

Análise da dinâmica do uso e ocupação da terra em pequenos municípios baianos do semi-árido brasileiro: o caso de Teofilândia¹

José Luiz Oliveira Batista² e Rosangela Leal Santos³

RESUMO

Para representar a dinâmica socioeconômica do semi-árido nordestino, procurou-se avaliar as características da evolução temporo-espacial desta região. Escolheu-se um município de pequeno porte (aproximadamente 21.000 habitantes), com um perfil médio quanto aos aspectos sociais e econômicos do semi-árido baiano e analisou-se as modificações quanto ao uso e ocupação do solo num período de 15 anos (1993 a 2008). Utilizou-se técnicas de sensoriamento remoto para acompanhar esta dinâmica através de processamento digital de imagens do satélite Landsat 5 TM. Utilizou-se imagens de períodos subsequentes para captar a variação sazonal contrastante entre períodos secos e chuvosos, devido ao forte contraste apresentando pela paisagem, principalmente quanto à concentração de biomassa, nestes dois períodos distintos. Foram definidas cinco classes principais de uso e cobertura do solo ligado ao uso da terra: pastagem, solo exposto, Caatinga, área urbana e água. O resultado final comprovou o uso extensivo da terra através das práticas de agropecuária extensiva.

Palavras chave: Uso e ocupação do solo, processamento digital de imagens, agropecuária extensiva.

ABSTRACT

In order the socioeconomic dynamics of the semi-arid region, the temporal-spatial evolution characteristics this region were evaluated. A small city (approximately 21,000 inhabitants) with an average profile on the social and economic aspects of the semi-arid region was chosen in order to analyse the changes in the land use and occupation over a period of 15 years (1993 to 2008). Remote sensing techniques were used to go along by digital image processing of Landsat 5 TM. Images from subsequent periods were used to capture the seasonal contrast between dry and wet periods due to the high contrast presented by the landscape, especially in relation to biomass concentration in these two distinct periods. Five main classes of land use e land cover were defined: pasture, bare soil, Caatinga, urban area and water. Results finally proved the extensive use of land through the practice of extensive farming.

Key words: Land use e land cover, digital processing of images, agricultural extensive.

¹ Artículo recibido el 22 de septiembre de 2010, aceptado el 20 de junio de 2011 y corregido el 11 de julio de 2011.

² Programa de Pós Graduação em Modelagem em Ciência da Terra e do Ambiente, Universidade

Estadual de Feira de Santana (Brasil). E-mail: betouefs@yahoo.com.br

³ Universidade Estadual de Feira de Santana (Brasil). E-mail: rosaleal@uefs.br

Ao longo de quase cinco séculos de latifúndio, o problema da propriedade da terra no Brasil só se agravou. A terra no território nacional encontra-se concentrada praticamente nas mãos de um pequeno número de latifundiários, que exploram e oprimem milhões de camponeses, que por sua vez ou possuem muito pouca terra ou nenhuma terra.

A concentração da propriedade da terra no país evoluiu para a absurda situação em que um ínfimo número de latifundiários (2% ou 22 mil) detêm mais da metade (200 milhões de hectares) das terras tituladas do país, enquanto o restante está distribuído para médios e pequenos proprietários que são quase 5 milhões. Fala-se que essa realidade está mudando, mas se realmente estar acontecendo esta mudança, ela está ocorrendo muito lentamente para a região do semi-árido brasileiro e quase imperceptível em alguns lugares pequenos, a exemplo de municípios de Teofilândia (Bahia/Brasil).

As principais atividades econômicas registradas no início da formação deste município, estiveram voltadas para criação de gado e a cultura do agave o que demandou a mudança da vegetação nativa (Caatinga) para áreas de pastagem e outras culturas temporárias (feijão, milho, batata-doce, mandioca, etc.).

Ao analisar a dinâmica socioeconômica do município, observa-se que a situação atual do município praticamente é a mesma, os principais usos e cobertura da terra estão voltados para a agropecuária, principalmente a pecuária extensiva. O agave antes considerado como uma fonte de renda para a população perdeu muito seu valor de mercado e não mais representa uma fonte viável para a mesma e com isso, os agricultores vêm utilizando essas áreas para formação de pastagem.

Para melhor representar a dinâmica socioeconômica do município, este trabalho tem como objetivo realizar uma análise do mapeamento do uso e ocupação do solo entre os anos de 1993 a 2008, utilizando técnicas de Processamento Digital de Imagens (PDI) para compor um quadro de visão mais ampla sobre a evolução

temporo-espacial desta região. Embasou-se na premissa, explícita por Mota (em 1981), de que o uso inadequado do solo pelo homem é um fator agravante da degradação ambiental e desequilíbrio ecológico. Além disso, Também há preocupação com o ambiente de vegetação caatinga, uma vez que, de acordo com autores como (Barbosa *et al.*, 1989; Pereira *et al.*, 1989; Cestaro *et al.*, 1989; Moreira, 1996; Machado *et al.*, 1997), os estudos sobre esse tipo de ecossistema são escassos e que trabalhos sobre tipos de frutos e síndrome de dispersão da vegetação caatinga, endêmica da região semiárida brasileira, foram publicados mais recentemente por Griz e Machado (2001), Barbosa *et al.* (2002) e Griz *et al.* (2002).

Foram utilizadas quatro imagens do satélite Landsat 5 TM, buscando abordar um maior lapso temporal (1993 e 2008), bem como incluir a variação sazonal (1994 e 2007), tão significativa e característica das regiões semi-áridas. A escolha do município se deve ao fato de melhor entender a dinâmica do uso e ocupação do solo no mesmo.

Localização e características físicas da área de estudo

Este trabalho foi desenvolvido no município de Teofilândia-Bahia (Figura Nº 1), que dista 194 km² de Salvador. Está situado no Polígono das Secas do Estado, em uma área de clima sub-úmido a seco megatérmico, 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 metassedimentos, que forma um conjunto de rochas coerentes. As propriedades litoestruturais características dos tipos de rochas determinam graus de resistência em face aos agentes climáticos funcionando como elementos controladores das modalidades de fragmentação e desagregação das rochas, refletidas na erosão diferencial. As rochas fragmentadas ou são, aflorando localmente nas vertentes, são submetidas às ações diretas dos elementos climáticos. Estes preparam nos períodos de

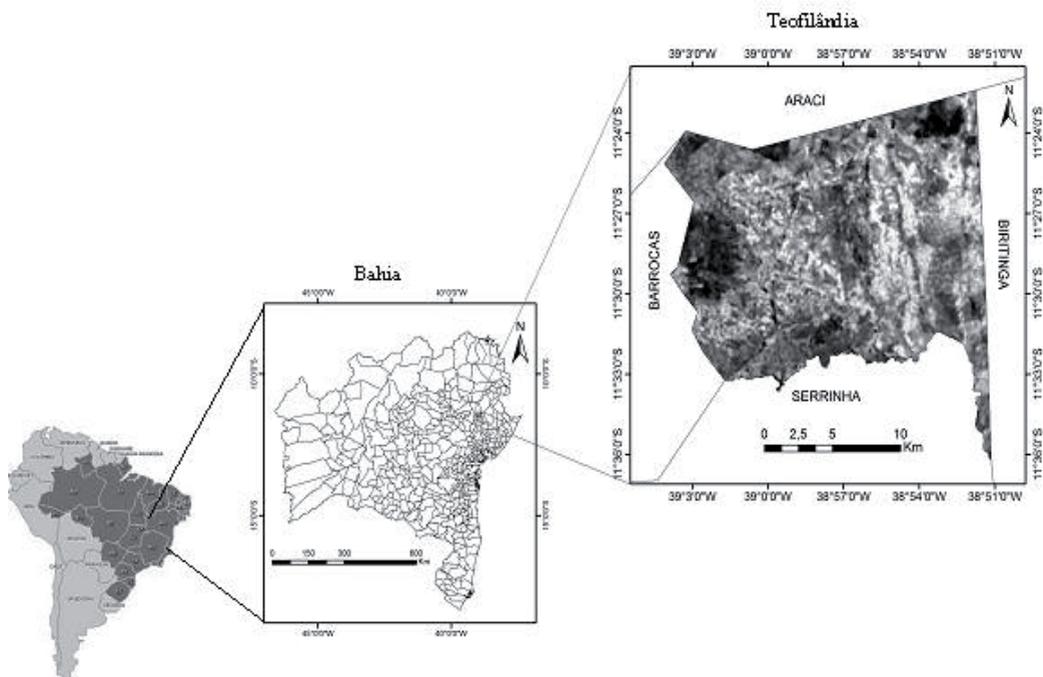
estiagem os materiais que serão carreados em superfície durante as chuvas torrenciais, concentradas no verão. Detalhes da litologia e estrutura são explorados e formam irregularidades nas superfícies dos planos. Particularidades mineralógicas das rochas contribuem para acentuar a secura climática e fornecem vários tipos de substâncias solúveis que migram durante as enxurradas e se concentram nas águas e nos solos rasos.

A partir da compartimentação geomorfológica presente, observa-se a presença dos principais tipos de solos encontrados no município, são eles: Latossolos Vermelho Amarelo Distrófico (LVAd), Neossolos Litólicos Distróficos (RLd), Neossolos Regolíticos Eutróficos (RRe) e o Planossolo Háptico Eutrófico Solódico (SXen). Todos estes solos são rasos, de difícil manejo

e/ou de baixa produtividade, obrigando aos agricultores a buscarem novas áreas para realizar suas atividades.

A hidrografia do município é composta por rios e riachos intermitentes, estes só possuem água em seus leitos quando ocorre forte precipitação, que deixa de correr algumas horas após a chuva cessar. O fornecimento de água para a população na sede e em alguns povoados é fornecida pela Empresa Baiana de Águas e Saneamento (EMBASA), e na zona rural a grande maioria consome a água dos açudes e represas sem ser tratada, causando danos à saúde dos moradores. Nos últimos quatro anos através de programas do governo federal, observam-se algumas mudanças neste quadro onde se verifica a presença da água tratada em algumas casas da zona rural.

Figura Nº 1
Localização da área de estudo



Fonte: Elaborado com base nos dados da SEI (2003).

Materiais e métodos

Materiais

Para o desenvolvimento do trabalho foram necessários os seguintes materiais:

- Mapas analógicos e digitais pré-existentes (SIG-BA e SRH 2003, dados do IBGE 2006).
- 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), que possui uma resolução espacial de 30 metros e temporal de 16 dias; espectral 7 bandas (1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7) e radiométrica de 8 bits;
- Mapa topográfico do município de Teofilândia;
- Computadores – Softwares como (Idrisi, Envi 4.3, Arc View 3.3, Arc map 9.2, Global Mapper, Word 2007 e o Excel);
- GPS e Câmera fotográfica digital.

Métodos

Foram realizados levantamentos bibliográficos e dos dados de mapas analógicos e digitais, processamento de imagens, campo e análise dos dados e a validação dos mesmos.

As classes dos diferentes usos e ocupação definidas, neste trabalho, estão embasadas na metodologia do Sistema de Classificação da Cobertura e do uso da Terra proposto pelo Manual Técnico do uso da Terra IBGE (2006). A nomenclatura do Uso e da Cobertura da Terra foi concebida partindo do esquema teórico da cobertura terrestre que abrange os dois primeiros níveis hierárquicos propostos (terra e água) pelo manual.

Para o estudo sobre o uso e ocupação do solo decorrente da dinâmica entre a sociedade e o meio ambiente, considerou-se os conceitos de (Rosa, 2003), que para ele “consiste em buscar o conhecimento de toda a sua utilização por parte do homem ou pela caracterização dos tipos e categorias de vegetação natural que reveste o solo” e de (Aguiar, 2002), ao afirmar que “o estudo do solo consiste na obtenção de informações sobre o modo como o espaço está sendo

alterado pelo homem, ou ainda, como se caracteriza a cobertura vegetal original”.

Santos (1997) aborda que a cobertura que é definida como sendo os elementos da natureza, que também poderia ser chamar de primeira natureza, ou seja, aquela que de acordo com ainda mantém suas características naturais, pode e é modificada pelas práticas e ações exercidas pelo homem, transforma o espaço de acordo com os objetivos, os interesses e as ações dos agentes inseridos nesse espaço geográfico. Conforme (Corrêa, 2001), o conjunto destas práticas que implicam em criar, manter, desfazer e refazer as formas ou interações espaciais que se constitui num conjunto de ações espacialmente localizadas que repercutem diretamente no espaço.

Processamento Digital de Imagem-PDI

Como importante técnica das geotecnologias para se trabalhar com imagens de sensoriamento remoto, o PDI, tem como função fornecer ferramentas para facilitar a identificação e a extração de informações contidas na imagem para posteriores interpretações (Crósta, 1993).

Sobre o tratamento de imagens digitais (Moreira, 2005), afirma que o PDI constitui-se como importante conjunto de técnicas responsáveis para o trabalho com imagens em Sensoriamento Remoto, possibilitando que uma imagem “bruta” de difícil interpretação seja processada, analisada e interpretada o mais próximo possível do que condiz com a realidade. As técnicas do PDI são divididas em três etapas: Pré-processamento, Processamento e Pós-processamento.

As técnicas de pré-processamento têm como objetivo preparar as imagens para serem efetivamente utilizadas pelos usuários. Elas incluem aplicação de algoritmos que visam corrigir imperfeições geométricas e radiométricas e normalmente são aplicadas pelos fornecedores das imagens. Elas também incluem os aplicativos de correção atmosférica e de correção de ruídos quando necessário.

A etapa do processamento consiste nas técnicas que tem por objetivo melhorar

a qualidade visual das imagens. O pós-processamento está relacionado com o resultado de uma operação de análise de imagem; é uma descrição da imagem de entrada (lista de propriedade do objeto, posição, tamanho, formato), um campo vetorial representando o movimento de objetos em uma seqüência de imagens, mapas, ou uma representação gráfica.

A Figura N° 2 mostra o fluxograma dos principais procedimentos metodológicos utilizados no PDI.

Após todo processo do PDI, fez-se a tubulação cruzada das classificações para analisar as alterações ocorridas que aconteceram durante o recorte temporal estabelecido para a pesquisa.

Índice Kappa e Pabak

Antes de calcular os Índices de Kappa e Pabak, essenciais para a validação da classificação, foram calculados os erros *de omissão* (EO) –que corresponde a não interpretação no terreno– e *de comissão* (EC) –aquele decorrente da interpretação de *pixels* que não existe no terreno. O objetivo desse procedimento é garantir a qualidade dos dados em um SIG, como afirma Silva (2003), “para garantir a qualidade dos dados de um SIG, é indispensável que sejam realizados testes para garantir a acurácia dos dados, uma vez que é praticamente impossível um SIG trabalhar com dados exatos”. Os valores entre os erros variam entre 0 a 1, sendo que o valor 1 corresponde ao maior erro.

Com os dados do campo criou-se a matriz de verdade de campo para a classificação de 2008 (Quadro N° 1), contendo os 128 pontos coletados no trabalho de campo.

Figura N° 2
Fluxograma metodológico para classificação das imagens



Fonte: Elaboração própria.

Quadro N° 1
Verdade de campo da classificação maxver de 2008

	Água	Área urbana	Caatinga	Pastagem	Solo exposto	Total		
Água	7	0	0	0	0		7	
Área urbana	0	4	0	0	0		4	
Caatinga	0	0	25	0	0		25	
Pastagem	0	0	3	27	4		34	
Solo exposto	0	0	0	5	53		58	
Total						116		
	7	4	28	32	57		128	
Valor do erro								0,09

Fonte: Elaboração própria.

O valor do erro da classificação foi obtido a partir da seguinte equação:

$$E = 1 - (116/128) = 0,09 \quad (1)$$

Onde:

1 é uma constante;

116 é a somatória dos valores das correspondências representados pela diagonal da matriz e

128 correspondem ao total dos *pixels* capturados em campo.

Observa-se que o resultado final (0,09) correspondente ao valor do erro pode ser considerado bom para a classificação realizada, uma vez que, um erro expressivo corresponde a um valor próximo ou igual a 1.

Para uma validação mais confiável, foi calculado o Índice de Kappa –índice que mede a acurácia dos dados espaciais desde que os dados colecionados em campo sejam utilizados como referências, Congalton e Mead (1983). De acordo com estes autores, o Índice de Kappa varia entre 0 e 1, e os dados serão mais acurados quanto mais o índice se aproximar de 1. Aplicou-se a seguinte equação para encontrar o valor do IK das classificações:

$$Ik = (D - Q) / (T - Q) \quad (02)$$

Onde:

D corresponde ao total de *pixels* com correspondência entre os trabalhos de campo e aqueles interpretados, divididos por T;

T corresponde ao total de *pixels* examinados;

Q é o resultado da expressão que envolve a multiplicação dos valores totais (horizontal e vertical) de cada uma das classes dividido pelo total dos pontos coletados.

Dessa forma, chegou-se ao seguinte resultado:

$$IK = (116 - 39,85) / (128 - 39,85) = 0,86 \quad (03)$$

Calculado o IK, optou-se por calcular também o Pabak (*Prevalence and bias adjusted Kappa*). O Pabak foi calculado a partir da seguinte equação:

$$Pabak = 2 * P^o - 1 \quad (04)$$

Onde:

$$P^o = D/T$$

Assim:

$$Pabak = [2*(116/128) - 1] = 0,81 \quad (05)$$

Resultados e discussão

Classificações maxver das imagens nos quatro anos (1993, 1994, 2007 e 2008)

A Classificação utilizada foi a classificação supervisionada, isto porque já tem certo conhecimento sobre a área de estudo, logo, pode-se utilizar este tipo de classificação sem necessariamente fazer a classificação não-supervisionada. Dentre os algoritmos usados para este tipo de classificação (paralelepípedo, mínima distancia, distância mahalanobis, máxima verossimilhança, entre outros), optou-se em utilizar o Maxver, por ser um dos mais utilizados e pela robustez que o mesmo apresenta ao classificar imagens de sensoriamento remoto. Além disso, 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) e que a frequência de distribuição dos *pixels* de cada classe possua probabilidade de distribuição normal (Mather, 1999).

Foram identificadas e selecionadas cinco principais classes (água, área urbana, caatinga, pastagem e solo exposto). Ressalta-se, que destas classes, a de área urbana permaneceu com a mesma área durante o período estudado, por esta não ter apresentado nenhum crescimento significativo em construções de imóveis na sede do município durante o recorte temporal estudado.

As classificações realizadas se encontram na (Figura N° 3) e as áreas em km² e em hectares de suas respectivas classes, estão na (Quadro N° 2). A primeira classificação realizada foi a do ano de 1993. Nesta classificação a classe que mais se destaca em termo de área é a classe de solo exposto com 179,48 km², 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 cúbicos conforme dados da (Hidroweb, 2010). A segunda classe mais expressiva foi a de pastagem que se encontra distribuída por quase toda área do município. Em seguida, a classe caatinga aparece em terceiro lugar em

termo da área total com 47,60 km². A classe de área urbana representando a sede possui 2,11 km² e com 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, no ano de 1994 registrou-se considerável índice pluviométrico na região (804,5 mm), dados da (Hidroweb, 2010). Devido a esta variedade nos índices pluviométricos as classes identificadas neste ano, com exceção da classe área urbana, foram bastante alteradas em relação ao ano anterior. Uma das principais alterações diz respeito a classe de solo exposto que não foi identificada neste ano, passando a ser classificada como pastagem e caatinga, isso foi possível porque a vegetação que estava seca e senescente classificada como solo exposto anteriormente, brotou e floresceu tornando às áreas com vegetação verde alterando os valores de reflectância na faixa do espectro eletromagnético, devido a atuação da clorofila nas plantas. A caatinga e a pastagem passaram a possuir uma área de 140, 92 km² e 213,94 km² respectivamente. A Classe água aumentou sua área de 0,22 km² para 1,16 km².

A classificação de 2007 apresenta as classes de solo exposto e pastagem com percentual parecido no total das áreas 147% e 130% respectivamente. Esses valores são referentes ao um período que foi considerado seco para época, mas menos expressivo que o período registrado em 1993, por isso observa-se uma pequena diferença entre as duas principais classes de uso e ocupação do solo. A classe caatinga diminuiu sua área em relação à classificação feita em 1994, registrando-se apenas 77,3 km² da área da pesquisa, obtendo uma perda de 46% desta área em relação à classificação anterior. Como nas demais classificações a classe área urbana não foi alterada.

Na quarta e última classificação realizada observa-se um aumento significativo na classe solo exposto de 18,56 km² de sua área, provinda principalmente da pastagem que alterou 13% de sua área em relação à classificação do ano anterior. A classe água

aumentou sua área em 81,72 ha quando comparado com a classificação feita em 2007. As alterações assinaladas nas classes se devem principalmente pelo aumento das chuvas precipitadas na região. Assim, como nas demais classificações, a classe área urbana permaneceu com 2,11km² do total da área estudada.

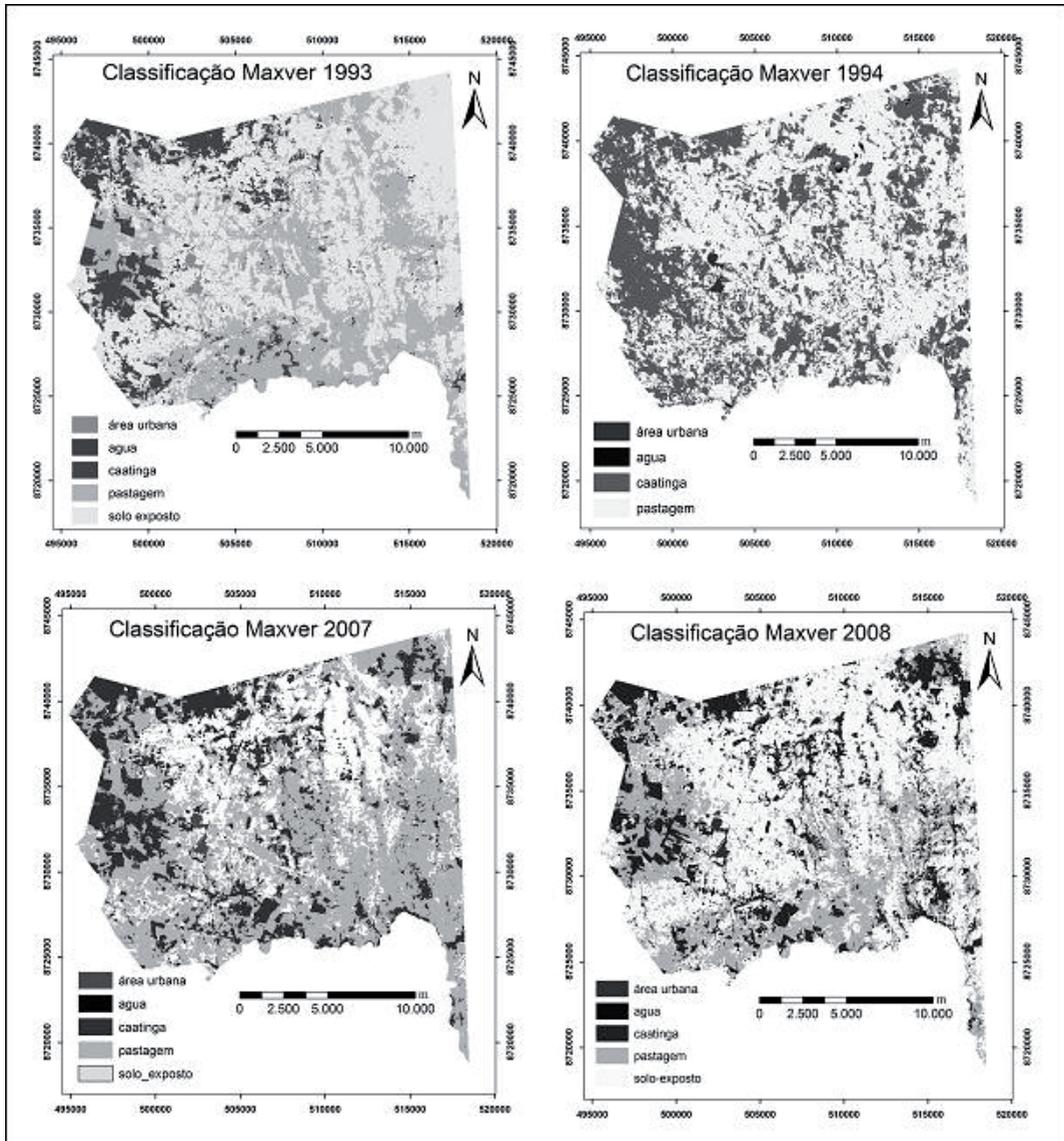
De acordo com as análises feitas sobre as classificações em cada ano e do resultado dos gráficos da (Figura 04), observa-se que a classe que mais variou no tamanho da área no período estudado foi a classe de solo exposto. Enquanto em 1993 registrou-se 179,48 km² de área, no ano seguinte não foi classificada 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 outras 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 classificados (2007 e 2008), os valores aumentaram e mantiveram mais equilibrados com alteração de menos de 20 km².

A segunda classe que mais alterou os valores de sua área durante o recorte temporal estudado foi a pastagem. Registrou-se 128,72 km² em 1993, enquanto que em 1994 o valor apresentado foi de 213,94 km². Neste caso, a classe que perdeu área foi a de solo exposto devido à presença da chuva na região. 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 47,60 para 140,92 km² respectivamente. Ressalta-se, que esse aumento está relacionado com a mudança da reflectância dos alvos nos dois períodos (seco e chuvoso), isso quer dizer que, não houve aumento da área da caatinga propriamente dita neste período, mesmo porque o que ocorre é o contrario, ou seja, a caatinga vem perdendo sua área a cada ano devido à atuação predatória do homem. Na verdade o que houve foi que em 1993, devido à forte estiagem que a região passou, muitas áreas de caatinga e pastagem foram classificadas como solo exposto, voltando a ser alterada para pastagem e caatinga em 1994 (chuvoso), por isso essa expressiva alteração entre esses dois anos. Após o período chuvoso, o valor da nova classificação da classe caatinga decresce para 77,3 km² e alterou menos de 0,1% 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 0,22 km² em 1993 para 1,39 km² em 2008. Dois fatores contribuíram diretamente para o aumento registrado neste último ano. Primeiro, em 1993 registrou-se um período de estiagem prolongado e, segundo, durante este período aumentou o número de açudes e barragens no município.

Figura N° 3
Classificações do uso e cobertura do solo entre 1993 a 2008



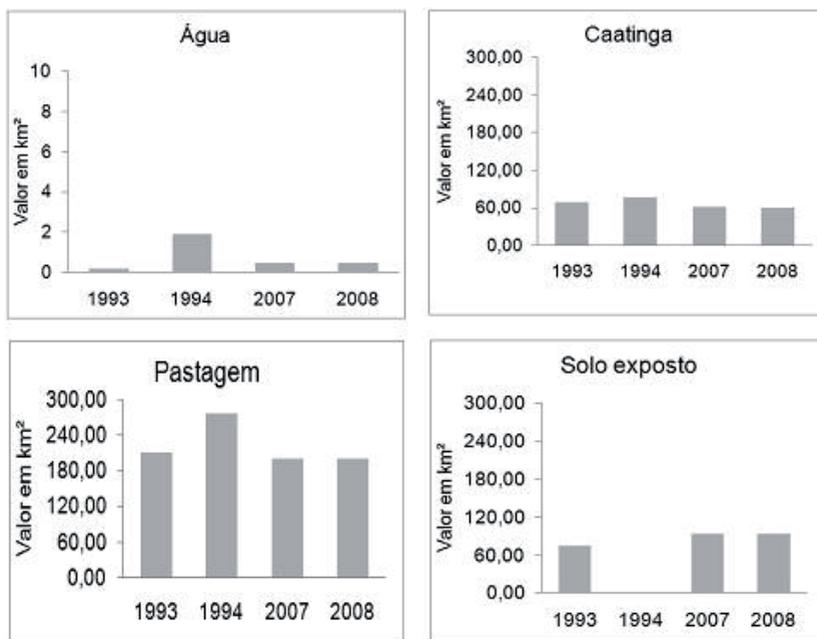
Fonte: Elaboração própria.

Quadro N° 2
Representação dos valores das áreas das classes em km² e em hectare

Classes	Area das classes em:							
	1993		1994		2007		2008	
	Valor (ha)	Valor (km ²)	Valor (ha)	Valor (km ²)	Valor (ha)	Valor (km ²)	Valor (ha)	Valor (km ²)
Água	22,59	0,22	116,37	1,16	57,69	0,57	139,41	1,39
Área urbana	211,77	2,11	211,77	2,11	211,77	2,11	211,77	2,11
Caatinga	4.760,46	47,60	14.092,38	140,92	7.729,28	77,3	7.722,45	77,22
Pastagem	12.870,81	128,72	21.393,27	213,94	14.742,73	147,42	12.908,46	129,08
Solo exposto	17.948,16	179,48	0	0	13.072,32	130,72	14.831,70	148,32
Total	35.813,79	358,13	35.813,79	358,13	35.813,79	358,12	35.813,79	358,12

Fonte: Elaboração própria.

Figura N° 4
Representação gráfica dos valores das classes em cada ano



Fonte: Elaboração própria.

Assim, pode-se observar que as maiores alterações verificadas nos valores das classes, com exceção da classe área urbana, 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, em períodos não muito longos como é o nosso caso, mostram que a sazonalidade pode apresentar mais influências nas mudanças das classes de uso e ocupação do solo de uma determinada área, do que propriamente a distância temporal entre os anos analisados.

Tabulação cruzada entre as classes dos quatro anos (1993, 1994, 2007 e 2008) do período estudado

Com o intuito de observar as alterações entre as classes nos anos estudados, fez-se tabulações cruzadas entre eles para saber o quanto alterou em termo de área em quilômetro quadrado (km²) presentes nos quadros (03, 04, 05, 06 e 07). As análises das tabulações foram feitas da seguinte forma: quando analisada a tabulação entre 1993 e 1994, por exemplo, os valores das classes referentes a 1993 serão os valores das linhas e os valores das colunas corresponderão ao ano de 1994 e assim sucessivamente para as demais tabulações.

O quadro 02 apresenta os valores da tabulação cruzada entre 1993 e 1994, anos seco e chuvoso respectivamente. Como era esperado, a classe de área urbana foi a única que não apresentou outro tipo de classe em sua área no ano de 1994. A classe água mudou 0,15 km² de sua área para caatinga e pastagem. Parte da classe caatinga identificada em 1993 foi classificada como pastagem (8,95 km²) e água (0,07 km²). A classe pastagem alterou um total 54,53 km² de sua área, sendo a principal alteração registrada para a classe caatinga em 1994 com 54,01 km². A área da classe solo exposto presente em 1993 foi alterada em 1994 para as classes de água, caatinga e pastagem, principalmente esta última que registrou 13070,97 ha da área total classificada como solo exposto em 1993.

A tabulação cruzada entre 1993 e 2007 (Quadro N° 3), anos mais secos entre os quatro analisados, mostra que as alterações mais expressivas foram das classes pastagem e solo exposto. A área da classe pastagem identificada em 1993, perdeu 27,32 km² para a classe caatinga e 1795,05 ha para a classe solo expostos. A classe solo exposto alterou sua área em 2007 principalmente para pastagem e caatinga com 88,07 e 18,86 km² respectivamente (Quadro N° 4). A classe caatinga obteve a maior alteração de sua área para a classe pastagem com 13,14 km². As alterações registradas na classe água não foram tão expressivas e a classe área urbana não alterou seu valor.

Quadro N° 3
Tabulação cruzada das áreas em km² entre as classes de 1993 e 1994

1994	1993			
	Área urbana	Água	Caatinga	Pastagem
Área urbana	2,11	0,00	0,00	0,00
Água	0,00	0,06	0,05	0,10
Caatinga	0,00	0,07	38,58	8,95
Pastagem	0,00	0,52	54,01	74,16
Solo exposto	0,00	0,50	48,26	130,70

Fonte: Elaboração própria.

Quadro N° 4
 Tabulação cruzada das áreas em km² entre as classes de 1993 e 2007

2007	1993				
	Área urbana	Água	Caatinga	Pastagem	Solo exposto
Área urbana	2,11	0,00	0,00	0,00	0,00
Água	0,00	0,11	0,03	0,06	0,02
Caatinga	0,00	0,04	31,09	13,14	3,33
Pastagem	0,00	0,28	27,32	83,15	17,95
Solo exposto	0,00	0,14	18,86	88,07	72,42

Fonte: Elaboração própria.

Na tabulação cruzada entre 1993 e 2008 (Quadro N° 5), observa-se que as principais mudanças foram da classe pastagem que alterou 80 km² de sua área para as outras classes principalmente para solo exposto com 51,49 km². A classe de solo exposto alterou sua área identificada em 1993 em

54,87 km², a principal mudança foi para a classe de pastagem representando 3219,57 ha. A mudança mais significativa da área da classe caatinga foi para solo exposto com 11,19 km² da área total classificada em 1993. A classe área urbana permaneceu sem alteração.

Quadro N° 5
 Tabulação cruzada das áreas em km² entre as classes de 1993 e 2008

2008	1993				
	Área urbana	Água	Caatinga	Pastagem	Solo exposto
Área urbana	2,11	0,00	0,00	0,00	0,00
Água	0,00	0,14	0,02	0,04	0,03
Caatinga	0,00	0,12	27,15	9,14	11,19
Pastagem	0,00	0,66	27,85	48,71	51,49
Solo exposto	0,00	0,47	22,20	32,20	124,61

Fonte: Elaboração própria.

Na tabulação cruzada entre 2007 e 2008 (Quadro N° 6), os maiores valores de modificações foram entre as classes de pastagem e caatinga 113,2 km² e 24,33 km² respectivamente. A maior alteração registrada na classe pastagem foi de 91,21 km² para

solo exposto e na classe caatinga foi de 1422,36 ha também para solo exposto. Assim como na tabulação anterior as alterações da classe água não foram tão expressivas e como nas demais tabulações apresentadas a classe de área urbana não alterou sua área.

Quadro N° 6
 Tabulação cruzada das áreas em km² entre as classes de 2007 e 2008

2008	2007				
	Área urbana	Água	Caatinga	Pastagem	Solo exposto
Área urbana	2,11	0,00	0,00	0,00	0,00
Água	0,00	0,28	0,05	0,14	0,10
Caatinga	0,00	0,32	52,97	9,79	14,22
Pastagem	0,00	0,47	21,52	71,23	91,21
Solo exposto	0,00	0,33	2,69	8,92	81,78

Fonte: Elaboração própria.

A tabulação cruzada entre os anos de 1994 e 2008 (Quadro N° 7), anos considerados mais chuvosos entre os quatro analisados, demonstra que a alteração mais significativa ocorreu com a classe de pastagem, modificada principalmente para a classe de solo exposto com cerca de 138,10 km² de área. Por ter sido o ano mais chuvoso, em 1994 a classe solo exposto não foi identificada, com isso, observa-se que esta classe é uma das mais vulneráveis em termo de mudança de classe entre os anos da classificação. A área da classe

caatinga registrada em 1994 foi alterada em 8794,00 ha para outros tipos de classe em 2008, principalmente para a classe de solo exposto com 4860,72 ha. A classe pastagem alterou sua área total em 16300,35 ha, principalmente para solo exposto que passou a abranger 13809,60 ha. As alterações registradas na classe água foram cerca de 1,01 km², sendo que a maior parcela foi para a classe de solo exposto com mais de 60% do total alterado. E por fim, a classe de área urbana, que assim como nas demais tabulações permaneceu com sua área original.

Quadro N° 7
 Tabulação cruzada das áreas em km² entre as classes de 1994 e 2008

2008	1994				
	Área urbana	Água	Caatinga	Pastagem	Solo exposto
Área urbana	2,11	0,00	0,00	0,00	0,00
Água	0,00	0,16	0,19	0,21	0,61
Caatinga	0,00	0,39	52,98	38,95	48,61
Pastagem	0,00	0,85	24,06	50,93	138,10

Fonte: Elaboração própria.

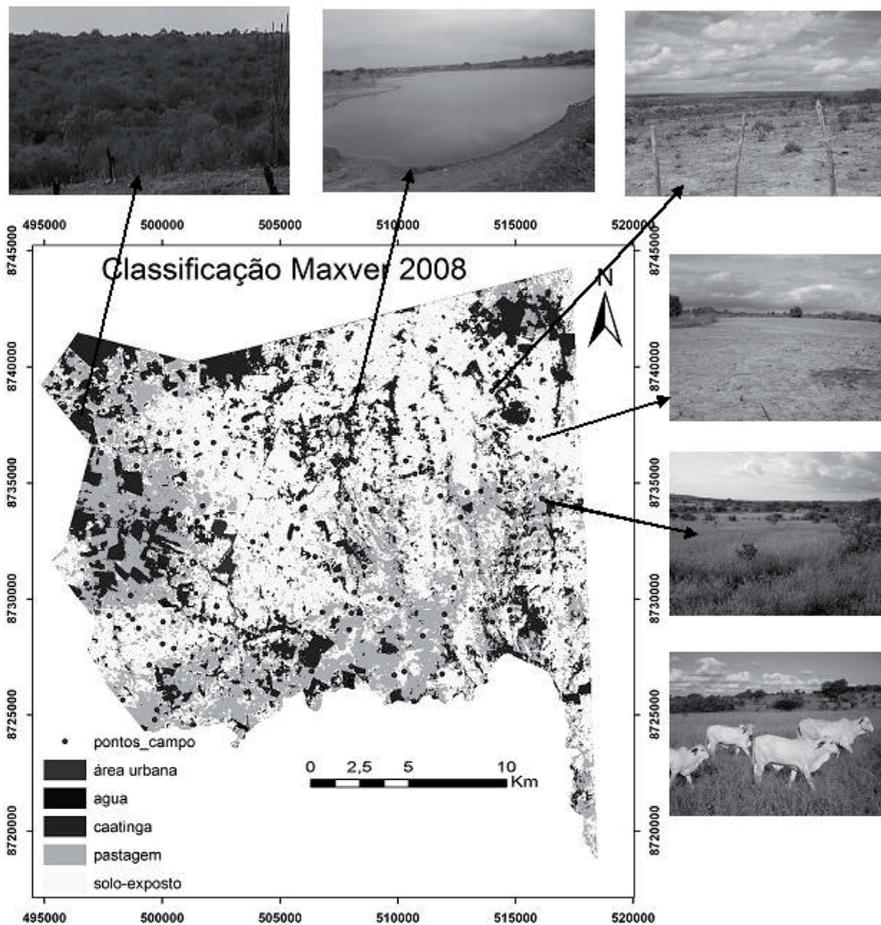
Trabalho de campo e validação

O trabalho de campo representa uma fase importante dentro da pesquisa, uma vez que, através dele pode-se ou não comprovar os resultados obtidos em laboratório. De acordo com Motta *et al.* (2001), a coleta dos dados de referência, ou seja, aqueles que representam a situação real de campo à época da obtenção da imagem, é uma parte essencial de qualquer projeto de classificação de alvos presentes na área de estudo. Partindo dessa premissa e com o intuito de melhor representar a realidade, utilizou-se a imagem mais próxima (imagem

de 2008) em termo de recorte temporal para plotar os pontos do trabalho de campo. Esta imagem foi considerada como referência para as demais classificações.

Nas atividades de campo realizadas no mês de março de 2010, percorreu-se em vários lugares onde se registrou um total de 128 pontos (Figura N° 5) com um aparelho de GPS. Também foi feita uma caracterização paisagística dos lugares onde foram coletados os pontos, para em seguida verificar sua localização na imagem e a que tipo de classe faz parte.

Figura N° 5
Plotagem dos pontos de campo



Fonte: Elaboração própria.

Os resultados apresentados pelos pontos coletados em campo e plotados na imagem digital, mostraram-se satisfatórios na medida em que se verificou que foram coletados pontos de todas as classes em vários lugares diferentes, auxiliando na verificação da classificação supervisionada feita nas imagens da área pesquisada.

Para garantir a veracidade da classificação é preciso averiguar a acuracidade da mesma. Para isso, os mapas temáticos resultantes das classificações deverão ser comprovados com a verdade de campo, sendo o resultado desta comparação demonstrado através de uma matriz de confusão e do Índice de Kappa-IK (Fonseca, 2001). Esses dados são usados para verificar a acurácia da classificação, bem como detectar distinção entre classes e aperfeiçoar o processo de refinamento da classificação. Além do IK, também se utilizou o índice Pabak para a validação das classificações.

O resultado do IK de 0,86 mostrou-se satisfatório, uma vez que, de acordo com os valores de referência recomendado pela "escala de importância" (Quadro N° 8) proposta por Landis e Koch (1977) para avaliar o Índice de Kappa, valores entre 0,81 a 1,00, são considerados quase perfeitos. Desta forma, os resultados obtidos através dos índices Kappa 0,86 e Pabak 0,81, mostraram satisfatórios, comprovando a acurácia das classificações e agregando credibilidade ao trabalho realizado.

Quadro N° 8
Escala de importância proposta por Landis e Koch (1977)

IK	Grau de importância
< 0,00	Sem correspondência
0,00-0,02	Insignificante
0,21-0,40	Discreto
0,41-0,60	Moderado
0,61-0,80	Substancial correspondência
0,81-1,00	Quase perfeito

Fonte: Adaptado de Landis e Koch, 1997.

Considerações finais

O resultado final deste trabalho comprovou o uso extensivo da terra através das práticas da agropecuária extensiva, onde se verifica que (77,34%) da área do município corresponde às classes de pastagem e solo exposto, sendo que esta última é na sua grande maioria decorrente da necessidade de sobrevivência da população que por falta de suporte técnico, se vê obrigada utilizar práticas agrícolas arcaicas causando empobrecimento do solo e, por conseguinte, abrindo novas trincheiras para realizar suas culturas.

As alterações ocorridas entre as áreas das classes durante o recorte temporal analisado, não são decorrentes somente das mudanças da cobertura do solo da área, mas também do uso desta. Ou seja, 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.

A variação da mudança da área da caatinga, devido à sazonalidade também é bastante significativa, uma vez que, o classificador pode confundir áreas de caatinga com classes de pastagem no período seco, por causa das características biofísicas da vegetação e o contrário quando ocorre o período chuvoso.

As maiores dificuldades ocorrem em separar as áreas das classes de solo exposto e pastagem. As características espectrais dessas classes no período seco são parecidas, ocasionando confusão na detecção da mudança entre elas, caracterizando-se então, num jogo entre as áreas dessas classes que são confundidas na hora da classificação. Pode-se observar, então, que a classificação do uso e cobertura do solo do município de Teofilândia não é estanque, e sim dinâmica, devido à mudança do uso e ocupação do solo pela população durante o ano, o que leva as alterações das áreas das classes na área pesquisada conforme a sazonalidade e a necessidade dos moradores, principalmente, a população rural que na sua grande maioria sobrevive da agricultura de subsistência.

Referências bibliográficas

AGUIAR, A. P. D. *Land Use and Cover Change*. São Paulo: INPE, 2002. Disponível em Internet: www.inpe.gov.br

BARBOSA, D. C. A.; ALVES, J. L. H.; PRAZERES, S. M. e PAIVA, M. A. Dados fonológicos de 10 espécies arbórea de uma área de Caatinga (Alagoinhas-PE). *Acta Botânica Brasileira*, 1989, Nº 3, p. 109-117.

BARBOSA, D. C. A.; SILVA, P. G. G. e BARBOS, M. C. A. Tipos de frutos e síndrome de dispersão de espécies da caatinga de Pernambuco. In: TABARELLI, M. e SILVA, J. M. C. (eds.). *Diagnóstico da Biodiversidade de Pernambuco, vol. 2*. Recife: SECTEMA e Editora Massagana, 2002, p. 609-621.

CESTARO, L. A.; LIMA, G. F.; FREITAS, M. F. e FREITAS J. D. Caracterização fonológica de algumas espécies arbustivo-arborescentes da Caatinga do Seridó-Rio-Grandense. In: Cuibá, *Anais do XL Congresso Nacional de Botânica*, Cuibá, 1989.

CONGALTON, R. G & MEAD R. A. A quantitative method to test for consistency and correctness in photointerpretation. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 1983, vol. 49, Nº 1, p. 69-74.

CORRÊA, R. L. Espaço: um conceito chave da Geografia. In: CASTRO, I. DE; GOMES, P. C. e CORRÊA, R. L. (orgs.). *Geografia conceitos e temas*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001, p. 154-187.

CRÓSTA, A. P. *Processamento Digital de Imagem de Sensoriamento Remoto*. Campinas São Paulo: IG/UNICAMP, 1993.

FONSECA, L. M. G. *Processamento Digital de Imagens*. São Paulo: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2001.

GRIZ, L. M. e MACHADO, I. C. S. Fruiting phenology and seed dispersal syndromes in caatinga, a tropical dry Forest in the northeast of Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, 2001, Nº 17, p. 303-312.

GRIZ, L. M.; MACHADO, I. C. S e TABARELLI, M. Ecologia de dispersão

de sementes: progressos e perspectivas. In: TABARELLI, M. e SILVA, J. M. C. (Eds.). *Diagnóstico da biodiversidade de Pernambuco, vol. 2*. Recife: SECTMA e Editora Massagana, 2002, p. 597-608.

HIDROWEB-Sistema de Informações Hidrológicas. *Series históricas*. São Paulo: Hidroweb, 2010. Disponível em Internet: <http://hidroWeb.ana.gov.br>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Manual técnico de uso da Terra*. Rio de Janeiro: IBGE, 2006.

LANDIS, J. e KOCH, G. G. The measurements of agreement for categorical data. *Biometrics*, 1977, vol. 33, Nº 3, p. 159-179.

MACAHD, I. C. S.; BARROS, L. M. e SAMPAIO, E. V. S. B. Phenology of caatinga species at Serra Talhada, PE, Northeastern Brazil. *Biotropica*, 1997, Nº 29, p. 57-68.

MATHER, P. M. *Computer processing of remotely-sensed images*. Chichester: John Wiley & Sons, 1999.

MOREIRA, M. A. *Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação*. Viçosa: Ed. UFV, 2005.

MOREIRA, H. M. *Estudos fonológicos em um remanescente de caatinga no sertão paraibano*. Monografia de Bacharelado em Ciências Biológicas. Em: João Pessoa, Universidade Federal da Paraíba, 1996.

MOTTA, J. L. G.; FONTANA, D. C. & WEBER, E. Verificação da acurácia da estimativa de área cultivada com soja através de classificação digital de imagens Landsat. In: INPE. *Anais X SBSR*. Foz de Iguaçu: INPE, 2001, p.123-129.

PEREIRA, R. M. A.; ARAUJO FILHO, J. A.; LIMA, R. V.; PAULINO, F. D. G. e LIMA, A. O. N. Estudos fenológicos de algumas espécies lenhosas e herbáceas da caatinga. *Ciências Agronômicas*, 1989, Nº 20, p. 11-20.

ROSA, R. *Introdução ao sensoriamento remoto*. Uberlândia: UFU, 2003. Disponível

em Internet: <http://marTE.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr>

SANTOS, M. *Metamorfose do Espaço Habitado*. São Paulo: Hucitec, 1997.

SANTOS, R. L. *O uso de processamento digital do sensor Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) na identificação de horizontes*

coesos em solos dos Tabuleiros Costeiros da Bahia. Tese Doutorado em Engenharia. Em: Departamento de Engenharia de Transportes, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Brasil, 2005.

SILVA, A. B. *Sistema de informações Georreferenciadas: conceitos e fundamentos*. Campinas São Paulo: Unicamp, 2003. Disponível em Internet: <http://hidroWeb.ana.gov.br>