

Detecção de mudanças na cobertura vegetal, através da subtração de imagem NDVI, no Parque Estadual do Bacanga – São Luís – MA

Arnaldo Bastos Marques Junior¹
Cláudio José da Silva Sousa²

¹Companhia de Águas e Esgotos do Maranhão
Rua Silva Jardim, - 65000, Centro, São Luís-MA, Brasil
arno@elo.com.br

²Universidade Estadual do Maranhão
Centro de Educação, Ciências Exatas e Naturais
Cidade Universitária Paulo VI, - 65054-970, Tirirical, São Luís-MA, Brasil
claudio@nemrh.uema.br

Abstract. The changes in behavior in the last two decades of the State Park of Bacangas's vegetation are hereby presented. This research is based on the Geoprocessing and utilizes modern resources of Remote Sensory in its development, through orbital images from the Landsat-5 satellite, and its transit over the region from the period of 1984 to 2004. Analysis of the images are done using normalized difference vegetation index (NDVI), setting out to detect the deforested areas, the ones which did not suffer deforesting and the internal regeneration of the park and its surroundings, resulting in the identification of the most tensioned regions and state of vulnerability of the above mentioned park.

Key words: Detection of changes, NDVI, State Park of Bacanga.

1. Introdução

A história do Parque Estadual do Bacanga conta com mais de 50 anos. Quando se recua mais no tempo, depara-se com as ruínas do Sítio Santo Antônio da Alegria, conhecido como Sítio do Físico, cujo objetivo era a implantação de um empreendimento para beneficiamento de couro, pelo então físico-mor da Província do Maranhão em 1799.

Através do Decreto-Lei Federal nº 6.833, de 26 de agosto de 1944, pelo presidente Getúlio Vargas, foi criada a Floresta Protetora de Mananciais da Ilha de São Luís com uma área de 3.065ha. O objetivo principal do Decreto foi estabelecer e conservar ambientes naturais favoráveis ao desenvolvimento das atividades humanas de caráter científico, educativo, recreativo e também, o de preservar áreas naturais testemunhas das condições primitivas da flora e da fauna.

Durante os 36 anos a Floresta Protetora dos Mananciais foi submetida à ações devastadoras tanto pelo poder público, como pela iniciativa privada, resultando na consolidação de conjuntos residenciais de classe média baixa, que logo foram dotados de infra-estrutura básica como água, luz, saneamento básico e pavimentação asfáltica.

Em 7 de março de 1980, o Governo do Estado do Maranhão criou o Parque Estadual do Bacanga através do Decreto-Lei nº 7.545, ocupando a antiga área da Floresta Protetora dos Mananciais, mantendo os seus limites. As áreas então ocupadas foram excluídas através do Decreto-Lei nº 9.550, de 10 de abril de 1984, que estabeleceu novos limites para o Parque e deu nova destinação as áreas excluídas.

A institucionalização do Parque Estadual do Bacanga implicou na redução da área da antiga Floresta protetora dos Mananciais, por força da exclusão das zonas ocupadas e julgadas

impraticáveis para recuperação, conforme consta no Decreto-Lei nº 7.712, de 14 de setembro de 2001.

Diante do exposto e das potencialidades das imagens multi-temporais de Sensoriamento Remoto, em capturar a dinâmica da paisagem, este trabalho tem por objetivo geral **analisar as mudanças na cobertura vegetal do Parque Estadual do Bacanga, entre 20/06/1984 e 11/06/2004, através da subtração em pares de imagens NDVI, derivadas das imagens originais**. Essas mudanças foram analisadas interna e externamente ao limite do Parque, mediante a criação de zonas de 500m, de extensão.

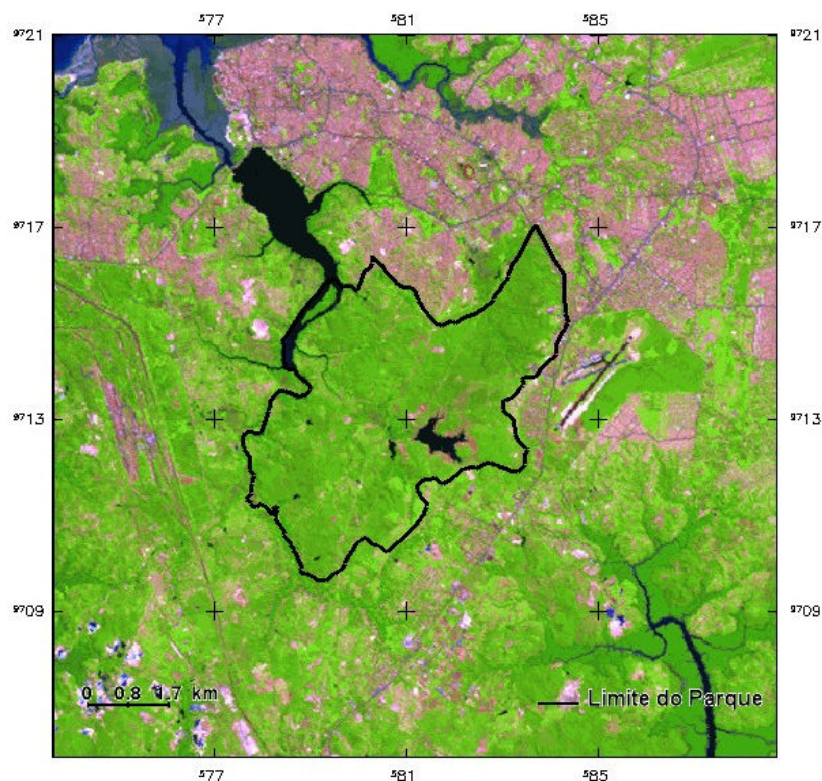


Figura 1. Composição colorida normal 5(R), 4(G) e 3(B) de 11/06/2004, indicando Localização do Parque Estadual do Bacanga e do seu entorno.

3. Materiais

Para a realização deste trabalho foram utilizados os seguintes materiais:

- Carta topográfica produzida pela Diretoria de Serviços Geográficos do Ministério do Exército-DSG, nas articulações N° 39,38,37,31,30,29,23,22,21 São Luís – Ma. Escala 1:10.000;
- Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas – SPRING v 4.2 (DPI/INPE);
- Imagens Orbitais TM/Landsat 5, de 20/06/1984 e de 11/06/2004, órbita-ponto, 220-62, formato digital (PENOPG1/INPE);
- Planta de Atualização do Plano de Manejo do Parque Estadual do Bacanga – Limites Atuais e Zoneamento. ELETRONORTE Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. – Superintendência Geral de Meio Ambiente, agosto de 2002;
- Planilhas para conversão dos níveis de cinza em valores de reflectância.

4. Metodologia

As cartas topográficas digitais foram corrigidas geometricamente, mediante o registro via teclado. Para cada uma, foram criados quatro pontos de controle, cujas coordenadas foram definidas através dos cruzamentos das quadriculas. As cartas topográficas foram importadas para projetos correspondentes aos seus nomes, dentro do banco de dados *Bacanga* no sistema de informações geográficas Spring v 4.2.

A imagem orbital de data mais antiga foi corrigida geometricamente, mediante o registro imagem-carta. Neste procedimento, as cartas digitais foram utilizadas como referências, utilizando-se nove pontos de controle, distribuídos uniformemente sobre a imagem. Em seguida, procedeu-se à correção da imagem de data mais recente, tendo como referência a imagem de data mais antiga. Posteriormente, as imagens foram importadas para o projeto *Pq_Bacanga*, dentro do banco de dados *Bacanga* do Spring.

Empregando as planilhas desenvolvidas por Luiz, et al. (2005), inicialmente, foram inseridos os valores de frequência do histograma da banda TM-1, referentes às datas de 11/06/2004 e de 20/06/1984. Os valores inseridos permitiram a definição do *valor inicial*, necessário à realização da correção atmosférica, segundo o método proposto por Chavez (1988).

Com os dados das imagens: sensor, data de passagem e ângulo de elevação solar, foram definidas, automaticamente, as equações que efetuaram a transformação dos números digitais em valores de reflectância corrigidos, em relação ao espalhamento atmosférico. Essas equações foram manipuladas através da linguagem LEGAL/SPRING, e os valores de reflectância corrigidos foram organizados em grades regulares, com resolução de 30x 30m.

Por serem envolvidas no processamento, sobre as imagens de datas distintas foi a retificação radiométrica, cujo objetivo é compatibilizar as amplitudes dos níveis de cinza dos elementos de imagem em cada banda espectral de uma série multitemporal. O método utilizado foi o da Uniformização das Médias e Variâncias – UMV, que segundo Fonseca et al. (2003), apresenta ótimos resultados para imagens do Landsat-5, muito próximo aos métodos mais criteriosos como o de Hall.

Para utilização do Método UMV, as imagens de 11/06/2004 e de 20/06/1984 foram eleitas como de referência (R) e de ajuste (S), respectivamente. Em seguida, os valores de *ganho* (**Equação 1**) e *offset* (**Equação 2**), calculados foram aplicados à imagem de ajuste (S).

$$Ganho = \sigma_R^2 / \sigma_S^2 \quad (1)$$

$$offset = \mu_R - \sigma_S^2 \cdot \mu_S \quad (2)$$

onde:

μ_R, μ_S, σ_R^2 e σ_S^2 são as médias e as variâncias das imagens de referência (R) e de ajuste (S), respectivamente.

Visando realçar a vegetação dos demais alvos da área, minimizando as influências do solo, foram criadas as imagens NDVI de 11/06/2004 e 20/06/1984 através das imagens-reflectância correspondentes às regiões do vermelho e do infravermelho próximo, de acordo com a **Equação 3**.

$$NDVI = (IVP - V) / (IVP + V) \quad (3)$$

onde:

IVP = reflectância no infravermelho próximo;

V = reflectância no vermelho.

Esse processamento foi realizado para ambas as datas, cujos resultados formaram duas imagens-reflectância em níveis de cinza para os anos 1984 e 2004 denominadas,

respectivamente, de NDVI-84 e NDVI-04, as quais realçaram a vegetação e reduzindo a interferência do solo. (PONZONI, 2001; MOREIRA E SHIMABUKURO, 2004).

A análise da variação das mudanças esperada durante o período de vinte anos foi obtida pela subtração das imagens NDVI de 11/06/2004 e de 20/06/1984.

A subtração de imagem é obtida no SPRING através da opção operações aritméticas disponíveis para imagens, que tem como objetivo realçar diferenças espectrais (CROSTA, 1992). O processamento foi efetuado a partir da **Equação 4**.

$$C = \text{ganho} \cdot (A - B) + \text{offset} \quad (4)$$

onde:

C = imagem-subtração;

A e B = imagens NDVI correspondentes às datas de 11/06/2004 e 20/06/1984, respectivamente.

Ao término da operação de subtração os níveis de cinza assumiram valores compreendidos entre [-225, 225], o que resultou em compressão de dados e conseqüente perda de informação. Para evitar isso, foram utilizados fatores de *ganho* e *off set* para deslocarem os níveis de cinza à porção positiva do intervalo.

O resultado desta operação foi a imagem subtração denominada de NDVI-04-84, cujos níveis de cinza assumiram valores compreendidos entre [-255, 255] o que resultou em compressão dos dados e perda de informação. Para evitar isso, foram utilizados fatores de “ganho” e “off set” que deslocaram os níveis de cinza à porção positiva do intervalo.

A partir da imagem subtração, foram extraídas as estatísticas do seu histograma representadas pela média $\mu = 80,26$, a variância $\sigma^2 = 138,93$ e o desvio padrão $\sigma = 11,79$. Essas estatísticas permitiram a definição dos limiares das classes temáticas: desmatamento $[0, \mu - \sigma] = 0$ a 68; não mudança $[\mu - \sigma, \mu + \sigma] = 68$ a 92 e regeneração $[\mu + \sigma, 255] = 92$ a 255. A classificação da imagem-subtração segundo os limiares acima, permitiram a criação de um mapa temático de mudanças.

Visando analisar as mudanças no entorno do Parque Estadual do Bacanga, foram definidas, a partir do limite atual, zonas de 500m de largura, internas e externas ao mesmo. As zonas internas e externas em numero de 4 e 7, respectivamente, foram criadas a partir da opção mapa de distância do sistema SPRING, resultando em um mapa temático.

Através da opção tabulação cruzada do SPRING, as classes temáticas desmatamento, não mudança e regeneração foram quantificadas em cada zona interna e externa ao limite do Parque. Os resultados foram sintetizados em sintetizados através de três curvas que mostraram a dinâmica de uso e ocupação interna e externa ao Parque, segundo as classes temáticas desmatamento, não mudança e regeneração.

5. Resultados e Discussão

As **Figuras 1a, 1b** ilustram as imagens NDVI de 11/06/2004 e de 20/06/1984, em que as tonalidades altas ressaltam as áreas vegetadas. Observa-se que no interior do Parque a presença dessas tonalidades mantêm-se praticamente inalteradas entre as duas datas, fato esse que não se observa, externamente. Isso denota o crescimento urbano sofrido pela cidade de São Luís nos 20 anos e a pressão exercido por esse crescimento no Parque.

Na **Figura 1c** as tonalidades baixas de altas referem-se áreas de mudança e as tonalidades médias, as de não mudança. Quando se contempla a freqüência dessas tonalidades, confirma-se o anteriormente descrito, ou seja, que no entorno do Parque o processo de urbanização imprime uma tensão ao Parque, cujas mudanças internas verificam-se em alguns pontos diminutos, centrados principalmente, ao logo dos canais de drenagem.

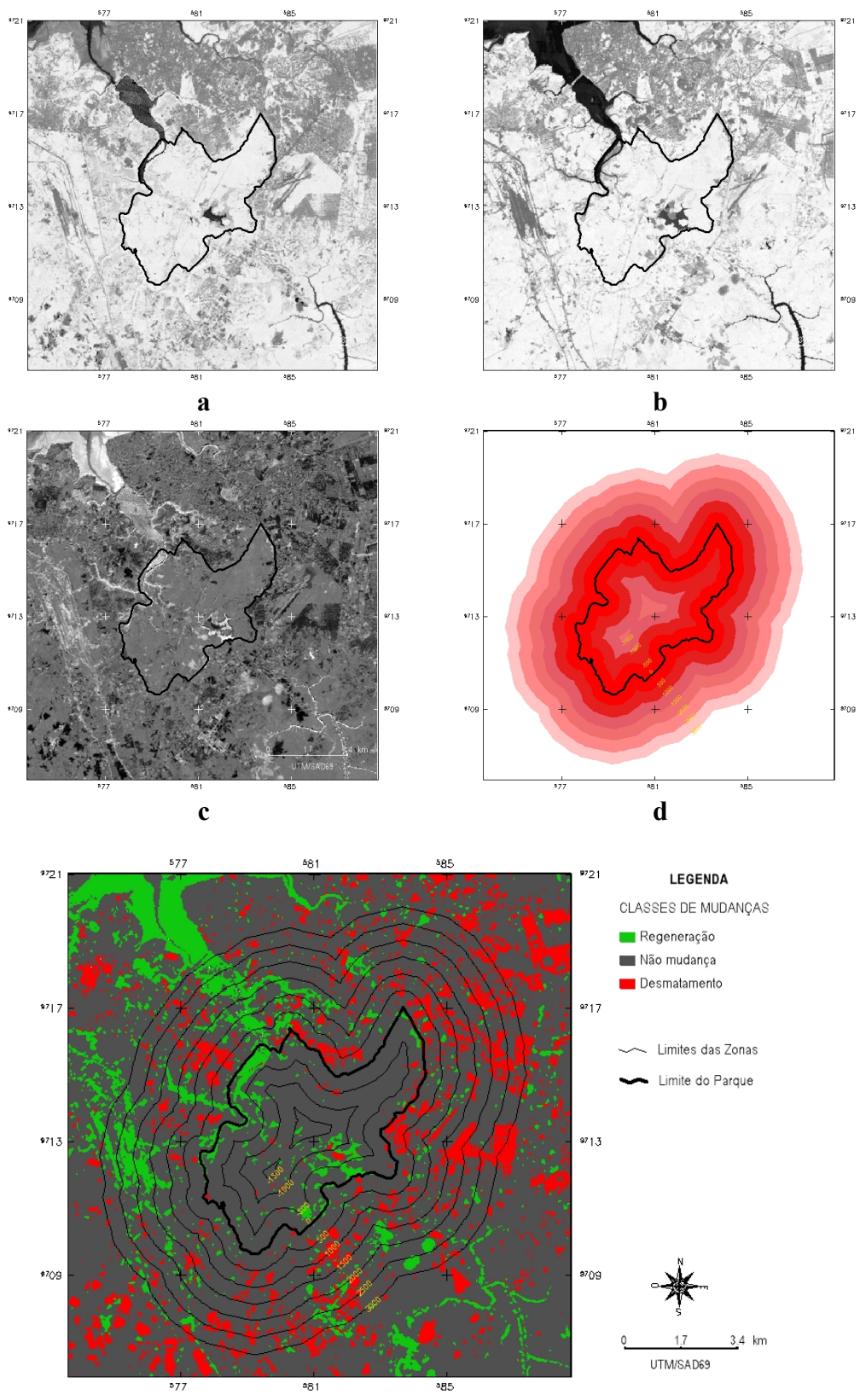


Figura 1 – (a) imagem NDVI de 11/06/2004; (b) imagem NDVI de 20/06/1984; (c) imagem-subtração NDVI 2004-1984; (d) mapa temático de zonas internas e externas ao limite do Parque; e (e) mapa temático de mudanças.

A **Figura 1d** ilustra as zonas, com variações de 500m, internas e externas ao limite do Parque Estadual. As zonas mais próximas ao limite do Parque, por serem as que sofrem maiores tensões pelo processo de ocupação, foram identificadas em tons mais escuros de vermelho. Já aquelas mais distantes, onde se verificam ocupações consolidadas, foram identificadas em tons mais claros.

A **Figura 1e**, por sua vez, mostra a mapa temático de mudanças. As mudanças discriminadas em vermelho que significam as áreas desmatadas, com ocupação consolidada, ou seja, ausência de cobertura vegetal, e as em verde, as áreas vegetadas. Em cinza destacam-se as áreas que não sofreram mudanças ao longo dos vinte anos. Através desse mapa temático torna-se mais evidente a dinâmica de uso e ocupação do solo que se verifica interna e externamente ao Parque. Vê-se que, ao longo dos vinte anos, a cidade de São Luís teve um crescimento significativo em todas as direções em torno do Parque e como este vem sendo tencionada pelo processo de urbanização.

A **Tabela 1** apresenta as zonas com as respectivas áreas das classes desmatamento, não mudança e regeneração. Os dados dessa tabela são sintetizados através da **Figura 2**.

Tabela 1 – Áreas das classes desmatamento, não mudança e regeneração por zona.

FAIXAS(m)	DESMAT. (ha)	NÃO MUDANÇA (ha)	REGENERAÇÃO (ha)
2500 a 3000	264,87	1528,92	165,42
2000 a 2500	257,58	1386,27	179,82
1500 a 2000	179,55	1332,54	181,62
1000 a 1500	195,39	1235,43	141,57
500 a 1000	213,39	1143,18	100,26
0 a 500	195,12	1141,65	106,29
(-500) a 0	40,59	1086,66	155,88
(-500) a (-1000)	16,83	768,24	58,86
(-1000) a (-1500)	7,56	437,49	18,81
(-1500) a (-2000)	0,18	68,13	3,69

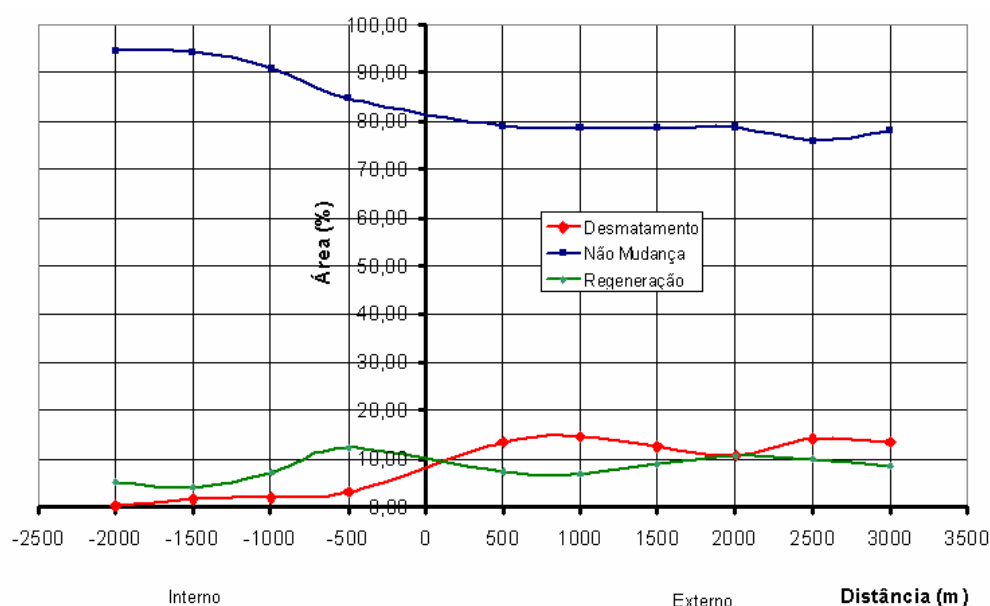


Figura 2 – Comportamento das classes desmatamento (vermelho), não mudança (azul) e regeneração, interna e externamente ao limite do Parque Estadual do Bacanga.

Através da **Figura 2**, vê-se que os desmatamentos apresentam baixos índices no interior do Parque, o que é acompanhado por um crescente processo de regeneração da cobertura vegetal. Os valores de não mudança, internamente, crescem significativamente a partir do limite. Isso vem confirmar o estado de conservação que se verifica no Parque.

Externamente, a barreira imposta pelas cercas tem apresentado resultados significativos quanto aos desmatamentos, pois estes apresentam valores máximos a 1000m do limite. A partir desse valor os desmatamentos decaem em virtude de se deparar com áreas de ocupação consolidada, o que é confirmado pelo comportamento das não mudanças a partir de 1000m. Assim, verifica-se que a zona de maior tensão exercida pelo processo de urbanização acontece externamente ao Parque, a 1000m do seu limite.

Internamente, a 500m do limite, a classe não mudança apresenta uma ascensão positiva, demonstrando uma contínua redução dos desmatamentos, com crescente processo de regeneração. Isso mostra que, possivelmente, a mais de vinte anos, essa zona foi bastante tencionada pelo processo de urbanização.

A presença de não mudança no interior do Parque, acompanhado do crescente processo de regeneração vem contribuir para preservação dos mananciais superficiais e sub-superficiais que alimentam o sub-bacia da Represa do Batata, responsável pelo abastecimento de 10 a 15% da cidade.

6. Conclusões

O Parque Estadual do Bacanga, ao longo dos vinte anos, apresentou-se conservado, quando se observa, internamente, a ascensão da classe não mudança, acompanhada do crescimento da classe regeneração e redução da classe desmatamento. As zonas no entorno do limite caracterizam-se pelo crescimento interno da regeneração e redução externa do desmatamento.

A zona de maior conflito migrou, localizando-se, externamente, a 1000m do limite. Seu decaimento a partir desse valor retrata a presença de ocupações consolidadas, que, possivelmente, pertenceram ao Parque e que foram excluídas através do Decreto-Lei nº 9.550, de 10 de abril de 1984, e também do Decreto-Lei nº 7.712, de 14 de setembro de 2001, que implicou na exclusão de zonas ocupadas julgadas impraticáveis para recuperação.

Referências

Chavez Jr, P. S. An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. **Remote Sensing of Environment**, v.24, p. 459-479, 1988.

Crosta, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas: IG/UNICAMP, 1992.

Fonseca, L.M.G.; Leonardi, S.S.; Sousa, S. M. Comparação do desempenho de algoritmos de normalização radiométrica de imagem de satélite. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 11, 2003, Belo Horizonte. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2003. Artigos, p.2063-2069, CD-ROM. On-line. 85-17-00017-X. Disponível em: < http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.14.16.57/doc/15_204.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2006.

Luiz, A. J. B.; Gürtler, S.; Gleriani, J. M.; Epiphânio, J. C. N.; Rogério, C. C. Reflectância a partir de número digital de imagens ETM+. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 11, 2003, Belo Horizonte. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2003. Artigos, p.2071-2072, CD-ROM. On-line. 85-17-00017-X. Disponível em: < http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/10.10.19.00/doc/15_015.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2006.

Moreira, M. A e Shimabukuro, Y. E. **Cálculo de índice de vegetação a partir de sensor AVHRR**. In: Ferreira, N.J. Aplicações ambientais brasileiras dos satélites NOAA e Tiros-N. São Paulo: Oficina de Textos, 2004, p.79-101.

Ponzoni, F. J. **Comportamento espectral da vegetação.** In Menezes, P. R. Sensoriamento Remoto dos alvos naturais. Brasília: UNB/ EMBRAPA, 2001, p. 157-199.