

Classes de cobertura vegetal do Parque Nacional de Sete Cidades (transição campo-floresta) utilizando imagens TM/Landsat, NE do Brasil

Maria Edileide Alencar Oliveira^{1,2}
Fernando Roberto Martins³
Antonio Alberto Jorge Farias Castro⁴
João Roberto dos Santos⁵

¹ Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal - UNICAMP
Caixa Postal 6109 - 13083-970 - Campinas - SP, Brasil
mealencar@gmail.com

² Centro Federal de Educação Tecnológica do Piauí - CEFET/PI
Rua Francisco Urquiza Machado, 462 - 64800-000 - Floriano, PI, Brasil
ealencar@cefetpi.br

³ Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP
Caixa Postal 6109 - 13083-970 - Campinas - SP, Brasil
fmartins@unicamp.br

⁴ Universidade Federal do Piauí - UFPI
Av. Universitária, 1310 - 64049-550, Teresina - PI, Brasil
aajfcastro@uol.com.br

⁵ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil
jroberto@ltid.inpe.br

Resumo. Neste estudo foram utilizadas imagens (TM/Landsat - Bandas 3B, 4G e 5R) no mapeamento da vegetação do Parque Nacional de Sete Cidades (04° 02' - 08'S e 41° 40' - 45'W), bacia do Parnaíba, estado do Piauí, NE do Brasil. Por meio de técnicas de processamento de imagens, com uma classificação do tipo Bhattacharya, foi produzido um mapa com seis tipos de cobertura vegetal. O mapa evidenciou um complexo mosaico de tipos estruturais dominados por formações savânicas (cerrado aberto latifoliado perenifólio e cerrado extremamente xeromórfico) que ocuparam 48,1% da área, seguidos de formações florestais (floresta aberta latifoliada perenifólia, floresta tropical ombrófila aluvial ocasionalmente inundada e floresta tropical semidecídua) com 36% e de formações campestres (campo graminóide cespitoso médio) com 14,3% da área estudada. O uso de dados de sensoriamento remoto possibilitou a discriminação das comunidades vegetais com boa acurácia ($kappa = 0,582$), fornecendo informações básicas do *status* atual da vegetação da área, contribuindo assim para a preservação e conservação dos cerrados marginais do NE do Brasil.

Palavras-Chave: Parnaíba Basin, marginal savannas, National Park, Piauí, remote sensig, Bacia do Parnaíba, cerrados marginais, Parque Nacional, Piauí, sensoriamento remoto.

1. Introdução

As diversas técnicas de sensoriamento remoto e de sistemas de informação geográfica (SIG) surgidas na década de 1980 têm sido consideradas como fontes primárias de informações acerca da biodiversidade na escala de paisagem, as quais possibilitam a compreensão da heterogeneidade e dinâmica da paisagem através de mapas temáticos que discriminam a cobertura vegetal de uma área (Matson e Ustin 1991, Chapin et al. 2000, Foody e Cutler 2002, Zak e Cabido 2002). Recentemente, a identificação e o mapeamento de padrões espaciais das comunidades vegetais têm recebido novos impulsos frente às questões de mudança climática

global, ecologia da paisagem e perda da biodiversidade (Sánchez-Azofeifa et al. 1999, Chapin et al. 2000, Foody 2002, Zak e Cabido 2002).

No Brasil a maioria dos estudos utilizando técnicas de sensoriamento remoto na definição de padrões espaciais e atributos da vegetação estão concentrados em áreas de florestas tropicais. Porém, estudos em áreas de formações mais secas, como os cerrados e as caatingas, também têm sido realizados (Santos, 1988; Maldonado et al. 2002).

No nordeste do Brasil, os cerrados recobrem áreas contíguas dos estados do Piauí e do Maranhão, em terrenos da bacia sedimentar do Parnaíba (Piauí-Maranhão), além de pequenas manchas em outros estados (Sampaio et al. 1994). A vegetação desta área recebe a influência de três domínios florísticos: amazônico, caatingas e cerrados (Ducke e Black 1953, Rizzini 1963). Trata-se, portanto, de uma área de transição ecológica. Castro (1994) considerou parte do estado do Piauí, além de outros estados nordestinos, como um dos supercentros de biodiversidade dos cerrados.

O Parque Nacional de Sete Cidades (PNSC) possui diversos tipos de vegetação incluídos no domínio do cerrado ou de transição cerrado/caatinga (IBDF 1979, Barroso e Guimarães 1980). Fatores edáficos e geomorfológicos têm sido ditos como os condicionantes do padrão em mosaico da vegetação em escala de paisagem (Hopkins 1992, Oliveira 2004). A distribuição e a composição das comunidades vegetais do PNSC parecem estar relacionadas à sua própria localização geográfica em áreas limítrofes de domínios florísticos distintos (Ducke e Black 1953, Rizzini 1963, Castro 1994, 2003; Fernandes 1998). Estudos envolvendo a interpretação do padrão vegetacional (escala regional), estrutura e composição das comunidades vegetais no PNSC são escassos.

Este estudo teve como principal objetivo fazer o mapeamento básico da paisagem, mediante a identificação dos padrões espaciais das comunidades vegetais do Parque Nacional de Sete Cidades, estado do Piauí, NE do Brasil.

2. Material e métodos

2.1. Área de estudo

Este estudo foi desenvolvido no Parque Nacional de Sete Cidades - PNSC (04° 02' - 08'S e 41° 40' - 45'W), com uma área de 6.221,5 ha, Estado do Piauí (IBDF 1979). O clima é do tipo C₂w₂A'4a' (subúmido úmido com grande deficiência de água, quarto megatérmico e pequena amplitude térmica anual). Há duas estações bem definidas (seca e chuvosa) durante o ano, com temperaturas médias anuais superiores a 25°C e precipitação média anual de 1.558 mm. A altitude varia de 100 até os 300 m da Serra da Descoberta e Serra Negra.

A vegetação da área apresenta grande variedade de comunidades, distribuindo-se em mosaico, incluídas no domínio do cerrado ou de transição cerrado/caatinga (Brasil 1973, IBDF 1979, Barroso e Guimarães 1980). Como principais classes de solos ocorrem: Neossolos Quartzarênico e Litólico, Planossolos, Latossolos, Plintossolos e Argissolos (Jacomine et al. 1986, EMBRAPA 1999).

2.2. Mapeamento e classificação da vegetação

Foram utilizadas as folhas cartográficas do RADAMBRASIL, escala 1:1.000.000 (Brasil 1973) e da SUDENE/DSG Piracuruca (SA.24YC - IV), na escala de 1:100.000. Na elaboração do mapa foram utilizadas composições coloridas do Thematic Mapper - TM/Landsat (Bandas 3B, 4G e 5R - azul, verde e vermelho, respectivamente) na forma digitalizada, de órbita-ponto 219/63, quadrante A, passagem em 23 de agosto de 1998 (período seco), cedidas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

O tratamento digital da imagem foi feito através de técnicas de pré-processamento, realce, segmentação e classificação, descritas por Pardi Lacruz (1998) e Araújo (1999), utilizando o software SPRING (INPE 2002). A imagem foi segmentada pelo algoritmo de crescimento de regiões (limiares 8 e 20), que se baseia no agrupamento de pixels com características similares em regiões contínuas (Venturieri e Santos 1998).

Na fase de campo foi utilizada a proposta de classificação da vegetação de Ribeiro e Walter (1998) para o bioma cerrado, por possibilitar uma maior discriminação das fisionomias de cerrado. A partir da imagem segmentada foram lançadas 54 amostras de treinamento e 66 amostras testes, previamente tomadas com GPS nos tipos de cobertura identificados para a área. Por último, foi produzida uma classificação supervisionada do tipo Bhattacharya (nível de aceitação de 99%) e calculada a estimativa de área de cada tipo de vegetação.

Na análise da exatidão e acurácia do mapa temático foram utilizados duas medidas estatísticas (matriz de erros e coeficiente de concordância $kappa - \hat{k}$) para determinar o grau de concordância da imagem classificada em relação a dados de referência (Congalton et al. 1983, Congalton e Green, 1999). Esse coeficiente leva em conta os elementos da matriz de erros e não apenas aqueles valores que estão locados na diagonal principal da matriz e varia entre 0 e 1, em que o valor 1 representa a máxima concordância entre a imagem classificada e os dados de referência (Foody, 2002). Após a avaliação da qualidade temática da classificação, o mapa da vegetação do PNSC foi gerado (escala 1:60.000).

Na classificação da vegetação foi utilizado o sistema da UNESCO (1973), que se baseia em critérios fisionômicos e estruturais da vegetação, e também, em alguns aspectos das propostas de classificação da vegetação dos técnicos do IBGE (1992) e de Ribeiro e Walter (1998).

2.3. Levantamento florístico

Foram feitos levantamentos da flora nos diversos tipos fisionômicos da área. De cada espécime, foram coletados de oito a dez exemplares, os quais foram identificados e depositados nos herbários da Universidade Federal do Piauí (TEPB) e da Universidade Estadual de Campinas (UEC), segundo os números de coletor (M.E. Alencar 289 a 1634).

3. Resultados

A análise da paisagem considerando tanto o uso de imagem TM/Landsat quanto os levantamentos de campo, permitiu identificar os seguintes tipos de cobertura vegetal (UNESCO 1973): (1) Floresta tropical ombrófila aluvial ocasionalmente inundada, (2) Floresta tropical semidecídua, (3) Floresta aberta latifoliada perenifólia, (4) Cerrado aberto latifoliado perenifólio, (5) Cerrado extremamente xeromórfico e (6) Campo graminóide cespitoso médio (Tabelas 1 e 2; Figura 1). Também foi identificado um tipo de cobertura de nuvens/sombra que ocupou pequena parte do norte e sudoeste da área de estudo (1,6%).

3.1. Formações florestais

Estão representadas por três tipos de cobertura vegetal, distribuindo-se predominantemente na parte centro-sudoeste do Parque e ocupando uma área de 2.243,6 ha (36% do total). Estes tipos foram caracterizados pela presença de indivíduos arbóreos predominantemente perenifólios, com alturas iguais ou superiores a 5 m e dossel com variado nível de cobertura (UNESCO 1973).

Tabela 1 - Cobertura total (ha e % de ocupação) de cada tipo de vegetação representado no mapa (Figura 1) segundo as propostas da UNESCO (1973) e Ribeiro & Walter (1998).

Tipo de vegetação	Área (ha)	Área (%)
<i>Florestais</i>		
1. Floresta ocasionalmente inundada (Mata de galeria inundável)	204,6	3,3
2. Floresta tropical semidecídua (Mata seca semidecídua)	525,7	8,4
3. Floresta aberta latifoliada perenifólia (Cerradão)	1.513,3	24,3
<i>Savânicas</i>		
4. Cerrado aberto latifoliado perenifólio (Cerrado típico)	2.341,7	37,6
5. Cerrado extremamente xeromórfico (Cerrado rupestre)	653,1	10,5
<i>Campestre</i>		
6. Campo graminóide cespitoso médio (Campo limpo)	887,6	14,3
(Nuvem/Sombra)	95,5	1,6
Área total do PNSC	6.221,5	100,0

3.1.1. Floresta tropical ombrófila aluvial ocasionalmente inundada (*Tropical ombrophilous alluvial occasionally flooded forest*)

Na área de estudo ocorrem como florestas que se estendem em estreitas faixas ao longo dos riachos perenes e temporários. A vegetação mostrou altura média do estrato arbóreo de 8 m, com abundância de palmeiras e espécies de sub-bosque, e baixa diversidade de epífitos.

3.1.2. Floresta tropical semidecídua (*Tropical semi-deciduous forest*)

Essa vegetação na área de estudo apresenta-se como florestas não associadas a cursos d'água, de cotas altimétricas em torno de 200 m com relevo plano a suavemente ondulado. Em alguns locais, essas florestas assentam-se em solos bem rasos ou em afloramentos rochosos.

A vegetação apresentou fisionomia fechada, caracterizando-se pela maior riqueza de espécies e de árvores e arbustos dentre os tipos levantados no PNSC (Tabela 2). Foi constituída, predominantemente, de árvores em torno de 9 m de altura com indivíduos emergentes que atingiram mais de 20 m de altura, sendo marcante a ausência de epífitos e a abundância de lianas.

3.1.3. Floresta aberta latifoliada perenifólia (*Evergreen broad-leaved woodland*)

Tipo florestal que ocupa a maior extensão na área, em geral, esteve circundando a floresta tropical semidecídua, com fisionomia em que dominaram árvores altas e retas, com cerca de 7 m de altura e com ausência de epífitos e lianas. Esta vegetação apresentou associação com solos arenosos, em sua maioria, e também com areno-pedregosos e, às vezes, com litólicos. Nesta fisionomia foram encontradas espécies que somente foram listadas para os cerrados marginais do Meio-Norte do Brasil (Castro et al. 1998).

Tabela 2 - Classes de cobertura vegetal com suas principais populações, riqueza de espécies, número de amostras testes e acurácia (%) estudados no Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí, Brasil (UNESCO 1973).

Classes de cobertura vegetal	n. espécies	Amostras testes	Acurácia (%)
1. Floresta ocasionalmente inundada <i>Humiria balsamifera</i> - <i>Mauritia martiana</i> - <i>Virola surinamensis</i>	-	5	80
2. Floresta tropical semidecídua (FL) <i>Aspidosperma multiflorum</i> - <i>Campomanesia aromatica</i> - <i>Ephedranthus pisocarpus</i>	102	11	73
3. Floresta aberta latifoliada perenifólia (CE) <i>Aspidosperma discolor</i> - <i>Piptadenia moniliformis</i> - <i>Terminalia fagifolia</i>	68	9	56
4. Cerrado aberto latifoliado perenifólio (CS) <i>Hymenaea courbaril</i> var. <i>longifolia</i> - <i>Magonia pubescens</i> - <i>Terminalia fagifolia</i>	72	19	68
5. Cerrado extremamente xeromórfico <i>Encholirium erectifolium</i> - <i>Pilosocereus gounellei</i> - <i>Vellozia tubiflora</i>	-	9	56
6. Campo graminóide cespitoso médio (GR) <i>Andropogon fastigiatus</i> - <i>Aristida longifolia</i> - <i>Eragrostis maypurensis</i>	7	13	54

3.2. Formações savânicas

Estão constituídas de dois tipos de cobertura vegetal de ampla distribuição na área de estudo, ocupando 2.994,8 ha (48,1%), sendo, portanto, os tipos fisionômicos mais expressivos (Tabela 1).

3.2.1. Cerrado aberto latifoliado perenifólio (*Evergreen broad-leaved sclerophyllous shrubland*)

Este grupo de formação ocupa a maior área do Parque Nacional (37,6%), distribuindo-se em mosaico de manchas que ora são abruptamente interrompidas quando se limitam com áreas florestais, ora mudam gradualmente quando se limitam com áreas campestres. Esta feição geralmente esteve associada a solos arenosos, mas, em alguns locais da área de estudo, associou-se a solos mal drenados.

Tipo de vegetação constituída de indivíduos lenhosos, tortuosos, com ramificação irregular, esclerófilos perenes ou semidecíduos, presença de ritidoma esfoliado, corticoso, rígido ou casca suberosa, macia, com órgãos de reserva subterrâneos ou xilopódios (IBGE 1992). A vegetação apresentou fisionomia muito aberta, constituída de indivíduos com altura média de 5 m e poucos ultrapassando 10 m.

3.2.2. Cerrado extremamente xeromórfico (*Deciduous subdesert shrubland with succulents*)

Esta feição correspondeu à vegetação instalada sobre os afloramentos rochosos de origem sedimentar e couraças ferruginosas (Santos 2001), compreendendo 10,5% da área de estudo.

É característico desta formação o aspecto arbustivo muito aberto, com espécies mostrando adaptações à seca, tais como folhas profundamente esclerófilas, fortemente reduzidas, ramos fotossintetizantes sem folhas e caules suculentos, na maioria das vezes espinescentes (UNESCO 1973). Trata-se de um tipo de cerrado com indivíduos arbustivos de até 2 m de altura, de fisionomia predominantemente aberta, xeromorfos, latifoliados e decíduos. Predominam indivíduos de Bromeliaceae, Cactaceae, Asteraceae, Cyperaceae, Lythraceae, Eriocaulaceae, Xyridaceae e Scrophulariaceae, dentre outras famílias, os quais se instalam nas fissuras e depressões das rochas.

3.3. Formação campestre

Esta vegetação está representada por apenas um tipo, com principal área de ocorrência na porção centro-sudoeste do Parque Nacional e possuindo 14,3% de extensão (Tabela 1).

3.3.1. Campo graminóide cespitoso médio (*Medium tall grassland consisting mainly of bunch grasses*)

Esta formação é um campo graminóide de altura média de até 2 m, quase sem sinúcia lenhosa e grande número de gramíneas cespitosas (UNESCO 1973).

Esta unidade apresentou na área de estudo o estrato herbáceo-subarbustivo bem vigoroso com populações atingindo alturas superiores a 1 m e com a menor densidade lenhosa. Misturando-se àquele estrato foram encontrados raros arbustos dispostos espaçadamente, onde solos arenosos estiveram sempre associados a esta feição.

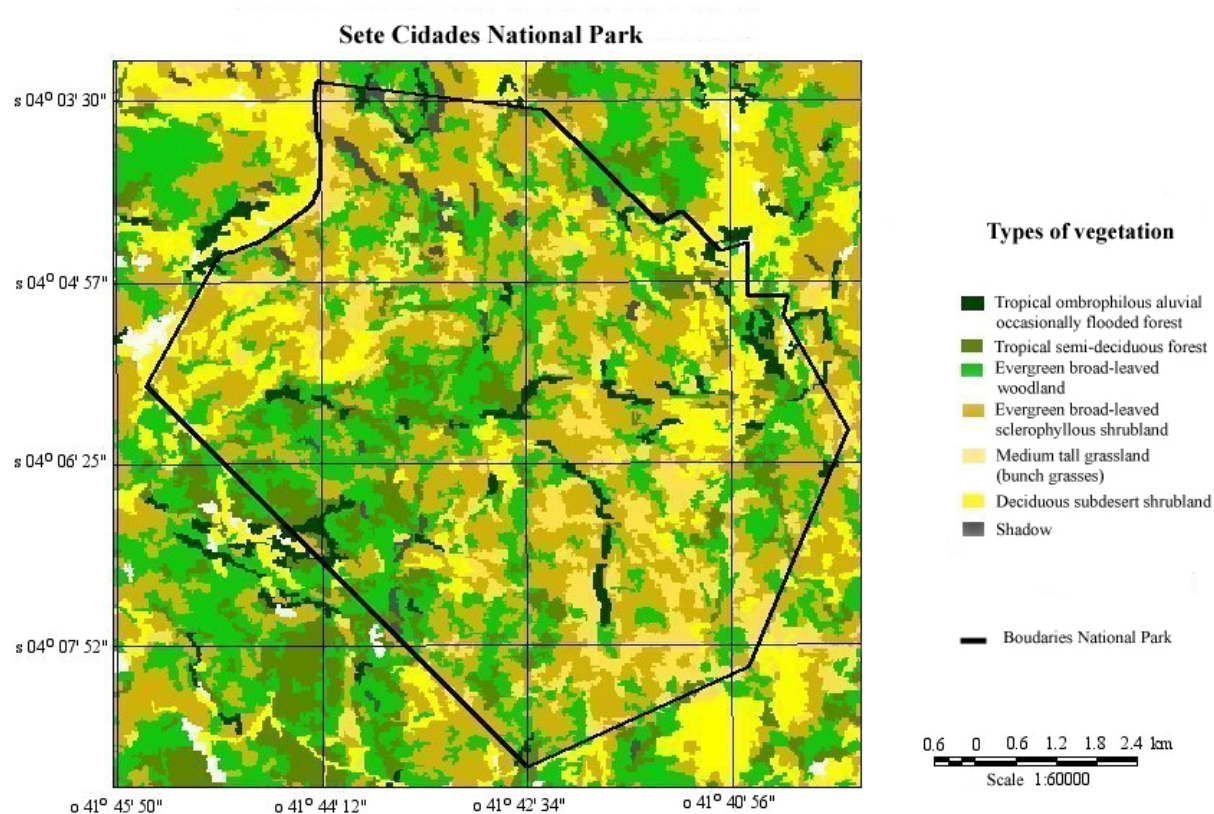


Figura 1 - Mapa temático dos tipos de vegetação (transição campo-floresta) no Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil.

3.4. Acurácia da classificação

A avaliação temática considerando a matriz de erros gerada a partir da imagem TM/Landsat resultou no valor de 65,7% de exatidão global, valor este considerado adequado, considerando-se a complexidades das faciações de cobertura vegetal dessa área investigada (Tabela 2). As categorias temáticas 1 e 2 apresentaram valores de acurácia superiores à exatidão global e a categoria 6 foi a de menor nível de desempenho na classificação. Nesse último caso, os erros devem estar associados a certas características intrínsecas (fisionômico-estruturais) do campo graminóide cespitoso médio (6), ocasionado pela semelhança de resposta espectral com outros tipos de caráter savânico.

A estimativa de $kappa$ (\hat{k}) apresentou um valor de 0,582090, correspondendo à categoria "bom" de desempenho classificatório (0,40 - 0,60) segundo Landis e Koch (1977). No cálculo do intervalo de confiança desse coeficiente obteve-se uma variância de $kappa$ ($\sigma_{\hat{k}}^2$) igual a 0,0049705. Através do desvio-padrão pode-se verificar que o $kappa$ verdadeiro (k) está situado em concordância com a formulação $\hat{k} - (1.96) * (\sigma_{\hat{k}}) \leq k \leq \hat{k} + (1.96) * (\sigma_{\hat{k}})$, num intervalo entre 0,44 e 0,72, cuja concordância temática em relação a parte de referência de campo é plenamente aceitável.

Uma certa imprecisão na classificação ocorreu devido a mistura de *pixels* localizados em áreas limítrofes das categorias mapeadas, fato este já esperado pelo gradiente das faciações encontradas na área de estudo. Por exemplo, o baixo nível de desempenho das categorias 5 e 6 (Tabela 2) pode ser explicado, em parte, pela pequena extensão de área contínua dessas feições e conseqüente impossibilidade de aquisição de *pixels* mais puros.

As duas categorias de florestas (1 e 2) apresentaram os maiores níveis de desempenho, mas a categoria 3, igualmente florestal (cerradão), apresentou baixo nível, provavelmente pelos mesmos motivos já citados anteriormente. A floresta aberta latifoliada perenifolia (3) foi confundida com a floresta tropical semidecídua, devido a mudanças graduais de uma fisionomia para a outra, e pelo conseqüente compartilhamento e substituição de espécies.

4. Considerações finais

O uso integrado de informações advindas de sensoriamento remoto e do levantamento florístico da vegetação em terra mostrou-se eficiente, resultando numa boa discriminação dos tipos de cobertura vegetal existentes na área. A acurácia alcançada na etapa de classificação foi satisfatória, considerando-se a complexidade da área, tendo sido o levantamento da flora fundamental na definição dos tipos de coberturas vegetais encontradas.

A riqueza de espécies tem relação direta com a densidade da flora lenhosa das fisionomias, que por sua vez se relaciona com as estratégias de ciclos de vida das plantas. No presente estudo ocorreu a diminuição da riqueza de espécies, concomitantemente a redução da densidade da flora lenhosa das fisionomias. Os cerrados no NE estão submetidos a grande variação espacial nas condições ambientais, expressa no complexo mosaico de tipos de vegetação - heterogeneidade espacial do cerrado. Este fato, associado à posição geográfica e à contribuição das formações circunvizinhas, parece explicar a distribuição e a flora das comunidades vegetais na área de estudo.

O mapa de vegetação produzido para o PNSC possibilitou a discriminação de seis tipos de cobertura vegetal, evidenciando um complexo mosaico de tipos estruturais dominados por formações savânicas, as quais cobrem 48,1% da área. Tais resultados produziram informações básicas sobre o *status* atual da vegetação na área de estudo, fornecendo subsídios para estudos futuros relacionados à compreensão e previsão de mudanças no padrão de distribuição das

comunidades vegetais e dos processos ambientais, bem como estratégias de desenvolvimento sustentável para os cerrados do estado do Piauí.

5. Agradecimentos. Os autores agradecem a Luciana S. de Araújo e María S. Pardi Lacruz (INPE) pela contribuição no processamento dos dados de sensoriamento remoto e aos técnicos do IBAMA/PI pelo apoio logístico na fase de campo. Este estudo foi parcialmente financiado pela Fundação O Boticário de Proteção à Natureza (FBPN, processo n. 0325981) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP, processo n. 02/02062-9). Os autores agradecem a bolsa de estudo do CNPq (processo n. 142014/2000-1) concedida ao primeiro autor. Os autores agradecem a bolsa de estudo do CNPq (processo n. 142014/2000-1) concedida ao primeiro autor.

6. Referências bibliográficas

Araújo, L. S. 1999. **Estratificação da cobertura vegetal e de biomassa em áreas de contato floresta/savana a partir de dados TM/Landsat e JERS-1.** Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.

Barroso, G. M.; Guimarães, E. F. Excursão botânica ao Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí. **Rodriguésia**, v. 32, p. 241-267, 1980.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Projeto Radambrasil. v.2. **Folha SB. 23 Teresina e parte da Folha SB.24 Jaguaribe:** geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial. Rio de Janeiro: MME/DNPM, 1973.

Castro, A. A. J. F. 1994. **Comparação florístico-geográfica (Brasil) e fitossociológica (Piauí - São Paulo) de amostras de cerrado.** Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

Castro, A. A. J. F.; Martins, F. R.; Fernandes, A. G. 1998. The woody flora of cerrado vegetation in the state of Piauí, northeastern, Brazil. **Edinburg Journal of Botany**, v. 55, p. 455-472, 1998.

Castro, A. A. J. F.; Martins, F. R.; Tamashiro, J. Y.; Shepherd, G. J. How rich is the flora of Brazilian cerrado? **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 86, p. 192-224, 1999.

Castro, A. A. J. F. Survey of the vegetation in the state of Piauí. In: Gaiser, T.; Krol, M.; Frischkorn, H.; Araújo, J.C. (eds.) **Global change and regional impacts: water availability and vulnerability of ecosystems and society in the semiarid northeast of Brazil.** New York: Springer-Verlag, p. 117-123, 2003.

Chapin, F. S. III; Zavaleta, E. S.; Eviner, V. T.; Naylor, R. L.; Vitousek, P. M.; Reynolds, H. L.; Hooper, D. U.; Lavorel, S.; Sala, O. E.; Hobbie, S. E.; Mack, M. C.; Díaz, S. Consequences of changing biodiversity. **Nature**, v. 405, p. 234-242, 2000.

Congalton, R. G.; Oderwald, R. G.; Mead, R. A. Assessing Landsat classification accuracy using discrete multivariate analysis statistical techniques. **Photogrammetric Engineering Remote Sensing**, v. 49, p. 35-45, 1983.

Congalton, R. G.; Green, K. **Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices.** New York: CRC Press, Inc., 1999.

Ducke, A.; Black, G. A. Phytogeographical notes on the Brazilian Amazon. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 25, p. 1-46, 1953.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília/Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI/EMBRAPA-CNPS, 1999.

Fernandes, A. **Fitogeografia brasileira.** Fortaleza: Ed. Multigraf, 1998.

Foody, G. M. Status of land cover classification accuracy assessment. **Remote Sensing Environment**, v. 80, p. 185-201, 2002.

Foody, G. M.; Cutler, M. E. 2002. **Remote sensing of biodiversity: using neural networks to estimate the diversity and composition of a Bornean Tropical Rainforest from Landsat TM data.** In: IGARSS'2002 - International Geoscience and Remote Sensing Symposium and the 24th Canadian Symposium on Remote Sensing. Anais. IEEE, Toronto, Canadá, 24-28 June, 2002. [CDROM].

- Hopkins, B. **Ecological processes at the forest-savanna boundary**. In: Furley, P. A.; Proctor, J.; Ratter, J. A. (eds.). *Nature and dynamics of forest-savanna boundaries*. London: Chapman & Hall, p. 21-33, 1992.
- IBDF. **Plano de Manejo**: Parque Nacional de Sete Cidades. Brasília: Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal - M.A/Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza (FBCN), 1979.
- IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE/DRNEA, 1992.
- INPE/DPI. 2002. **Sistema de processamento de informações georeferenciadas: SPRING v.3.6.03**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/dpi/spring>>. Acesso em 12 abr. 2003.
- Jacomine, P. K. T.; Cavalcanti, A. C.; Pessoa, S. C. P.; Burgos, N.; Melo Filho, H. F. R.; Lopes, O. F.; Medeiros, L. A. R. **Levantamento exploratório de solos do estado do Piauí**. (escala 1:1000) v.112. Rio de Janeiro: EMBRAPA/SUDENE-DNR, (Boletim de Pesquisa, 36; Série recursos de solos, 18), 1986.
- Landis, J.; Koch, G. G. The measurements of agreement for categorical data. **Biometrics**, v. 33, p. 159-179, 1977.
- Maldonado, F. D.; Santos, J. R.; Carvalho, V. C. Land use dynamic in the semi-arid region of Brazil (Quixaba-PE): characterization by principal components analysis. **International Journal Remote Sensing**, v. 23, p. 5005-5013, 2002.
- Matson, P. A.; Ustin, S. L. The future of remote sensing in ecological studies. **Ecology**, v. 72, p. 1917, 1991.
- Oliveira, M. E. A. 2004. **Mapeamento, florística e estrutura da transição campo-floresta na vegetação (cerrado) do Parque Nacional de Sete Cidades, Nordeste do Brasil**. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Pardi Lacruz, M. S. 1998. **Sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica como subsídio para levantamentos fisionômico-estruturais em floresta tropical úmida - estudo de caso: estação científica Ferreira Penna, PA**. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.
- Ribeiro, J. R.; Walter, B. M. T. **Fitofisionomias do bioma cerrado**. In: Sano, S.M. & Almeida, S.P. (eds.) *Cerrado: ambiente e flora*. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, p. 89-166, 1998.
- Rizzini, C. T. Nota prévia sobre a divisão fitogeográfica (florístico-sociológica) do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 25, p. 3-65, 1963.
- Sánchez-Azofeifa, G. A.; Quesada-Mateo, C.; Gonzalez-Quesada, P.; Dayanandan, S.; Bawa, K. S. Protected areas and conservation of biodiversity in the tropics. **Conservation Biology**, v. 13, p. 407-411, 1999.
- Sampaio, E. V. S. B.; Souto, A.; Rodal, M. J. N.; Castro, A. A. J. F.; Hazin, C. **Caatingas e cerrados do NE: biodiversidade e ação antrópica**. In: Conferência Nacional e Seminário Latino-Americano da Desertificação. Fortaleza/Brasília: Fundação Esquel do Brasil, p. 1-15, 1994.
- Santos, J. C. 2001. **Quadro geomorfológico do Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí**. Dissertação (Mestrado em Geomorfologia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Santos, J. R. 1988. **Biomassa aérea da vegetação de cerrado: estimativa e correlação com dados do sensor "Thematic Mapper" do satélite LANDSAT**. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- UNESCO. **International classification and mapping of vegetation**. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 1973.
- Venturieri, A.; Santos, J. R. **Técnicas de classificação de imagens para análise de cobertura vegetal**. In: Assad, E.D. & Sano, E.E. (eds.) *Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura*. Planaltina: EMBRAPA/CPAC, p. 351-371, 1998.
- Zak, M. R.; Cabido, M. Spatial patterns of the Chaco vegetation of central Argentina: integration of remote sensing and phytosociology. **Applied Vegetation Science**, v. 5, p. 213-226, 2002.