



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Cobertura Vegetal no Estado de Pernambuco Sob Distintos Regimes de Precipitação Pluvial

Milena Dutra da Silva¹; Josiclêda Domiciano Galvêncio²; Rejane Magalhães de Mendonça Pimentel³; José Augusto Ribeiro da Silveira⁴

¹Universidade Federal da Paraíba. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Professora visitante, Programa Nacional de Pós-Doutoramento (PNPD/CAPES). Autor para correspondência (dutra_ms@hotmail.com).

²Universidade Federal de Pernambuco. Departamento de Ciências Geográficas. (josicleda@pq.cnpq.br).

³Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Biologia. (pimentel@db.ufrpe.com.br).

⁴Universidade Federal da Paraíba. Departamento de Arquitetura e Urbanismo. (ct.laurbe@gmail.com).

Artigo recebido em 20/12/2013 e aceito em 05/05/2014.

RESUMO

A cobertura da vegetação indica a quantidade de biomassa que recobre o solo e é uma informação mais relevante que a densidade ou frequência dos indivíduos vegetais. A precipitação pluvial atua como regulador da dinâmica de ocupação vegetal, influenciando na sua espacialização e densidade. Este estudo analisou o comportamento da cobertura vegetal em uma área do agreste pernambucano, em dois períodos distintos de concentração pluvial ao longo do ano, através de dados de acúmulo diário de precipitação para a distinção dos períodos. Imagens do satélite CBERS-2/CCD, de épocas distintas, foram processadas e analisadas com técnica de componentes principais para detecção de mudanças (perda e/ou ganho de vegetação) na paisagem entre os períodos e estimado IVDN para a confirmação da presença e densidade da vegetação. O comportamento da vegetação mostrou relação linear com a precipitação, apresentando paisagem distinta entre os períodos de estiagem e posterior à máxima de precipitação pluvial.

Palavras-chave: paisagem; estiagem; vegetação; Brejo da Madre de Deus.

Vegetation Cover in Pernambuco State Under Distinct Pluvial Precipitation Regimes

ABSTRACT

The vegetation cover indicates the amount of biomass that covers the ground and this information is most relevant than the density or frequency of plant individuals. The pluvial precipitation acts as a regulator of vegetation occupation dynamic influencing its distribution and density. This study analyzed the performance of the vegetation cover in an "agreste" area in Pernambuco State, in two distinct periods of pluvial concentration during a year using data of diary accumulation of precipitation to distinguish the periods. Images of CBERS-2/CCD satellite, from distinct periods, were processed and analyzed using the principal component technique to detect changes (lost and/or gain of vegetation) in the landscape among periods, and estimated the NDVI, to confirm the presence and density of the vegetation. The performance of the vegetation showed a linear relation with the precipitation characterizing distinct landscapes among dry periods and after rainiest days.

Keywords: landscape, drought, vegetation, Brejo da Madre de Deus.

Introdução

A cobertura da vegetação indica a quantidade de biomassa que recobre o solo e é uma informação mais relevante que a densidade ou frequência dos indivíduos

vegetais. Indica, também, a quantidade de água, luz, CO₂ e nutrientes que a vegetação utiliza na produção da biomassa. Conseqüentemente, o estudo do comportamento da cobertura vegetal,

especialmente em áreas com grandes oscilações na disponibilidade de água, contribui, sobretudo, para futuras ações de conservação e/ou manejo das espécies.

O agreste pernambucano abrange uma área equivalente a 24,8% do estado e está situado entre o Sertão e a Zona da Mata, uma região de transição, com características variadas de solo, clima e vegetação (PERH/PE, 1998).

A mesorregião agreste apresenta cinco meses com concentração de precipitação pluvial por ano, sendo máxima nos meses de março e abril, decorrente do deslocamento para o sul da Zona de Convergência Intertropical (UVO, 1989; PERH/PE, 1998). Outro fator influente neste regime de precipitação pluvial é o sistema atmosférico de escala sinótica, os vórtices ciclônicos da alta troposfera, que se originam sobre o oceano Atlântico Sul, se formam próximo à costa leste da região Nordeste do Brasil, no período entre novembro e abril (KOUSKY e GAN, 1981).

O município do Brejo da Madre de Deus está inserido nesta mesorregião, apresentando paisagem típica do semiárido nordestino, com superfície de pediplanação bastante monótona, relevo predominante suave-ondulado, cortado por vales estreitos, com vertentes dissecadas. Elevações residuais, cristas e/ou outeiros definem a linha do horizonte. A vegetação é basicamente constituída por caatinga hiperxerófila com

trechos de floresta caducifólia (BRASIL, 2005).

Brejo da madre de Deus possui, ainda, em áreas diminutas, uma vegetação exuberante em altitude superior a 700 m denominada brejo de altitude, distinta da vegetação de caatinga circundante (RODRIGUES, 2008). Esta diferenciação é favorecida pelo relevo, que funciona como barreira contra os ventos úmidos, reduzindo a temperatura e propiciando a formação de nevoeiros e chuvas que desencadeiam maiores umidade e índice pluviométrico, favoráveis ao desenvolvimento de uma vegetação de brejo. Esta vegetação possui características inerentes à mata atlântica e à caatinga, com florestas caducifólias ou subcaducifólias, até matas subperenes com espécies perenifólias (LINS, 1989).

Ressalta-se que as espécies que constituem o tipo vegetacional predominante em Brejo da Madre de Deus apresentam caracteres anatômicos, morfológicos e funcionais adaptados a um ambiente com intensa radiação solar, baixo teor de umidade e precipitações escassas e irregulares, devido ao seu marcante desempenho na presença de água disponível, apresentando, em sua dinâmica, uma resposta fortemente relacionada à variabilidade dos fenômenos meteorológicos atuantes sobre ela (BRAGA et al., 2003; RIBEIRO et al., 2007).

Uma das estratégias de fácil percepção apresentada por muitas espécies que compõem a caatinga é a caducifolia, a qual

consiste na perda da folhagem no início da época seca como uma alternativa para evitar a perda excessiva de água para o ambiente através da evapotranspiração, modificando fortemente a paisagem (ANDRADE-LIMA, 1981).

Nos últimos anos, com o avanço tecnológico, foram desenvolvidos sensores de alta resolução capazes de permitir o monitoramento da resposta espectral da vegetação, possibilitando o acompanhamento de transformações ocorridas na paisagem. A resposta espectral detectada por esses sensores na região do visível e no infravermelho próximo informam sobre a reflectância da superfície vegetada, possibilitando identificar e mapear áreas de cobertura vegetal em diferentes períodos de concentração de precipitação pluvial (PARKINSON, 1997).

A avaliação da condição da vegetação no ambiente pode ser realizada através de índices de vegetação, sobretudo através do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN), o qual indica a quantidade de biomassa verde, os parâmetros de crescimento e o grau de desenvolvimento das plantas (JUNGES et al., 2007). Este índice reduz os efeitos de diferença de iluminação, sombra, atenuação atmosférica e variação topográfica (HUETE et al., 2002).

Séries temporais e espaciais de IVDN têm sido utilizadas em diferentes áreas do planeta para a identificação e classificação da vegetação, para a caracterização da sua

dinâmica e aquisição das respostas à precipitação pluvial (BRAGA et al., 2003).

A influência da precipitação pluvial sobre a dinâmica de ocupação vegetal pluvial pode ser identificada mediante a aplicação da técnica de Componente Principais em imagens com valores matriciais de épocas distintas do ano (TOWNSHEND et al., 1985; EASTMAN e FULK, 1993). Diversos estudos afirmam que essa técnica é um indicador potencial de mudanças sazonais da vegetação, cujos valores são influenciados por eventos periódicos e não periódicos (NICHOLSON e FARRAR, 1994; ALMEIDA, 1997; BARBOSA, 1998; GUTMAN e IGNATOV, 1998; BRAGA, 2000; BRAGA et al., 2003).

O objetivo deste estudo foi analisar a mudança ocorrida na paisagem em consequência da variação na precipitação pluvial na dinâmica de ocupação vegetal no município do Brejo da Madre de Deus-PE, em períodos distintos do ano.

Material e Métodos

O município de Brejo da Madre de Deus está localizado na mesorregião Agreste e na microrregião Vale do Ipojuca do Estado de Pernambuco (Fig. 1), limitado, ao norte, pelos municípios de Santa Cruz do Capibaribe e Taquaritinga do Norte; ao sul, por Belo Jardim, Tacaimbó e São Caetano; ao leste, por Caruaru e Toritama e, ao oeste, por Jataúba (BRASIL, 2005). A altitude aproximada da sede do município é de 627 m, localizado nas

coordenadas $08^{\circ}08'45''\text{S}$ e $36^{\circ}22'16''\text{W}$, distando 202,2 km da capital, Recife-PE. O município apresenta vegetação de brejo e caatinga e está inserido nos domínios da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe (BRASIL, 2005). A área apresenta Patamares Compridos e Baixas Vertentes, com relevo suave ondulado, Planossolos mal drenados, fertilidade natural média e problemas com acúmulo de sais; Topos e Altas Vertentes com solos Brunos não Cálcicos, rasos e fertilidade natural alta; Topos e Altas Vertentes do relevo ondulado com solos Podzólicos drenados, com fertilidade natural média, e as Elevações Residuais com solos Litólicos

rasos, pedregosos e fertilidade natural média (BRASIL, 2005). O clima é do tipo Tropical Semiárido com chuvas de verão; o período chuvoso se inicia em novembro e termina em abril, com precipitação média anual de 431,8 mm e temperatura média anual de 22°C (BRASIL, 2005).

Na ausência de dados para o Município do Brejo da Madre de Deus foram utilizados os valores de acúmulo diário da pluviosidade, dos anos de 2005 e 2006, disponibilizados pelo CPTEC/INPE (2009), do município mais próximo à área de estudo, Caruaru-PE.

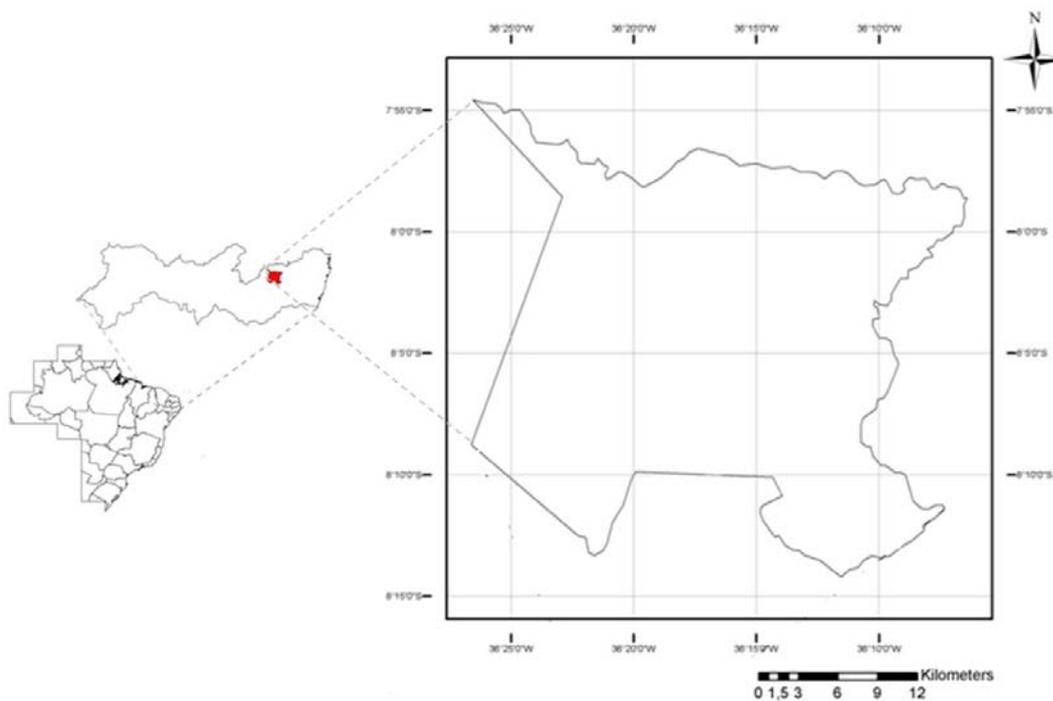


Figura 1. Localização do Município do Brejo da Madre de Deus, Pernambuco, Brasil.

Visando identificar as mudanças ocorridas na paisagem foi utilizado o método de Análise de Componente Principal (ACP) em imagens CBERS-2/CCD, correspondentes às datas de 02 de novembro de 2005 (período

de estiagem) e de 20 de julho de 2006 (período úmido, após máximas de precipitação pluvial) e determinadas e mapeadas as situações de Ganho e Perda de vegetação no sítio analisado.

Resultados e Discussão

Brejo da Madre de Deus apresentou comportamento distinto quanto ao acúmulo de precipitação pluvial ao longo dos anos de 2005 e 2006 (Fig. 2). Em 2005, as chuvas mostraram distribuição homogênea ao longo do ano, sobretudo entre março e julho, porém, os valores de acúmulos diários não ultrapassaram 10 mm.dia⁻¹; destacaram-se os valores 36 e 67 mm.dia⁻¹ em março e junho, respectivamente (Fig. 2). Em 2006, as chuvas apresentaram distribuição concentrada em poucos dias, porém com valores mais expressivos (≥ 50 mm.dia⁻¹) de acúmulo diário comparado ao ano anterior. As

variações máximas para valores diários de precipitação foram de 50 mm.dia⁻¹ em fevereiro, 94 mm.dia⁻¹ em maio e 80 mm.dia⁻¹ em junho.

De acordo com Berlato e Fontana (2003) e o Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (CIRAM) (2009), o El Niño foi um dos fenômenos climatológicos atuantes em 2005 e 2006. A ocorrência de menores valores de precipitação pluvial diária, ocorridos ao longo de 2005 e 2006 (a partir de agosto) pode estar correlacionada com a atuação desse fenômeno (GALVÍNCIO, 2000).

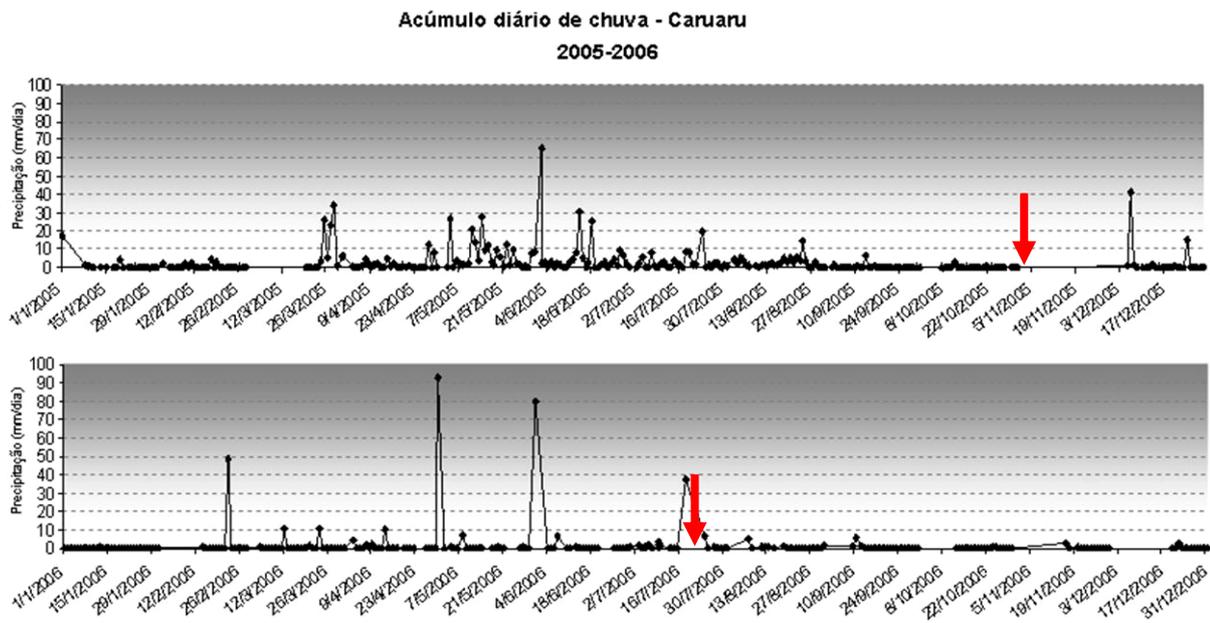


Figura 2. Acúmulo diário de precipitação pluvial em 2005 e 2006 para Caruaru plotados a partir de dados fornecidos pelo CPTEC/INPE (2009) (seta). Setas, data das imagens do satélite CBERS-2/CCD adquiridas para análise da influência da precipitação sobre a dinâmica espacial de vegetação nos períodos de estiagem e úmido.

O regime de precipitação pluvial exerce grande influência sobre a fenologia das espécies vegetais, modificando a paisagem devido às respostas apresentadas pela

vegetação frente às oscilações pluviais. Em regiões semiáridas, onde a escassez hídrica é intensa, a transformação ocorrida na paisagem pode ser decorrente de espécies vegetais cujos

indivíduos foram suprimidos como consequência da susceptibilidade a uma restrição hídrica ou, ainda, em função de mecanismos de adaptação a essa condição, como a caducifolia (SAMPALIO e RODAL, 2000).

A utilização da ACP das imagens do CBERS-2/CDD permitiu detectar situações de mudança (Ganho e Perda) e de não mudança na paisagem quanto à presença de vegetação em Brejo da Madre de Deus após máximas de precipitação pluvial (Fig. 2).

Com relação às mudanças ocorridas com a paisagem relacionadas com a chuva, Braga et al. (2003) observaram que a vegetação de caatinga atinge o valor máximo de vigor e densidade (ganho) em apenas um mês após grandes precipitações pluviométricas. Em estudo com vegetação caducifólia, realizado por Amorim et al. (2009), foi observada uma alta correlação da formação de folhas (ganho) após as máximas de precipitação pluviométrica.

Visto que a banda CCD-3/CBERS compreende o intervalo da faixa espectral no visível de 0,63 - 0,69 μm , com grande influência da pigmentação (quantidade e qualidade) do vegetal sobre o seu

comportamento espectral (INPE 2006), ela auxilia na identificação da presença de vegetação.

Na situação de mudança observada na ACP da sobreposição da banda CCD-3/CBERS, a área de ganho de vegetação foi identificada e classificada quanto à sua presença (Ganho 1) e densidade (Ganho 2) (Fig. 3A). O “Ganho 1” representa o acréscimo de cobertura vegetal verde e sadia posterior às máximas de precipitação pluvial, uma vegetação inexistente ou praticamente imperceptível no período de estiagem, correspondendo a 220,552 km^2 . O “Ganho 2” representa um acréscimo de vegetação quanto à densidade, em lugares com altitude superior a 600 m (Fig. 3B), e quanto à presença, em lugares menos elevados, recobrando uma área de 192,415 km^2 . A presença/acréscimo de vegetação detectada em “Ganho 2” é, possivelmente, decorrente da presença de indivíduos com baixa densidade foliar que têm o seu comportamento espectral influenciado, também, pelo solo (*background*) e/ou pelo substrato de qualquer tipo.

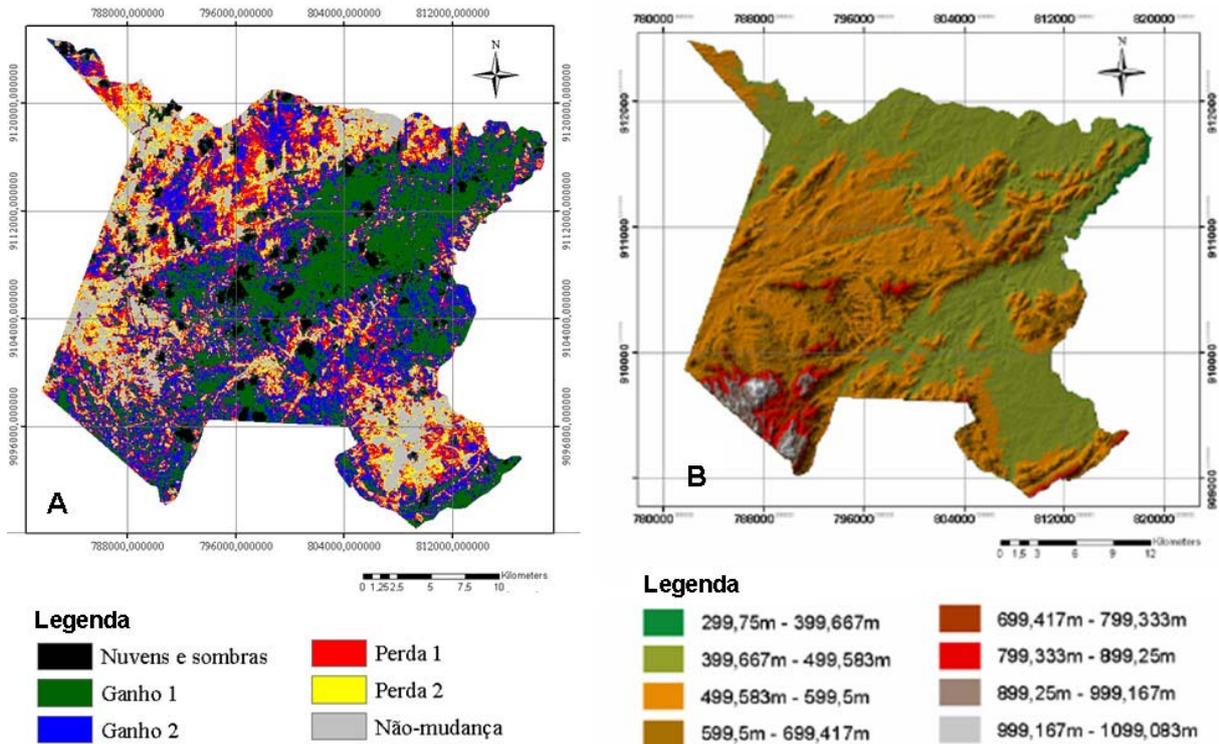


Figura 3. Brejo da Madre de Deus, Pernambuco. A. Imagem gerada a partir de dados de componentes principais da sobreposição da banda CCD-3/CBERS do período de estiagem e do período posterior às máximas de precipitação pluvial. B. Mapa hipsométrico (Fonte: SILVA et al., 2008).

A condição de mudança indicada pela “Perda” de vegetação foi identificada em áreas onde a cobertura vegetal foi suprimida na imagem do período após concentração pluvial. Esta situação está representada pela “Perda 1” (146,24 km²) e “Perda 2” (87,72 km²) (Fig. 3A), sendo a última mais amena, próxima à situação de não-mudança. Aparentemente, as perdas apresentadas não estão relacionadas à precipitação, cujos valores não foram elevados o suficiente para impactar a paisagem com inundações e/ou erosões, causando uma supressão de áreas com vegetação. De acordo com Maldonado (2004), as perdas podem estar associadas à urbanização, pavimentação e degradação,

entre outros. Além disso, podem, ainda, existir, nestas áreas de “Perda”, espécies que, de acordo com Amorim et al. (2009), apresentem ciclo fenológico caracterizado pela perda de folhas coincidentes com o início e/ou aumento da precipitação pluvial.

A ACP da sobreposição de períodos distintos da banda CCD-4/CBERS também indicou áreas de mudança (Perda e Ganho) e não-mudança de cobertura vegetal na paisagem (Fig. 4A), assim como ocorreu com a banda CCD-3/CBERS, porém com resultados variados.

A situação de “Ganho 1” (174,79 km²) indica acréscimo de vegetação verde posterior à concentração pluvial (Fig. 4A). As áreas em

Brejo da Madre de Deus que apresentaram esta condição de mudança são correspondentes às áreas de maior altitude (Fig. 4B), por conseguinte, apresentam maior umidade (LINS, 1989). Próxima a essas áreas existe a situação de “Ganho 2” (98,80 km²)

(Fig. 4A), com a mesma configuração geográfica, porém, com menores vigor e densidade vegetal confirmados, posteriormente, pelos valores de IVDN nas referidas áreas (Fig. 5A-B).

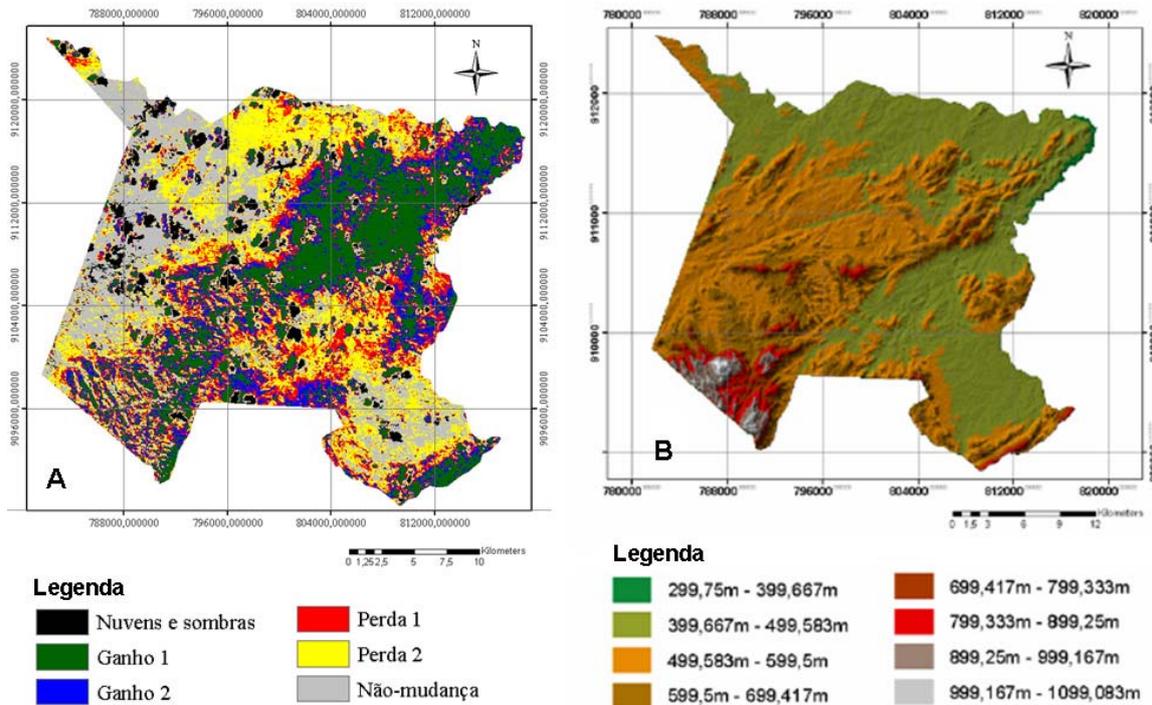


Figura 4. Brejo da Madre de Deus, Pernambuco. A. Imagem gerada a partir de dados de componentes principais da sobreposição da banda CCD-4/CBERS do período de estiagem e do período posterior às máximas de precipitação pluvial. B. Mapa hipsométrico (Fonte: SILVA et al., 2008).

As perdas detectadas (“Perda 1” 182,51 km² e “Perda 2” 119,26 km²) (Fig. 4A) na análise de componentes principais da banda CCD-4/CBERS foram maiores que aquelas detectadas para a banda CCD-3/CBERS. Estes aumentos são decorrentes das características da banda CCD-4/CBERS, correspondendo ao intervalo da faixa espectral no infravermelho de 0,77 - 0,89 μm, com grande influência da arquitetura foliar do vegetal sobre o seu comportamento

espectral (INPE 2006). Esta característica da CCD-4/CBERS torna esta banda mais sensível para a identificação de árvores, devido a rugosidade das copas, dependente das espécies vegetais presentes.

Ao utilizar a ACP para a detecção de mudança na paisagem do semiárido brasileiro, Maldonado (2003) observou que os dados obtidos do processamento da banda TM-4/LANDSAT (correspondente à banda CCD-4/CBERS) não representavam a realidade

para a vegetação de caatinga, indicando o uso da banda TM-3/LANDSAT (correspondente à

banda CCD-3/CBERS) por apresentar cerca de 70% de precisão.

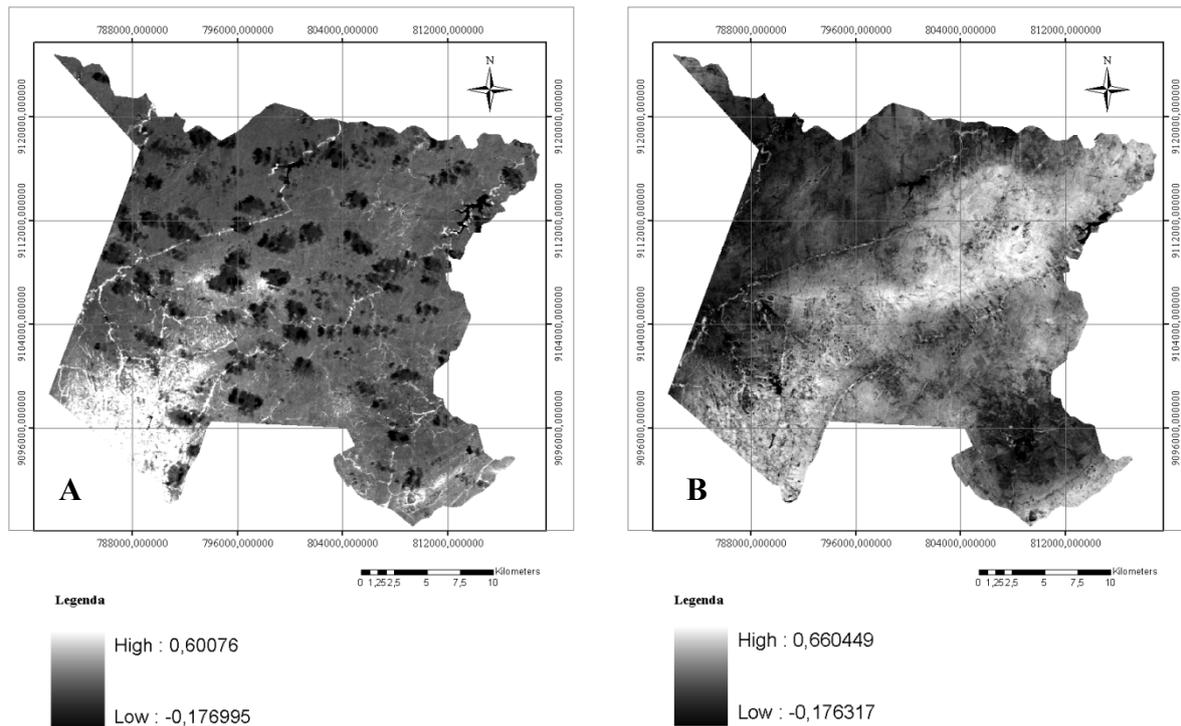


Figura 5. Brejo da Madre de Deus, Pernambuco. Imagens geradas a partir de valores do índice de Vegetação pela Diferença Normalizada (IVDN). A. IVDN do período de estiagem. B. IVDN do período posterior às máximas de precipitação pluvial.

O aumento da cobertura e densidade vegetal após máximas de precipitação observadas neste estudo corrobora outros autores, os quais, ao estudarem o tempo de resposta da vegetação às variabilidades sazonais, observaram que a presença e a densidade de vegetação aumentam com as chuvas e correspondem ao início do ciclo fenológico das espécies (BRAGA et al., 2003; AMORIM et al., 2009). À medida que as chuvas vão diminuindo, ao longo dos meses do ano, áreas com vegetação são reduzidas (ausência de indivíduos e/ou folhas) em função da resposta da cobertura vegetal ao estresse hídrico. A ausência de indivíduos nestas condições, em vegetação de caatinga,

em geral é consequência da perda de folhas e “morte aparente” das plantas pela ausência de folhas e coloração escura (diferentes tons de marrom) dos ramos. A presença e alteração na densidade de plantas se deve, nesta vegetação, pelo desenvolvimento de folhas após as primeiras precipitações, alterando completamente a paisagem em poucas horas/dias, dependendo da espécie vegetal.

A comparação de imagens com valores de IVDN da área de estudo de períodos distintos (Fig. 5A-B) reforçam as análises de componentes principais. Essas imagens permitem a identificação de áreas com vegetação, para as quais é encontrada uma variação entre 0,100 e 0,600 de IVDN,

com valores mais elevados associados a um maior vigor e densidade da cobertura vegetal (LOURENÇO e LANDIM, 2004).

Liu et al. (1994), trabalhando com dados de imagens de satélites meteorológicos para o continente americano, indicaram a dependência da cobertura da vegetação da variabilidade interanual da precipitação. Isto foi confirmado por Nicholson e Farrar (1994) em uma análise da dinâmica de ocupação vegetal na região do Sahel (África). Estes autores afirmam que existe uma relação linear entre o IVDN e as precipitações, desde que não ultrapassem os 500 mm.ano⁻¹.

Considerações Finais

No município do Brejo da Madre de Deus a paisagem é influenciada pelo regime de precipitação pluvial, mostrando distinta condição da vegetação entre os períodos de estiagem e posterior a uma máxima de precipitação pluvial.

A análise de componentes principais da sobreposição da banda CCD-3/CBERS de períodos distintos de precipitação revelou grande eficiência para a identificação de mudanças na vegetação. Esta banda apresentou uma alta sensibilidade para a detecção de vegetação, sobretudo em áreas com menor altitude. A mesma análise com a utilização de imagens sobrepostas da banda CCD-4/CBERS revelou, também, sua eficiência para a detecção de mudanças na paisagem, porém com um melhor resultado na identificação de ganho de vegetação em

função do aumento de precipitação em áreas com altitude superior a 500 m.

Os resultados auxiliam no gerenciamento de ecossistemas dominantes em Brejo da Madre de Deus com domínio e espacialização da cobertura vegetal regulados, sobretudo, pela precipitação pluvial.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo fomento à pesquisa e concessão de bolsas de estudo. Josiclêda Domiciano Galvêncio e Rejane Magalhães de Mendonça Pimentel são Bolsistas de Produtividade do CNPq.

Referências

- Almeida, S.A.O. 1997. Determinação de redução de umidade superficial na região dos cerrados com imagens AVHRR/NOAA e precipitação pluviométrica. Brasília: UNB. Tese (Doutorado em Ecologia), Universidade de Brasília, 316p.
- Andrade-Lima, D. 1981. The caatinga dominium. Rev. Bras.Bot., 2(4): 149-153.
- Amorim, I.L.; Sampaio, E.V.S.B.; Araújo, E.L. 2009. Fenologia de espécies lenhosas da caatinga do Seridó, RN. Rev. Árv., 33(3): 491-499.
- Barbosa, A.H. 1998. A Análise espaço-temporal de índice de vegetação normalizado AVHRR/NOAA e precipitação na região

nordeste do Brasil em 1982-1985. São José dos Campos: INPE, 1998, Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto), Instituto de Pesquisas Espaciais, 163p.

Berlato, M.A.; Fontana, D.C. 2003. El Niño e La Niña: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul; aplicações de previsões climáticas na agricultura. Porto Alegre: UFRGS, 110p.

Braga, C.C. 2000. Inter-Relações entre Padrões de Índice de Vegetação e de pluviometria no Nordeste do Brasil. Campina Grande: UFPB. Tese (Doutorado em Recursos Naturais), Universidade Federal da Paraíba, 124p.

Braga, C.C.; Brito, J.I.B.; Sansigolo, C.A.; Rao, T.V.R. 2003. Tempo de resposta da vegetação às variabilidades sazonais da precipitação no Nordeste do Brasil. Rev. Bras. Agromet., 11(1): 149-157.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia/CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Diagnóstico do município de Brejo da Madre de Deus, estado de Pernambuco. Editores: Beltrão, B.A.; Mascarenhas, J.C.; Miranda, J.L.F.; Souza Junior, L.C.; Galvão, M.J.T.G. E Pereira, S.N. 2005. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Recife: CPRM/PRODEEM, 21p.

CIRAM. Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina. Disponível em: <http://ciram.epagri.rct-sc.br/portal/index.jsp?url=jsp/institucional/institucional.jsp&tipo=institucional>. Acesso em 31 de outubro de 2009.

CPTEC/INPE. Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: <http://satelite.cptec.inpe.br>. Acesso em 01 de janeiro de 2009.

Eastman, J.R.; Fulk, M. 1993. Long sequence time series evaluation using standardized principal components. Photog. Eng. e Rem. Sens., 59(9): 1307-1312.

Galvêncio, J.D. 2000. Impactos dos eventos El

niño na precipitação da bacia do rio São Francisco. Campina Grande. UFPB. 72p.

Gutman, G.; Ignatov, A. 1998. The derivation of the green vegetation fraction from NOAA/AVHRR data for use in numerical weather prediction models. Int. J. of Rem. Sens., 19(8): 1533-1543.

Huete, A.R. 2002. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. Rem. Sens. Envir., 83(1-2):195-213.

INPE. Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/n-index.php>. Acesso em 20 de setembro de 2006.

Junges, A.H.; Alves, G.; Fontana, D.C. 2007. Estudo indicativo do comportamento do NDVI e EVI em lavouras de cereais de inverno da região norte do Estado do Rio Grande do Sul, através de imagens MODIS. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Florianópolis, Brasil. Anais. INPE, pp. 241-248.

Kousky, V.E.; Gan, M.A. 1981. Upper tropospheric cyclonic vortices in the tropical South Atlantic. Tellus, 33(6): 538-551.

Lins, R.C. 1989. As áreas de exceção do agreste de Pernambuco. SUDENE/PSU/SER. Série Estudos Regionais. Recife, 402 p.

Liu, W.T.H.; Massambani, O.; Nobre, C.A. 1994. Satellite recorded vegetation response to drought in Brasil. Int. J. Climat., 14(4): 342-354.

Lourenço, R.W.; Landim, P.M.B. 2004. Estudo da variabilidade do “índice de vegetação por diferença normalizada/NDVI” utilizando krigagem indicativa. H. Environ., 4(1):38-55.

Maldonado, F.D. 2004. Desenvolvimento e avaliação de uma metodologia para detecção de mudanças na cobertura vegetal do semiárido. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 129p.

- Nicholson, S.E.; Farrar, T.J. 1994. The influence of soil type or the relationships between IVDN, rainfall and soil moisture in semi-arid Bostswana. *Rem. Sens. of Environ.*, 50(1): 107-120.
- Parkinson, C.L. 1997. *Earth from above*, Sansalito: University Sciences Books: Lund University, p. 107-111.
- PERH/PE. 1998. Secretaria de Recursos Hídricos/Pernambuco: Plano Estadual de Recursos Hídricos. Documento Síntese; 263p.
- Ponzoni, F.J. 2001. Comportamento espectral da Vegetação. In: *Sensoriamento Remoto – Reflectância dos Alvos Naturais*. Editores: Meneses, P.R. e Madeira Netto, J.S. Universidade de Brasília – UnB. Embrapa Cerrados. Brasília, DF. pp. 157-199.
- Ribeiro, M.G.; Tanajura, E.L.X.; Centeno, J.A.S. 2007. Monitoramento de período de seca utilizando subtração de imagem NDVI: Estudo de caso do Reservatório do Irai-PR. *Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Florianópolis, Brasil. INPE. pp. 1055-1062.
- Rodrigues, P.C.G. 2008. *Ecologia dos Brejos de Altitude do Agreste Pernambucano*. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Monografia, 42p.
- Sampaio, E.; Rodal, M.J. 2000. Fitofisionomias da caatinga. In: *Avaliação e identificação de ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade do bioma caatinga*. Documento para discussão no GT Botânica. Petrolina. pp. 2-14.
- Silva, M.D.; Galvêncio, J.D.; Pimentel, R.M.M. 2008. Diagnóstico de ocupação vegetacional do município de Brejo da Madre de Deus, Pernambuco, Brasil, através do sensoriamento remoto. *Rev. Bras. Geo. Física*, 1: 15-29.
- Townshend, J.R.G.; Goff, T.E.; Tucker, C.J. 1985. Multitemporal dimensional images of normalized difference vegetation index at continental scales. *IEEE Trans. on Geosci. and Rem. Sens.*, 23(6): 888-895.
- Turck, C.J. 1979. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Rem. Sens. of Environ.*, 8(2): 127-150.
- Uvo, C.R.B. 1989. *Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e sua relação com a precipitação da região norte do Nordeste do Brasil*. São José dos Campos: INPE. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Curso de Pós-Graduação em Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 82 p.