, 2005).

## **3. MATERIAL E METÓDOS**

### **3.1. Área de Estudo**

Teresina está localizada na região centro-norte do Estado do Piauí, com latitude de 5°05'13"S e longitude 42°48'42"W e altitudes que variam de 55,0 a 92,0 m. Atualmente, possui uma área de aproximadamente 1 673 km<sup>2</sup> e uma população de 714 mil habitantes, segundo o Censo Demográfico do IBGE-2000.

### **3.2. Lagoa do Mocambinho**

A Lagoa do Mocambinho localiza-se no bairro de mesmo nome na zona norte de Teresina, com coordenadas de 5° 01'14"S e 42°49'16"W. Caracteriza-se como uma lagoa de formação artificial. Até 1989 essa área era utilizada como jazida de extração de material para a construção civil.

Em sua orla estão localizadas as Vilas Mocambinho II e III que surgiram nessa área, devido ao processo de crescimento urbano desordenado em que a cidade de Teresina vive atualmente, há aproximadamente seis anos com condições precárias de moradia e saneamento.

### **3.3. Levantamento e Análise dos dados**

A coleta dos dados de referência, ou seja, aqueles que representam a situação real de campo é uma parte essencial de qualquer projeto de classificação e mapeamento envolvendo dados obtidos por meio de sensoriamento remoto. Esses dados são usados para verificar a acurácia da classificação, bem como detectar distinção entre classes e aperfeiçoar o processo de refinamento da classificação (Congalton e Biging citado por Motta et. al. 2001). Neste trabalho utilizou-se um receptor GPS (Global Positioning System) de navegação na coleta de pontos no campo para corroborar na identificação dos focos de degradação na lagoa.

Realizou-se um levantamento de dados sócio – econômico e sócio – ambiental através da aplicação de questionários e com observações in loco nas vilas localizadas na orla da lagoa, caracterizando o tipo de relação existente entre eles, considerando diversos aspectos, como o processo histórico de ocupação das

áreas, os padrões culturais de seus moradores, a dinâmica socioeconômica atual e a maneira como as pessoas tratam o ambiente.

Foram coletados noventa e cinco pontos, memorizados e nomeados no GPS para fins de orientação. A nomeação dos pontos foi feita utilizando uma legenda alfanumérica para os pontos de degradação de corroboração, onde o “n” refere-se à ordem dos pontos coletados.

#### **Pontos para corroborar na interpretação da imagem:**

La<sub>n</sub> – Ponto localizado dentro da lagoa;

Ar<sub>n</sub> – Árvore de grande porte de fácil identificação;

Mf<sub>n</sub> – Ponto de mata fechada

Cs<sub>n</sub> – Casa localizada próximo à lagoa

P<sub>n</sub> – Poste de iluminação

B<sub>n</sub> – Ponto localizado na beira da lagoa

Da – Bomba que puxa a água da lagoa para o rio

#### **Pontos para localizar focos de degradação na imagem:**

As<sub>n</sub> – Assoreamento

G<sub>n</sub> – Galeria que deposita esgoto sem tratamento dentro da lagoa

Q<sub>n</sub> – Queimada

V – Vala ligada à lagoa

E<sub>n</sub> – Erosão

Eu<sub>n</sub> – Eutrofização

D<sub>n</sub> – Desmatamento

C<sub>n</sub> – Carvoeira (buraco onde se faz carvão)

L – Lixão

### **3.4. Processamento digital da imagem**

O processamento da imagem e a elaboração do mapa final, foram realizados utilizando-se o software SPRING 4.2. (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE e a imagem do satélite Quickbird ano 2005, bandas 1, 2 e 3 georreferenciadas, ano de 2005, resolução espacial de 0,60m, cedidas pela Empresa de Processamento de Dados de Teresina-PRODATER.

Foram aplicados vários tipos de realce de contrastes na imagem de forma a se obter o melhor contraste para cada alvo a ser identificado. Em seguida procedeu-se a operação de classificação da imagem para o reconhecimento de padrões e objetos homogêneos. A classificação foi realizada pelo método de treinamento supervisionado, identificando-se na imagem áreas representativas dos seguintes temas: Solo exposto; Vegetação; Área edificada; Material em Suspensão; Esgoto Água.

O classificador utilizado foi o algoritmo de maxver, com limiar de aceitação de 100%. Este classificador associa classes considerando pontos individuais da imagem, através da ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes, utilizando parâmetros estatísticos.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado da classificação foi uma imagem digital constituída de "pixels" classificados, representados por cores conforme mostrado na Figura 1. Para que a classificação por máxima verossimilhança fosse precisa, foi necessário um número elevado de "pixels", para cada conjunto de treinamento, isso proporcionou temas com amostras homogêneas. O desempenho médio da classificação de Maxver foi de 93.50 % e confusão média de 6.50 %.

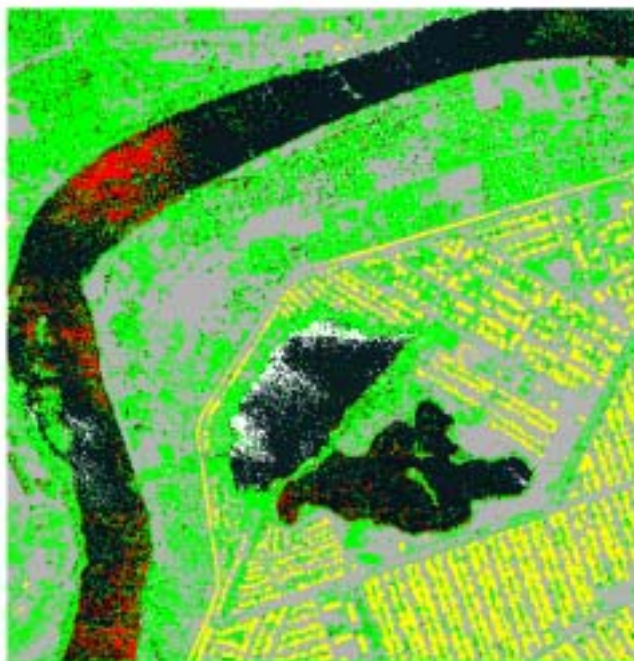


Figura 1 – Imagem Classificada – Classificador Maxver

As amostras de solo exposto, vegetação e área edificada foram melhor identificadas na imagem realçada com a operação contraste Mínimo Máximo (Figura 2), onde se calculou valor de nível de cinza mínimo e máximo que é ocupado pela imagem original e aplicado uma transformação linear.



Figura 2 – Aplicação do realce de contraste Mínimo Máximo na imagem original



Para visualização do material em suspensão, água e esgoto obtiveram-se melhores contrastes com a operação negativo. Assim as áreas escuras, baixos valores de nível de cinza, tornaram-se claras e as claras, altos valores, ficaram escuras, proporcionando assim melhor separação do material em suspensão, do esgoto e da água (Figura 3).



**Figura 3 – Aplicação do realce de contraste negativo para visualização do material em suspensão, água e esgoto.**

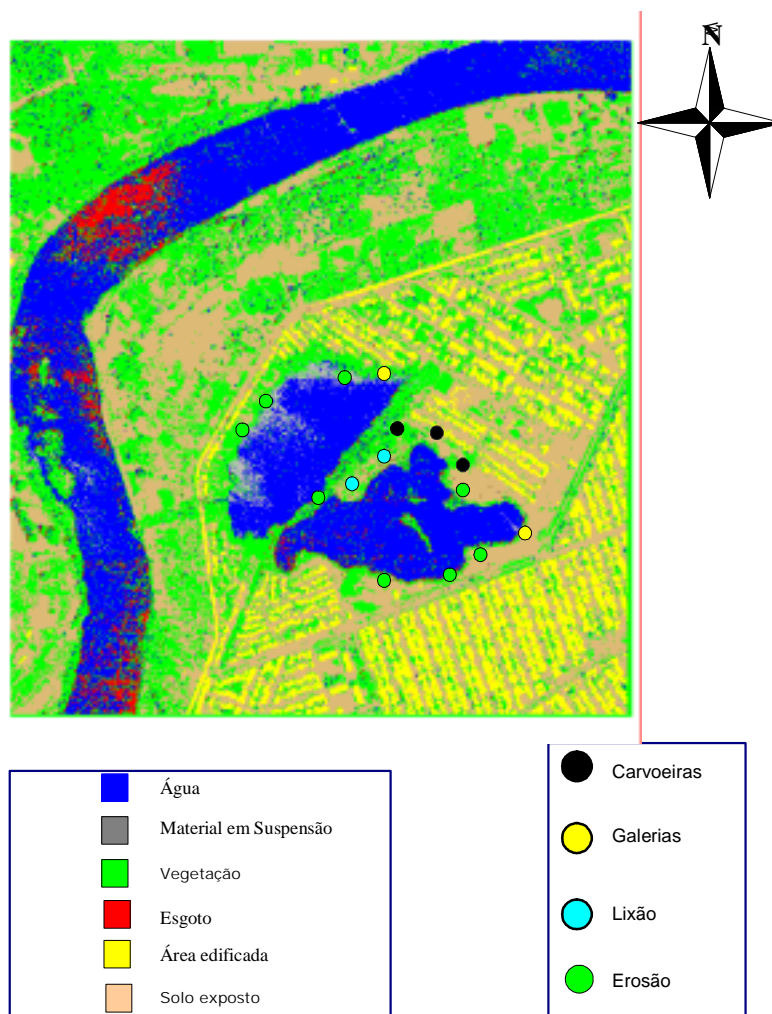
A alta resolução espacial da imagem do satélite Quickbird foi de fundamental importância para o reconhecimento e identificação dos elementos no processo de classificação semelhante ao estudo realizado por Nogueira e Dominguez (s.d), em ecossistemas costeiros no litoral norte da Bahia onde se concluiu que a técnica de classificação de imagem utilizada se mostrou capaz de estimar com uma boa acurácia a área ocupada pelos ecossistemas na faixa costeira do Município estudado.

Os dados utilizados foram todos obtidos em formato digital e analisados diretamente na tela do computador o produto final desse trabalho foi um “mapa temático” (Figura 4) no qual a própria imagem classificada serviu como base, para definição dos limites, pontos de degradação e objetos relevantes identificados.

A classificação permitiu identificar com mais facilidade a área de solo exposto correspondente à área que deveria ser destinada para preservação permanente, mas a mata ciliar foi devastada e em alguns pontos foram criadas muitas carvoeiras, representadas por pontos negros no mapa temático. Também foi possível detectar na imagem classificada duas galerias que deveriam servir para escoamento de águas superficiais e estão servindo de canal para escoamento do esgoto de todas as residências localizadas nas proximidades.

O aspecto visual da degradação do recurso hídrico na área em estudo é de grande impacto. Há uma camada superficial de lixo em parte significativa da área da lagoa e sua orla está tomada por restos de animais e dejetos humanos. Os despejos urbanos são, evidentemente, muito variados. Estima-se que as águas residuais urbanas contenham quantidades consideráveis de matéria em suspensão, metais pesados e, em determinadas épocas, cloro procedente da dispersão de sais nas ruas.

Como foi utilizada uma imagem do ano de 2005, não foi possível visualizar alguns focos de degradação detectados na pesquisa de campo, apenas apontados os pontos de carvoeiras, galerias, lixão e erosão.



**Figura 4 – Mapa Temático com limites, pontos de degradação e objetos relevantes identificados**

## 5. CONCLUSÃO

Nesta pesquisa foi possível comprovar a eficiência da utilização de técnicas de processamento de imagens na identificação dos focos de degradação na área estudada. A aplicação de diferentes operações de realce de contrastes, considerando as características dos diferentes alvos, foi importante tanto no sentido melhorar a análise visual como também permitiu melhorar o desempenho do classificador, uma vez que conferiu maior segurança na coleta das amostras.

No que se refere às condições de degradação ambiental detectadas na lagoa do Mocambinho, espera-se que este trabalho possa contribuir para que as autoridades competentes desenvolvam ações de recuperação e preservação da área obedecendo aos parâmetros definidos na legislação ambiental.

## REFERÊNCIAS

BASE - **Biblioteca de Auxílio ao Sistema Educacional**, vol. 7, São Paulo: Livraria e Editora Iracema Ltda, 1994.

EASTMAN, J. R., **IDRISI for Windows User's Guide Version 2.0**. Introducion Worcester-MA Graduate School of Geography, Clark University. USA. 1997

FLORENZANO, Teresa Gallotti. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.



FONSECA, Leila Maria Garcia et al. **Processamento Digital de Imagens**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, jun. 2002.

LOBÃO, Jocimara Souza Britto; LOBÃO, José Antonio Lacerda; FRANÇA-ROCHA, Washington de Jesus Santanna da. Banco de Dados Biorregional para o Semi-Árido no Estado da Bahia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12. (SBSR), 16-21 abr. 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. 2237-2244. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/rep-/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.20.03.59>>. Acesso em: 06 jun. 2007. rep: ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.20.03.59.

MOTTA, J. L. G.; FONTANA, D. C.; WEBER, E. (2001): “Verificação da acurácia da estimativa de área cultivada com soja através de classificação digital em imagens Landsat”. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 10 (SBSR) **Anais X SBSR**, 21-26 abril 2001, Foz do Iguaçu INPE, p. 123-129.

MOTA, Suetônio. **Urbanização e Meio Ambiente/Suetônio Mota**: 3 ed. – Rio de Janeiro: ABES, 2003.

MOURA, Ana C. M., **Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano** – Belo Horizonte: Ed da Autora, 2003.

NOGUEIRA, Rafael Xavier de Souza; DOMINGUEZ José Maria Landim. **Mapeamento digital de ecossistemas costeiros: uma proposta aplicada em conde, litoral norte da Bahia – Brasil**. Universidade Federal da Bahia (UFBA), (s.d).

ORTEGA, Enrique. et al. **Ecossistemas e Políticas Públicas**. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/fea/ortega/eco/iuri12.htm>>. Acesso em: 02.mar.2006.

PARENTE, Kátia Simões. **A Importância do Saneamento Ambiental para a Saúde Pública**. 27 maio 2004. Disponível em: <<http://www.unimonte.br/news/706.asp>>. Acesso em 29 set. 2006.

PRADO, Renato de Oliveira. **Ecossistemas de água doce**. Disponível em : <http://www.coladaweb.com/biologia/aguadoce.htm>>. Acesso em: 22.mar.2006

ROCHA, Cezar H. B., **Geoprocessamento**: Teconologia transdisciplinar – Juiz de Fora, MG: Ed do Autor, 2000.

TUNDISI, José Galizia. **Água no Século XXI: Enfrentando a Escassez**. – São Carlos: RiMa, IIE, 2. ed.,2005.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos a Empresa de Processamento de Dados de Teresina – PRODATER pela cessão das imagens do satélite QUICKBIRD para realização desta pesquisa.