

A caracterização do uso e ocupação do solo de uma zona semiárida entre 1993 a 2008 através da classificação supervisionada Maxver: o caso do município de Teofilândia, Bahia (BA)-Brasil

Characterization of soil use and occupation of a semi-arid area between 1993 and 2008 by means of the supervised classification Maxver: the case of the municipality of Teofilândia Bahia (BA)-Brasil

Oliveira Batista José Luiz¹ e Leal Santos Rosângela¹

Recibido: julio, 2011 / Aceptado: mayo, 2012

Resumen

O presente trabalho tem como objetivo identificar e classificar o uso e ocupação do solo do município de Teofilândia Bahia (BA) - Brasil entre os anos de 1993 a 2008, utilizando a classificação supervisionada Maxver para comparar o resultado da pós-classificação. Para tanto, foram utilizadas imagens do satélite Landsat 5TM de 1993, 1994, 2007 e 2008 da cena 216/68. As imagens foram processadas de acordo com as três etapas do processamento digital de imagens: pré-processamento, processamento e pós-processamento. Fez-se a correção atmosférica, registro, composição RGB (bandas 543), classificação Maxver. As técnicas empregadas identificaram as principais classes resultantes da dinâmica da cobertura e uso do solo do município: área urbana, água, pastagem, solo exposto e caatinga. Os resultados da classificação Maxver, comparando com a pós-classificação entre as imagens, mostraram mais influências da sazonalidade nas mudanças das classes de uso e ocupação do solo, do que os extremos do recorte temporal entre os anos analisados.

Palavras-chave: Classificação Maxver; pós-classificação; semiárido; processamento digital de imagem.

Abstract

This study aims to identify and classify the land use and occupation of the municipality of Brazil – Bahia (BA) Teofilândia between the years 1993 to 2008, using the maximum likelihood supervised classification to compare the result of post-classification. To this end, we used Landsat images 5TM 1993, 1994, 2007 and 2008, scene 216/68. The images were processed according to the three steps of digital image processing: preprocessing, processing and post-processing. Was made the atmospheric correction, register, composition RGB

¹ Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS-BA), Programa de Pós Graduação em Modelagem em Ciência da Terra e do Ambiente. Feira de Santana, Bahia-Brasil. Correo electrónico: betouefs@yahoo.com.br; rosangela.leal@gmail.com

(bands 543), Maxver classification. The techniques used identified the major classes resulting from the dynamics of land use and cover in the municipality: urban area, water, pasture, bare soil and caatinga vegetation. The results of Maxver classification compared to the post-classification between pictures, showed more influence of seasonal changes in the classes of use and occupation soil, than the extremes of temporal cutting between the years analyzed.

Key words: MaxVer classification; post-classification; semi-arid; digital image processing

1. Introdução

O ecossistema do semiárido brasileiro é complexo e essa complexidade se reflete nas formas de conceber e intervir nessa realidade. A vegetação com predominância de caatinga é uma expressão da adaptação ao clima, onde a escassez de chuvas se alia a uma irregular distribuição ao longo do ano, provocando assim o desenvolvimento de espécimes com diferentes graus de resistência xerófitas, bem como a outros fatores geo-ambientais representados pelo relevo, solo e outros organismos que caracterizam este ecossistema.

A diversidade biológica, principalmente na flora, as várias formas de manifestações culturais e até mesmo os diferentes micro-climas fazem do semiárido brasileiro uma região extremamente rica e com grande potencial para o desenvolvimento sustentável. Mas apesar de rica, a caatinga possui um ecossistema frágil e com demorada ou pouca capacidade de reconstituição. Esta fragilidade é decorrente dos próprios fatores climáticos e da pouca compreensão que se tem da natureza da região, o que leva a práticas e ações predatórias, às vezes, na busca de recursos imediatos para a sobrevivência da população ou pela ação predatória dos grandes grupos econômicos, na busca do lucro fácil.

A sazonalidade da região de clima semiárido, com duas estações bem definidas, uma seca e outra chuvosa, apresentam grandes alterações na paisagem de vegetação caatinga. Essas alterações são decorrentes da má distribuição da chuva durante o ano, onde se observa índices pluviométricos distintos entre as duas principais estações, verão e inverno, proporcionando rápidas respostas às mudanças ambientais.

O fator abiótico mais importante que influencia as características das plantas na caatinga, tais como a fenologia, é a disponibilidade de água (Sampaio, 1995). De maneira geral, na caatinga os padrões fenológicos predominantes são o brotamento e a floração coincidindo com o período das chuvas, a senescência foliar na estação seca e a época de frutificação ocorrendo de acordo com a síndrome de dispersão das espécies (Machado *et al.*, 1997; Barbosa *et al.*, 2003). No entanto, a fenologia da comunidade é organizada de forma que todas as fenofases possam ser observadas durante todo o ano. A família *Euphorbiaceae* é uma das mais representativas da caatinga em número de espécies (Sampaio, 1995) e são utilizadas como recurso para muitas espécies de polinizadores e de dispersores secundários, tais como as formigas.

A caatinga da área, de modo geral, é constituída por tipos que formam um revestimento baixo de vegetação arbustivo-arbórea, com folhas miúdas e hastes espinhentas adaptadas para conter os efeitos de uma evapo-transpiração muito intensa.

Diante das alterações paisagísticas ocorridas no bioma caatinga, busca-se identificar e classificar o uso e ocupação do solo do município de Teofilândia (Bahia) entre os anos de 1993 a 2008, utilizando a classificação supervisionada Maxver para comparar com a pós-classificação com o intuito de entender a dinâmica da vegetação caatinga em ambiente semiárido.

2. Localização e características da área de estudo

Este trabalho foi desenvolvido no município de Teofilândia, que dista 194 km da cidade de Salvador capital do estado da Bahia (Figura 1). Está situado no Polígono das Secas do estado, em uma área de clima semiárido, com a vegetação predominante de caatinga arbórea/arbustiva, sendo seu uso predominante para pastagens e, periodicamente, agricultura temporária. Nesta área predominam rochas e estruturas características dos domínios do embasamento, representados por gnaisses, granulitos, granitóides e metasedimentos, que forma um conjunto de rochas coerentes.

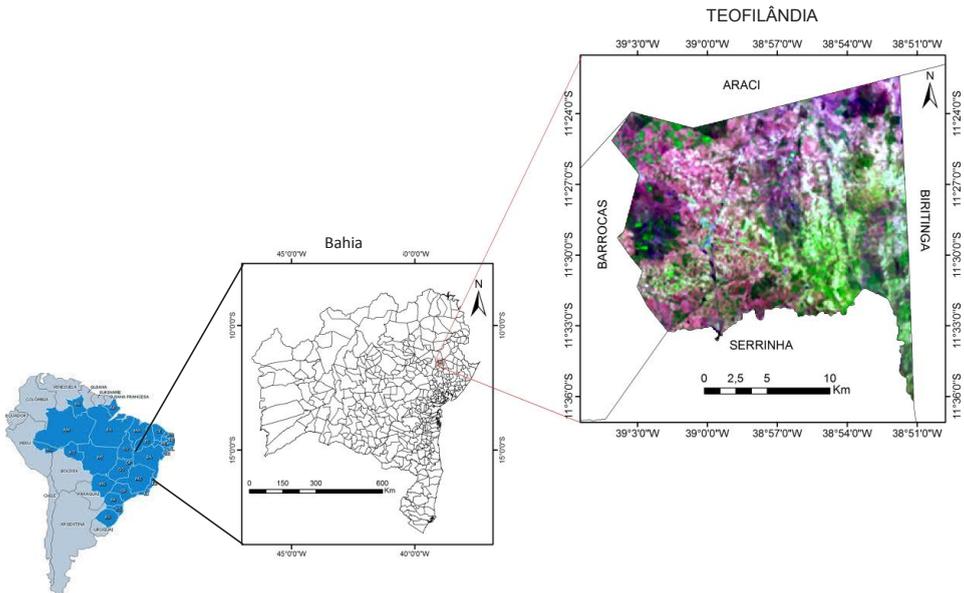


Figura 1. Localização da área de estudo. Fonte: Elaborado com base nos dados da SEI (2003)

3. Material e métodos

3.1 Materiais

Imagens de satélite do Landsat 5 TM de 10-12 de 1993, 06-07 de 1994, 15-01-2007 e 03-02 de 2008, cena 216/68 (órbita e ponta), com resolução espacial de 30 metros e temporal de 16 dias:

- Mapa digital do município de Teofilândia (SEI, SRH, 2003);
- Computadores e Softwares (*Idrisi Andes*, *Envi 4.4*, *Arc Gis 9.3* e *Spring 4.3.3*);
- GPS, câmera fotográfica digital.

3.2 Métodos

O sensoriamento remoto, com suas características sinópticas, multiespectrais e temporais, têm mostrado ser uma importante ferramenta no mapeamento, identificação e monitoramento de feições terrestres. Possibilitando obter informações sobre a cobertura de áreas, de maneira relativamente rápida, precisa e econômica (Matsukuma, 2002). Assim, partiu-se do pressuposto de se identificar e quantificar as mudanças do uso e cobertura do solo através do processo da classificação Maxver comparando com os resultados da pós-classificação.

Como critério para a seleção das imagens definiu-se um período superior a 10 anos entre as imagens, para avaliar a mudança no período. Como segundo critério, definiu-se também que cada imagem abrangesse respectivamente um período seco e um período úmido consecutivo,

para avaliar a variabilidade sazonal. Assim, buscou-se formar dois conjuntos de imagens, compondo uma variação temporal no período e uma variação temporal sazonal, formando assim um conjunto de quatro imagens. Segundo a disponibilidade das imagens do site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e a cobertura de nuvens, foram selecionadas as imagens 1993 (seco) / 1994 (chuvoso) e 2007 (seco) / 2008 (chuvoso), que, apesar de estarem em anos diferentes, correspondem aos períodos de variação sazonal consecutivos.

3.2.1 Algoritmos das classificações supervisionadas

A classificação de imagens se caracteriza por apresentar dois tipos de algoritmos estatísticos: supervisionada e não-supervisionada. A escolha de um ou outro método irá depender do objetivo do trabalho, tipo de imagem e conhecimento da área por parte do usuário. Levando-se em conta estes critérios, adotou-se aqui a classificação supervisionada. Este tipo de classificação depende que as amostras de treinamento sejam representativas das classes presentes na imagem. Assim, o algoritmo classifica os pixels, comparando-o exaustivamente com cada classe existente, baseado em sua média e variância para cada classe. As amostras de treinamento devem ser em número representativo e uniforme.

Segundo Jensen (1996), os algoritmos estatísticos de classificação supervisionada mais conhecida são: o método paralelepípedo que considera uma área na forma de quadrado ou paralelepípedo

ao redor da amostra de treinamento, os lados constituem os chamados limites de decisão; o método da distância mínima até a média que atribui cada pixel à classe cuja média é mais próxima dele; e o método da máxima verossimilhança que é um método de classificação supervisionado que estima o vetor médio da matriz de variância e covariância de cada classe, assumindo-se que a frequência de distribuição dos *pixels* de cada classe possua probabilidade de distribuição normal (Mather, 1999). Nesse método, a fase de treinamento é essencial para fornecer um conjunto de *pixels* representativos de cada alvo na imagem. Os *pixels* escolhidos devem representar fielmente suas respectivas classes (Moreira, 2005).

Entre os algoritmos da classificação supervisionada, classificação utilizada em nosso trabalho, o Máxima Verossimilhança é o mais difundido; ele pressupõe que os níveis de cinza de cada classe seguem uma distribuição normal multivariada. Este classificador avalia as probabilidades que um determinado pixel tem de pertencer às classes identificadas e o designa àquela cuja probabilidade é maior (Santos, 2005). Sendo assim, devido às vantagens referidas, este foi o método utilizado em nosso trabalho.

3.2.2 Algoritmo supervisionado da Máxima Verossimilhança

Entre os algoritmos utilizados em classificação supervisionada presentes na literatura, para este trabalho, foi escolhido o classificador da Máxima Verossimilhança (MaxVer) por este apresentar, de acordo com a pesquisa bibliográfica,

uma técnica mais robusta em relação aos outros algoritmos (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2001). Ele avalia a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes e o *pixel*, considerando a distribuição de probabilidade normal para cada classe (Ribeiro e Centeno, 2001). Além disso, de acordo com Crósta (1993), o método Maxver deve ser aplicado quando o analista conhece bem a imagem a ser classificada, para que possa definir classes que sejam representativas.

Assume-se que um vetor de observação X_i pertence à classe ω_i se a probabilidade que associa este *pixel* à classe X_i for maior do que a probabilidade que associa o *pixel* a qualquer outra classe (Moreira, 2005). Ou seja:

$$X_i \in \omega_i, \text{ se } P(\omega_i | X_i) > P(\omega_j | X_i) \text{ para todo } \omega_i \neq \omega_j \quad (01)$$

Para saber qual a probabilidade do *pixel* pertencer à determinada classe utiliza-se a seguinte equação:

$$P(\omega_i | X_i) = P(X_i | \omega_i) P(\omega_i) / P(X_i) \quad (02)$$

Onde:

$P(\omega_i)$ – é a probabilidade da classe ω_i ocorrer na imagem;

$P(X_i | \omega_i)$ - a probabilidade de um pixel da classe X_i pertencer a classe ω_i e

$P(X_i)$ - probabilidade do pixel X_i ocorrer na imagem.

O valor de $P(X_i | \omega_i)$ é geralmente obtido assumindo-se a distribuição normal para as classes. Por isso, as estimativas da mé-

dia e da matriz variância-covariância são fundamentais.

Como limiar de aceitação utilizou-se o valor de 99%, isto quer dizer que, todos os ‘pixels’ da distribuição de probabilidade classificados para uma dada classe, serão pertencentes a esta classe.

3.2.3 Classificações Maxver (1993, 1994, 2007 e 2008)

Na classificação supervisionada do uso e cobertura do solo utilizada nas quatro imagens selecionadas para este trabalho, foram identificadas e selecionadas cinco principais classes (água, área urbana, caatinga, pastagem e solo exposto). Ressalta-se que, destas classes, criou-se uma máscara para a área urbana, considerando-se o crescimento urbano pouco significativo, onde seu valor foi considerado constante em todo o período de análise.

As amostras foram analisadas onde se permitiu um grau de confusão entre

elas de, no máximo, 5% e um desempenho médio das amostras acima de 95%. Se a confusão entre classes fosse superior a 5%, as amostras eram deletadas e novas amostras coletadas e novamente analisadas, num processo iterativo, até que os valores apresentados fossem adequados aos critérios estabelecidos. Nas classificações utilizou-se um limiar de aceitação do Maxver de 95%. Após a classificação, as áreas não classificadas foram reamostradas, para cada classe específica, as amostras analisadas e a imagem novamente classificada. Este processo se repetiu até aproximadamente 95 % da imagem ter sido classificada, dentro dos critérios estipulados. Após obter estes limiares, realizou-se uma classificação Maxver com limiar de aceitação de 100% para que todos os pixels da imagem fossem classificados. Os procedimentos para as classificações seguiram os passos conforme o fluxograma da figura 2.

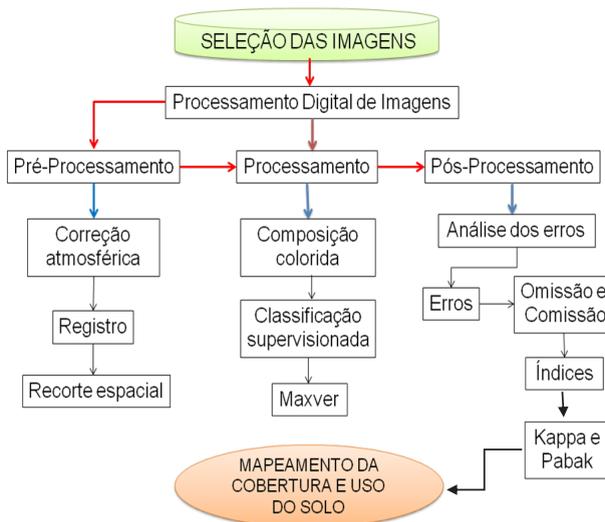


Figura 2. Fluxograma metodológico para a classificação de imagens

3.2.4 Pós-classificação

A pós-classificação é um tipo de técnica de detecção de mudanças que não utiliza comparações diretas imagem a imagem. Baseia sua etapa de detecção em comparações de resultados obtidos a partir de classificação realizada sobre as imagens originais. O uso dos resultados fica sempre restrito às classes inicialmente escolhidas, que são normalmente discretas, ou seja, os pixels classificados não guardam informações sobre a incerteza de sua classificação e conforme as probabilidades associadas às classes individuais, pequenas indicações de mudança poderão ser tratadas como estatisticamente não significantes (Kiel, 2008).

Utilizou-se a classificação da imagem de 2008 como referência em relação às demais, e obtiveram-se as alterações das classes entre as imagens dos quatro anos.

4. Resultados e discussão

As classificações dos quatro anos demonstram a disposição das principais classes de uso e ocupação do solo e os respectivos valores em km² das áreas das classes em cada ano estudado. A classificação do ano de 1993 (Figura 3), a classe que mais se destaca em termos de área é a de pastagem com 211 km². A segunda classe mais expressiva foi a de solo

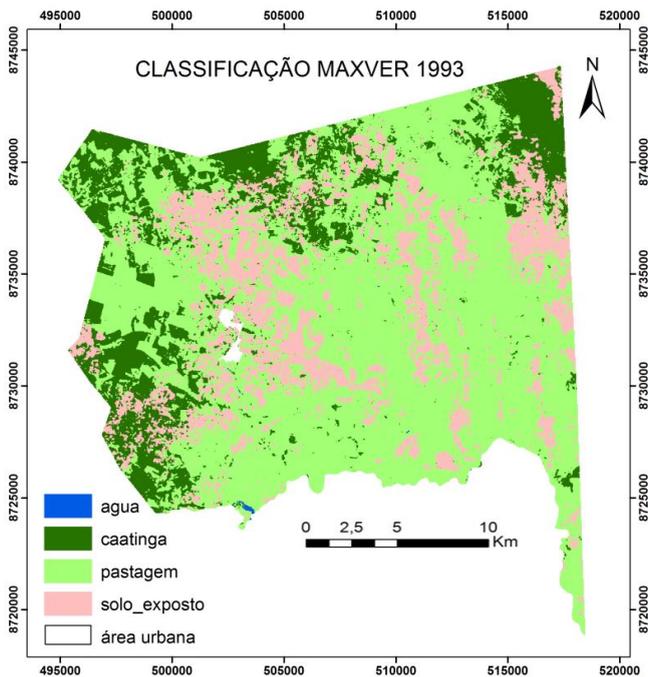


Figura 3: Classificação Maxver de 1993. Fonte: Elaboração própria

exposto que se encontra distribuída por quase toda a área do município; isto se deve principalmente por este ter sido um dos períodos mais secos nos últimos tempos na região com índice pluviométrico de 312,7 mm apenas (Hidroweb, 2010). Em seguida, a classe caatinga aparece em terceiro lugar em termo da área com 69 km². Registrando a menor porção do território; a classe água identificada nesta imagem possui apenas 0,22 km².

Ao contrário do ano anterior, que foi marcado por forte estiagem, na classificação do ano de 1994 (Figura 4), registrou-se considerável índice pluviométrico (804,5 mm) na região (Hidroweb,

2010). Devido a esta variedade no índice pluviométrico, as áreas das classes identificadas neste ano foram bastante alteradas em relação ao ano anterior. Uma das principais alterações diz respeito à classe de solo exposto que não foi identificada neste ano, passando a ser classificada como pastagem e caatinga. Isto foi possível porque a vegetação que estava seca e senescente classificada como solo exposto anteriormente, brotou e floresceu modificando as áreas para vegetação verde e alterando os valores de radiância na faixa do espectro eletromagnético, devido a atuação da clorofila das plantas. A caatinga e a pastagem passaram a possuir uma

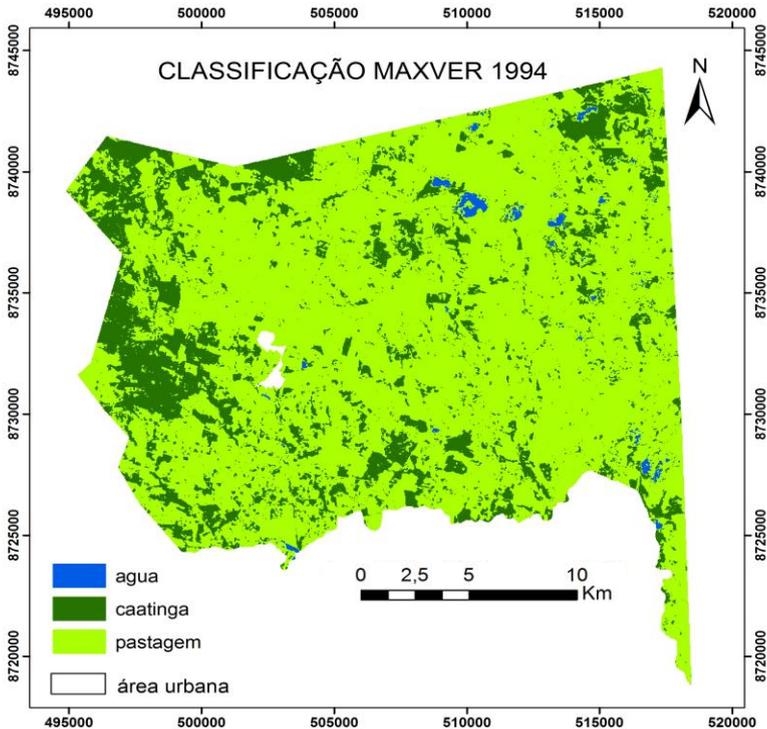


Figura 4. Classificação Maxver de 1994. Fonte: Elaboração própria

área de 76,5 km² e 276,5 km² respectivamente. A classe água aumentou sua área de 0,22 km² para 1,89 km².

A classificação de 2007 (Figura 5) apresenta as classes de solo exposto e caatinga com percentual de 26,16% e 17,68% respectivamente do total da área. Esses valores são referentes a um período que foi considerado seco para época, mas menos expressivo que o período registrado em 1993, por isso observa-se uma diferença, não muito extensa, entre as duas classificações. A classe pastagem apresentou mais da metade da área total com 200 km² de área. Esse menor valor em relação ao ano de 1994 se atribui a

não identificação da classe solo exposto em 1994, e ao reaparecimento dessa com um total de 93,4 km² em 2007, oriunda principalmente da classe pastagem.

Na classificação de 2008 (Figura 6), observa-se que o aumento ou a perda dos valores das áreas das classes em relação a 2007 foram pequenos. Na classe solo exposto foi apenas de 0,6 km². A pastagem aumentou em 0,44 km² de sua área anterior. As classes de caatinga e de água perderam 1 km² e 0,04 km² respectivamente do total de suas áreas quando comparado com a classificação feita em 2007. As pequenas alterações assinaladas nas classes se devem pela pequena

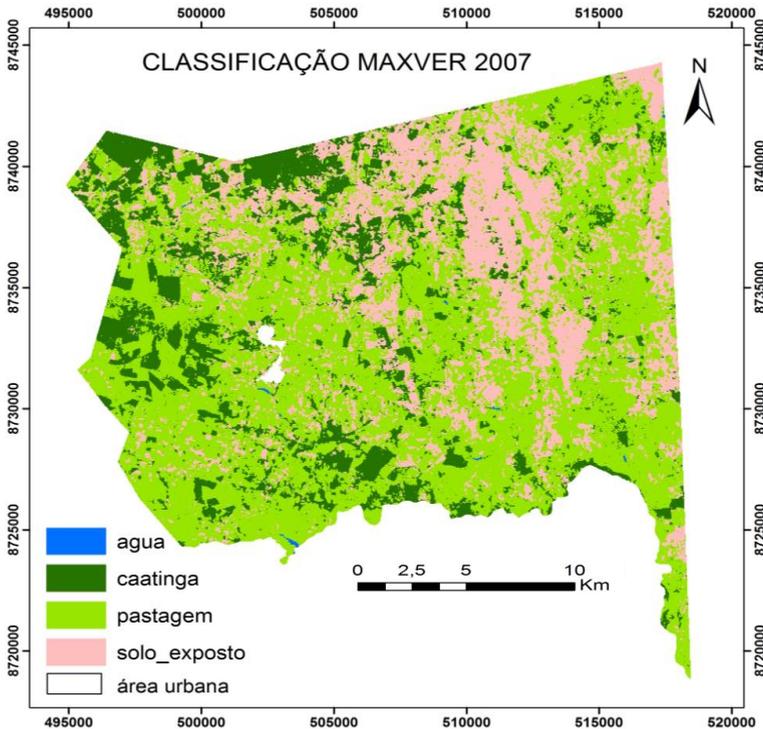


Figura 5. Classificação Maxver de 2007. Fonte: Elaboração própria

diferença temporal entre os anos e também pela pequena diferença pluviométrica (menos de 80 mm).

De acordo com as análises feitas sobre as classificações em cada ano, exceto para a classe área urbana que permaneceu com a mesma área, observa-se que a classe que mais variou no tamanho da área do período estudado (Figura 7), foi a classe de solo exposto. Enquanto em 1993 registrou-se 74,69 km² de área, no ano seguinte não foi classificada nenhuma área para esta classe, passando a ser classificada como caatinga e pastagem, principalmente esta última que após as precipitações na região fez o capim e

outros vegetais florescerem dando uma nova fisionomia paisagística, o que fez com que a reflectância dessas áreas passassem a ser consideradas como da classe pastagem e não mais de solo exposto. Nos anos posteriores (2007 e 2008), esta classe voltou a ser identificada e os valores das áreas mantiveram-se mais equilibrados com alteração de menos de 1 km² de área.

A segunda classe que mais alterou os valores de sua área foi a pastagem. Registrou-se 211 km² em 1993, enquanto que em 1994 o valor apresentado foi de 276,5 km². Neste caso, a classe que perdeu área foi a de solo exposto devido à pre-

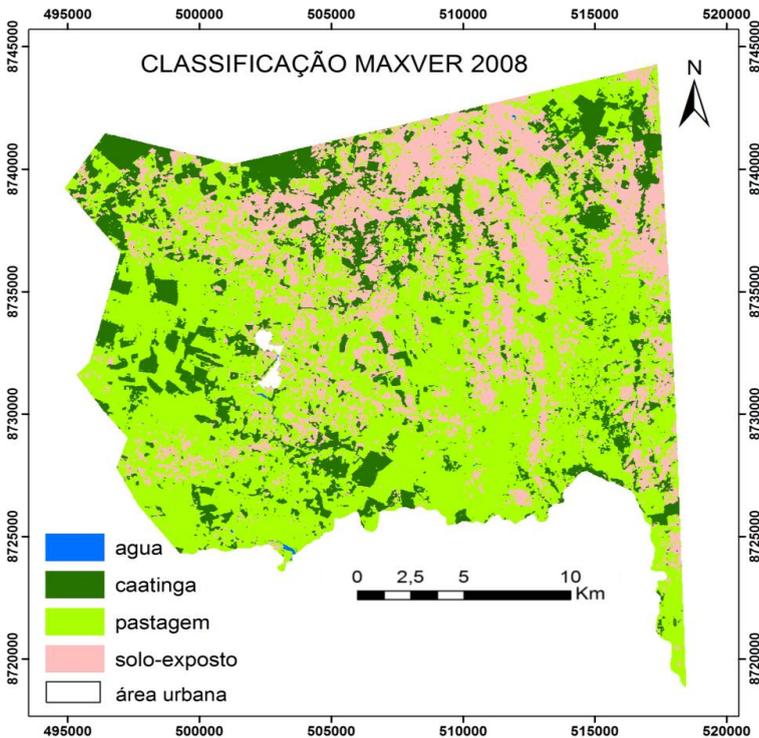


Figura 6. Classificação Maxver de 2008. Fonte: Elaboração própria

| Área das classes em 1993 | | Área das classes em 1994 | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Classes | Valor em km ² | Classes | Valor em km ² |
| Água | 0,22 | Água | 1,89 |
| Área urbana | 2,11 | Área urbana | 2,11 |
| Caatinga | 69 | Caatinga | 76,5 |
| Pastagem | 211 | Pastagem | 276,5 |
| Solo exposto | 74,69 | Solo exposto | 0 |
| Total | 357 | Total | 357 |

| Área das classes em 2007 | | Área das classes em 2008 | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Classes | Valor em km ² | Classes | Valor em km ² |
| Água | 0,49 | Água | 0,45 |
| Área urbana | 2,11 | Área urbana | 2,11 |
| Caatinga | 61 | Caatinga | 60 |
| Pastagem | 200 | Pastagem | 200,44 |
| Solo exposto | 93,4 | Solo exposto | 94 |
| Total | 357 | Total | 357 |

Figura 7. Área das classes das imagens nos quatros selecionadas

sença da chuva na área de estudo. A classe caatinga, terceira mais expressiva em termo de alteração no recorte temporal estudado, teve seu maior pico também nos anos entre 1993 (seco) e 1994 (chuvoso), aumentando sua área de 69 para 76,5 km² respectivamente. Ressalta-se, que esse aumento está relacionado com a mudança da radiância dos alvos nos dois períodos (seco e chuvoso), isso quer dizer que não houve aumento da área da vegetação caatinga neste período, mesmo porque o que ocorre é o contrário, ou seja, a caatinga vem perdendo sua área a cada ano devido à atuação predatória da sociedade. Na verdade o que houve foi que em 1993, além das áreas já consideradas de solo exposto, ocorreu uma forte estiagem na região, como isso, muitas áreas de vegetação caatinga e pastagem, por estarem

com as folhas secas e senescentes foram classificadas como solo exposto, voltando a serem classificadas como pastagem e caatinga no ano de 1994 (chuvoso), por isso essa alteração de ‘falso aumento’ da classe caatinga entre esses dois anos. Após o período chuvoso, o valor da nova classificação da classe caatinga decresce para 61 km² em 2007 e alterou menos de 0,1% de sua área na classificação de 2008.

A classe área urbana, por uma questão metodológica e por esta não apresentar uma expressiva dinâmica espaço-territorial no recorte temporal da área de estudo, foi considerada com o mesmo valor da área para os quatro anos. A classe água obteve alterações significativas em seu valor total, variou de 0,2 km² em 1993 para 0,45 km² em 2008. Dois fato-

res contribuíram diretamente para os aumentos registrados no período: primeiro, em 1993 registrou-se um período de estiagem prolongado e, segundo, durante este período aumentou o número de açudes e represas no município.

Deve-se ressaltar que, as alterações ocorridas entre as classes durante o recorte temporal analisado, não são decorrentes somente das mudanças da ocupação do solo de uma determinada área, mas também do uso desta. Por exemplo, uma área considerada solo exposto pode passar a ser usada como agricultura temporária ou pastagem no período chuvoso alterando a área desta classe e logo após o período úmido voltar a fazer parte da classe solo exposto.

5. Conclusão

Pode-se observar que as maiores alterações verificadas nos valores das áreas das classes, com exceção da classe área urbana que se manteve constante durante o período estudado, são mais expressivas quando comparado um ano seco com outro considerado chuvoso e não necessariamente quando comparado uma classificação pela outra, mesmo entre os anos extremos das classificações.

Dessa forma, em região semiárida, estudos da mudança de uso e ocupação do solo através de imagens de satélite com o uso das ferramentas do sensoriamento remoto, em períodos não muito longos, mostram que a sazonalidade pode apresentar mais influências nas mudanças das áreas das classes de uso e ocupação

do solo de uma determinada área, do que propriamente o recorte temporal entre os anos analisados.

6. Agradecimento

Agradeço a professora Rosângela Leal pelo compromisso e dedicação nas orientações. Agradeço também a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESP), pelo apoio financeiro concedido.

7. Referências citadas

- BARBOSA, D. C. A.; BARBOSA, M. C. A. e L. C. M. LIMA. 2003. Fenologia de espécies lenhosas de caatinga In: Leal IR, Tabarelli M, Silva JMC (Eds.). **Ecologia e conservação da Caatinga**. 657-693. Editora Universitária (UFPE). Recife (PE)-Brasil.
- CRÓSTA, Á. P. 1993. *Processamento Digital de Imagem de Sensoriamento Remoto*. IG/UNICAMP. Campinas-São Paulo (SP)-Brasil. 89 p.
- HIDROWEB – Sistema de Informações Hidrológicas. *Séries históricas*. [Disponível em <http://hidroWeb.ana.gov.br> Acessado em 18-08-2010].
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2001. *Processamento Digital de Imagens*. IBGE. Rio de Janeiro-Brasil.
- JENSEN, J. R. 1996. **Introductory Digital Image Processing. A remote sensing perspective**. 2ª ed., Prentice Hall Series in Geographic Information Science, Prentice-Hall Inc., Upper Saddle River, New Jersey. 316 p.

- KIEL, R. 2008. *Deteção de mudanças no uso e na cobertura do solo em uma série temporal de imagens da região da campanha do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre - Rio Grande do Sul-Brasil. Dissertação de Mestrado.
- MACHADO, I. C.; BARROS, L. M. & E. V. S. B. SAMPAIO. 1997. *Phenology of caatinga species at Serra Talhada, PE, Northeastern Brazil*. **Biotropica**, 29: 57-68.
- MATHER, P. M. 1999. **Computer processing of remotely-sensed images**. 2ª ed. Chichester: John Wiley & Sons.
- MATSUKUMA, C. K. 2002. *Análise comparativa de algoritmos de classificação não supervisionada, no mapeamento do uso e cobertura do solo*. 2002. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Dissertação (Mestrado). Piracicaba (SP)-Brasil. 84 p.
- MOREIRA, M. A. 2005. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 3ª ed., atual, ampl. Ed. UFV. Viçosa-Brasil.
- RIBEIRO, S. R. A. e J. S. CENTENO. 2001. *Comparação da técnica das redes neurais com o algoritmo estatístico da máxima verossimilhança na classificação do uso do solo utilizando imagens orbitais*. Universidade Federal do Paraná (UFPR). Disponível em: http://people.ufpr.br/centeno/publications/download/2001/selma_cbcg2012.pdf. [Acesso em 07-01-11].
- SAMPAIO, V. E. S. B. 1995. Overview of the Brazilian caatinga. In: Bullock, S.H.; Mooney, H.A.; Medina, E. (eds.) **Seasonally dry tropical forests**. 35-63. Cambridge University Press. Cambridge.
- SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA (SEI). 2003.
- SANTOS, R. L. 2005. *O uso de processamento digital de imagens do sensor advanced spaceborne thermal emission and reflection radiometer (aster) na identificação de horizontes coesos em solos dos tabuleiros costeiros da Bahia*. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Transportes. Universidade de São Paulo, São Paulo-Brasil. Tese de Doutorado (Engenharia), ed. rev. 195 p.