

MUDANÇAS DO USO DA TERRA NO MUNICÍPIO DE SERRA TALHADA-PE UTILIZANDO ANÁLISE POR COMPONENTES PRINCIPAIS (ACP)

Sara Fernandes de SOUZA¹

Maria do Socorro Bezerra de ARAÚJO²

Josiclêda Domiciano GALVÍNCIO³

RESUMO

A utilização de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento em análises ambientais têm se tornado uma prática cada vez mais freqüente. Em relação ao uso da terra e da cobertura vegetal, há uma contribuição de modo expressivo para a rapidez, eficiência e confiabilidade dos dados das análises dos diversos processos de modificação dos objetos estudados. O objetivo desse estudo foi analisar mudanças ocorridas no uso da terra no município de Serra Talhada-PE, utilizando Análise Por Componentes Principais (ACP), que é um método estatístico que pode ser usado facilmente para fazer correlações entre imagens de satélite. Foram utilizadas imagens Landsat 7 ETM+ em formato digital, órbita 216, ponto 66 de 14 de março de 2002 e Landsat 2 MSS, órbita 232, ponto 66 de 08 de março de 1981, que foram processadas utilizando o método da ACP e o programa ERDAS IMAGE 9.1. Foi identificada a cobertura vegetal para cada imagem e suas mudanças ocorridas entre os períodos 1981 e 2002. Houve aumento da cobertura vegetal em áreas expostas e diminuição em áreas não expostas. O resultado do balanço entre aumento e diminuição da vegetação foi um ganho de 1,76 %. A Análise por Componentes Principais mostrou-se uma boa técnica para avaliar mudanças da cobertura vegetal, utilizando imagens do satélite Landsat, permitindo desta forma sua quantificação e análise sazonal.

Palavras-chave: solos de semi-árido, cobertura vegetal, sensoriamento remoto.

ABSTRACT

The use of remote sensing and geo-processing techniques in environmental analysis has become very frequent. Regarding land-use and vegetation cover there has been a sensible contribution towards increased velocity, efficiency and reliability of data analysis of the several studied objects. The aim of this study is to analyze changes in land-use in the municipality of Serra Talhada, State of Pernambuco, using PCA (Principal Components Analysis) techniques, which is a statistical method which may be easily applied to establish correlations amongst satellite images. Digital format ETM+ Landsat 7 images, orbit 216, point 66 from March 14, 2002 were used, as well as Landsat 2 MSS images, orbit 232, point 66 from March 8, 1981. Images were processed using PCA method and ERDAS IMAGE 9.1 software. Vegetation cover was identified at each image as well as changes occurred in the 1981/2001 lapse. Vegetation cover increased over exposed areas and diminished over non-exposed areas. The resulting budget between vegetation increase and

¹ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia-UFPE. E-mail: sarinhafs@hotmail.com.

² Professora do Departamento de Ciências Geográficas-UFPE. E-mail: socorroaraujo@pq.cnpq.br.

³ Professora do Departamento de Ciências Geográficas-UFPE. E-mail: josicleda@hotmail.com.

decrease was a net gain of 1.76 %. PCA has proved to be a good technique to assess changes in vegetation cover by the use of Landsat images, thus permitting its quantification and seasonal analysis.

Key words: remote sensing, semi-arid soils, vegetal cover.

1. INTRODUÇÃO

A paisagem semi-árida do nordeste brasileiro caracteriza-se por possuir solos rasos e argilosos em áreas do cristalino e arenosos e pouco profundos a profundos em área sedimentares (EMBRAPA, 2000). Em ambas as áreas podem ocorrer solos com pedregosidade. Desta forma, o uso do solo requer cuidados essenciais no seu manuseio, uma vez que essas características, somadas à intensa atividade humana, originam uma região com solos altamente susceptíveis à erosão (BERTONI e NETO, 1990).

Dentre os fatores que influenciam os processos erosivos estão: a erosividade, medida pela intensidade e energia cinética da chuva; a erodibilidade, determinada pelas características físicas, químicas e morfológicas do solo; a cobertura vegetal, pela sua maior ou menor proteção do solo; os declives e comprimentos de encosta; as práticas de conservação e o manejo do solo (ÁLVARES e PIMENTA, 1998).

As terras se tornam mais susceptíveis à perda de solo à medida que são desmatadas, pois desprotegidas da cobertura vegetal são diretamente atingidas pela chuva. As práticas de manejo inadequadas ao tipo de solo também proporcionam uma maior vulnerabilidade e aceleração aos processos erosivos (GUERRA *et al.*, 2005).

O monitoramento e análise dos impactos do uso da terra sobre as regiões naturais são de primordial importância para que se possa gerar um planejamento aplicável às áreas afetadas. O sensoriamento remoto é de fundamental importância nos estudos sobre o uso da terra, pois oferece viabilidade e agilidade nos dados adquiridos pelas imagens de satélite (GOMES e MALDONADO, 1998).

A utilização de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento em análises ambientais têm se tornado uma prática cada vez mais freqüente. Há na literatura um vasto número de trabalhos que utilizam a aplicação de dados orbitais na caracterização do uso da terra: Rosendo e Rosa (2007) estudaram a detecção de mudanças no uso da terra e cobertura vegetal; Franco *et al.* (2007) utilizaram imagens landsat-5 para estudo de degradação ambiental no semi-árido nordestino; Barbalho *et al.* (2007) estudaram o uso da terra a partir de imagens landsat-5 em região sub-úmida no centro-oeste brasileiro; Teotia *et al.* (2003) utilizou o sensoriamento remoto e SIG para avaliar a capacidade do uso da terra no semi-árido nordestino; Maldonado *et al.* (2001) aplicaram análise por

componentes principais para detecção de mudanças em região do semi-árido. Em relação ao uso da terra e da cobertura vegetal, há uma contribuição de modo expressivo para a rapidez, eficiência e confiabilidade dos dados das análises dos diversos processos de modificação dos objetos estudados (ROSENDO e ROSA, 2007). Contudo, apesar de ser um método rápido, viável e de grande importância ao monitoramento ambiental, torna-se essencial um processamento digital de imagens para que seus dados sejam utilizados com maior precisão. Portanto, vários métodos estatísticos e matemáticos são direcionados para aplicação com sensoriamento remoto, entre eles, a análise por componentes principais (ACP), que é um método estatístico que pode ser usado facilmente para fazer correlações entre imagens de satélite.

Segundo Centeno (2004), o sensoriamento remoto utiliza bandas espectralmente próximas e altamente correlacionadas entre si. Por isso, parte da informação contida em um conjunto de bandas pode ser redundante. Assim, o método de análise por componentes principais elimina essa repetição de dados, resumindo as informações que interessam em um conjunto menor.

A análise por componentes principais que também é conhecida como transformação por principais componentes, ou ainda como transformada de Karhunen-Loeve, é considerada uma das funções mais poderosa de processamento de imagens em relação à manipulação de dados multitemporais (CROSTA, 1992).

A principal função da ACP é determinar a extensão da correlação existente entre as bandas e, através de uma transformação matemática apropriada, remover a correlação existente entre as bandas. Assim, a ACP é aplicada da seguinte forma: um conjunto de N imagens de entrada, depois de processadas pela ACP, vai produzir um outro conjunto de N imagens de saída com nenhuma correlação entre si. O primeiro conjunto de saída será chamado de primeira componente principal ou CP1, o segundo conjunto de saída será chamado de CP2, o terceiro, de CP3, e assim por diante. A primeira componente principal ou CP1 irá conter a informação que é comum a todas as bandas N originais. A CP2 conterá a feição espectral mais significativa do conjunto. As CPs seguintes conterão feições espectrais cada vez menos significantes, até a última CP, que conterá a informação que sobrar, ou seja, a menos significativa (CROSTA, 1992).

Para a aplicação da ACP não há necessidade da utilização de um conjunto com todas as bandas da imagem, podendo-se selecionar e compor apenas as bandas de interesse para o objeto da pesquisa, que no referido trabalho se resume às bandas que melhor expressam as respostas dos alvos solo e vegetação. Portanto, nos estudos de detecção de mudanças,

pode-se desenvolver a aplicação do método somente com duas imagens de duas datas diferentes, na mesma faixa espectral. Desta forma, a CP1 possuirá as informações comuns entre as bandas, que em geral diminui à medida que a o período de tempo entre as imagens aumenta. A CP2 terá a expressão das mudanças ocorridas de uma data para outra, sendo assim, o conjunto de componentes de maior importância para análise de mudanças na cobertura do terreno (MALDONADO, 1999).

O objetivo desse estudo foi analisar mudanças ocorridas no uso da terra no município de Serra Talhada-PE, utilizando Análise Por Componentes Principais (ACP). Os resultados gerados poderão subsidiar um planejamento mais adequado do uso da terra local.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localização e caracterização da área de estudo

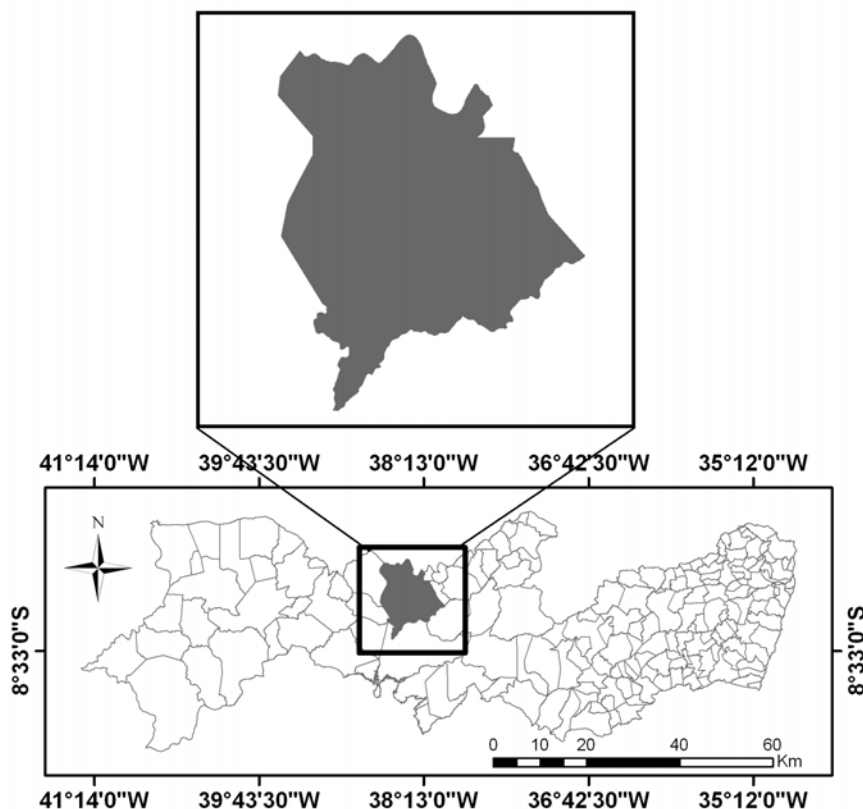


Figura 1. Mapa de Localização da área de Estudo.

O município de Serra Talhada localiza-se na porção norte da microrregião do Pajeú no Estado de Pernambuco limitando-se geograficamente, ao norte, com o Estado da Paraíba, ao sul, com o município de Floresta, a leste com Calumbi, Betânia e Santa Cruz da Baixa Verde e, a oeste, com São José do Belmonte e Mirandiba. A área municipal ocupa

2.959 km² e possui as coordenadas 07°59'31" sul e 38°17'54" oeste, estando a uma altitude de 429 metros (CPRM, 2005).

O município de Serra Talhada está inserido na unidade geoambiental da Depressão Sertaneja que representa a paisagem típica do semi-árido nordestino, caracterizada por uma superfície de pediplanação, com relevo predominantemente suave-ondulado, cortada por vales estreitos, e com vertentes dissecadas. Elevações residuais, cristas e/ou outeiros pontuam a linha do horizonte. Esses relevos isolados testemunham os ciclos intensos de erosão que atingiram grande parte do sertão nordestino (CPRM, 2005).

A vegetação é basicamente composta por caatinga hiperxerófila com trechos de floresta caducifólia, e o clima é do tipo tropical semi-árido, com chuvas de verão (CPRM, 2005).

Segundo a EMBRAPA (ZAPE, 2001), os principais tipos de solos ocorrentes em Serra Talhada são:

- Argissolo (antigo Podzólico): solos constituídos por material mineral com argila de atividade baixa e horizonte B textural imediatamente abaixo de horizonte A ou E. (EMBRAPA, 1999).

- Argissolo Amarelo (antigo Podzólico Amarelo)
- Argissolo Vermelho (antigo Podzólico Vermelho)
- Argissolo Vermelho Escuro (antigo Podzólico Vermelho Escuro)

- Cambissolo: solos constituídos por material, que apresentam horizonte A ou hístico com espessura < que 40 cm seguido de horizonte B incipiente, (EMBRAPA, 1999).

- Luvissolos (antigo Bruno não Cálcico): solos constituídos por material mineral com argila de atividade alta, saturação por bases alta e horizonte B textural ou B nítico imediatamente abaixo de horizonte A fraco, ou moderado, ou horizonte E (EMBRAPA, 1999).

- Neossolo: solos constituídos por material mineral ou por material orgânico com 30 cm de espessura, não apresentando qualquer tipo de horizonte B diagnóstico (EMBRAPA, 1999).

- Neossolo Flúvico (antigo Solo Aluvial)

- Neossolo Quartzarênico (antigo Areia Quartzosa)
- Neossolo Regolítico (antigo Regossolo)
- Neossolo Regolítico Eutrófico Distrófico (antigo Regossolo Eut. Dist.)

- Planossolo: solos constituídos por material mineral com horizonte A ou E seguido de horizonte B plânico e satisfazendo (EMBRAPA, 1999).

- Planossolo (antigo Solonetz Solodizado)

Para o desenvolvimento do referido estudo, foram utilizadas imagens Landsat 7 ETM+ em formato digital, órbita 216, ponto 66 de 14 de março de 2002 e Landsat 2 MSS, órbita 232, ponto 66 de 08 de março de 1981, que são, atualmente, as que possuem as melhores condições de visibilidade e cobrem praticamente todo o território do município (Figura 2).

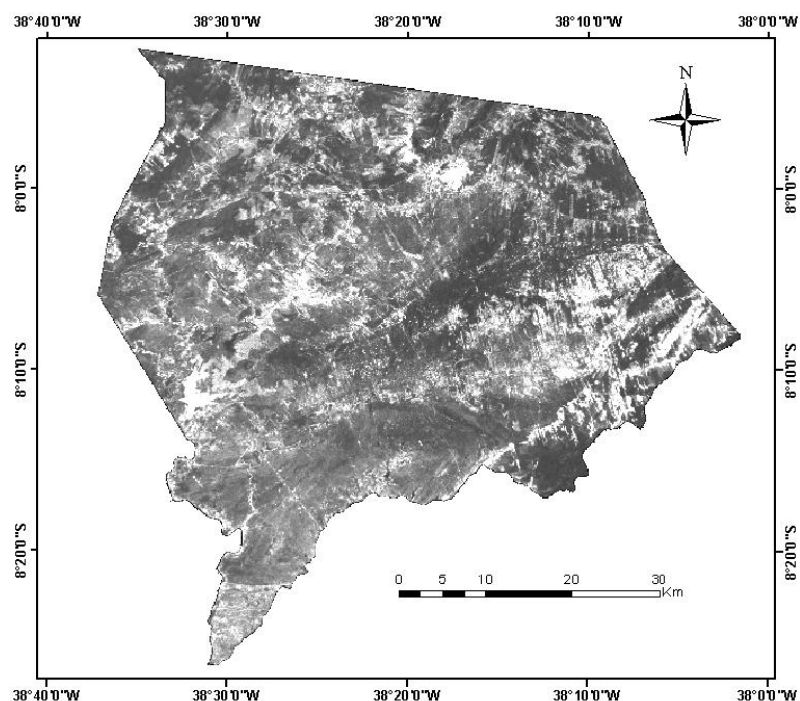


Figura 2. Recorte da imagem 216.66, cobrindo a maior parte do município de Serra Talhada – PE.

O programa utilizado para o processamento digital foi o ERDAS IMAGE 9.1, que foi processado no Departamento de Meteorologia da Universidade Federal de Campina Grande-PB, o qual executou as seguintes funções:

- Empilhamento das bandas correspondentes

- Reprojeção das imagens.
- O recorte da área de estudo.
- O registro das imagens.
- Aplicação da Análise por componentes Principais
- Classificação das imagens

Para a confecção dos mapas utilizou-se o programa ARC GIS 9.1, disponível no Observatório do Departamento de Ciências Geográficas.

Foi utilizado o método de Análise por Componentes Principais (ACP) para o processamento dos dados digitais. As imagens tiveram suas bandas 3 e 4 reprojetadas para as coordenadas UTM WGS 84 South – zona 24 e resolução de 80 metros, pois o sensor ETM+ possui uma resolução de 30 metros e o sensor MSS uma resolução de 80 metros. Esse processo de reprojeção foi executado pelo módulo *Data Preparation* na função *Reproject Images* do programa ERDAS IMAGE 9.1. A seguir, as imagens foram registradas, de forma automática, pelo módulo *Auto Sync* na função *Georeferencing Wizard*. Essa forma automática registra a imagem tomando com referência uma imagem já registrada.

A próxima etapa foi a aplicação da ACP para identificar a cobertura vegetal e para identificar as mudanças ocorridas entre os períodos 1981 e 2002.

2.2. Identificação da cobertura vegetal em cada imagem composta

Para a aplicação da ACP foi necessário primeiramente o empilhamento das imagens das bandas selecionadas. Esse empilhamento foi feito através da sobreposição das imagens das bandas 3 e 4 de cada sensor, produzindo uma imagem composta para cada sensor. O empilhamento foi efetuado no módulo *Image Interpreter*, com as funções *Utilities* e *Layer Stack*. Em seguida, foi efetuado o recorte da área de estudo, com os seguintes procedimentos: O mapa do município de Serra talhada é sobreposto sobre cada imagem composta, separadamente, e depois é feito o recorte do município. O recorte foi feito utilizando-se o módulo *Data Preparation* na função *Subset Image*.

As imagens compostas de cada sensor foram processadas no módulo *Image Interpreter* e funções *Spectral Enhancement* e *Principal Components* para fazer correlações entre as bandas de cada imagem. A primeira correlação resultou numa imagem contendo as informações comuns entre as bandas da imagem composta, que foi denominada de primeira componente principal ou CP1. A segunda correlação resultou

numa imagem contendo as informações distintas entre as bandas da imagem composta, que foi denominada segunda componente principal ou CP2. Somente são utilizadas as CP2 de cada imagem para análise da cobertura vegetal existente, pois são nelas onde estão contidas as informações não correlacionadas entre as bandas.

Para identificar a quantidade de cobertura vegetal apresentada pelas imagens CP2 de cada período, foi efetuada uma divisão das imagens em três classes, executada pelo módulo *Data Preparation* na função *Unsupervised Classification*. A terceira classe é a que representa a vegetação. A partir dela pôde ser determinada a porcentagem de vegetação existente na CP2 de 1981 e na CP2 de 2002.

2.3. Identificação das mudanças ocorridas entre os períodos 1981 e 2002

Foram utilizadas as imagens da banda 3 de cada sensor, porque é a banda que melhor expressa as mudanças ocorridas na cobertura da terra (Maldonado, 1999).

O empilhamento das imagens foi feito com as imagens da banda 3 de cada sensor, produzindo uma única imagem composta para os dois sensores.

Em seguida, os procedimentos foram idênticos aos utilizados para determinação da cobertura vegetal.

Para quantificar as mudanças ocorridas entre os períodos de 1981 a 2002 apresentadas na CP2, foi efetuada uma divisão das imagens em cinco classes. A primeira e a segunda classe são referentes às áreas de perda de cobertura vegetal; a terceira classe representa as áreas que não sofreram modificações; e a quarta e a quinta classe representam as áreas que apresentaram ganho de vegetação.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 apresenta a variação da precipitação média mensal em dois diferentes postos pluviométricos no município de Serra Talhada. Observa-se que o município possui duas estações climáticas bem definidas, uma entre janeiro a abril (período chuvoso) e outra entre maio a dezembro (período seco). No período chuvoso o pico de precipitação ocorre no mês de março.

Devido ao fato do município de Serra Talhada apresentar sua precipitação máxima no mês de março, escolheram-se imagens desse período. Pois de acordo com Carvalho (1986) a época úmida é considerada a mais apropriada para discriminação de solo exposto, uma vez que nesse período a cobertura vegetativa da terra se encontra máxima.

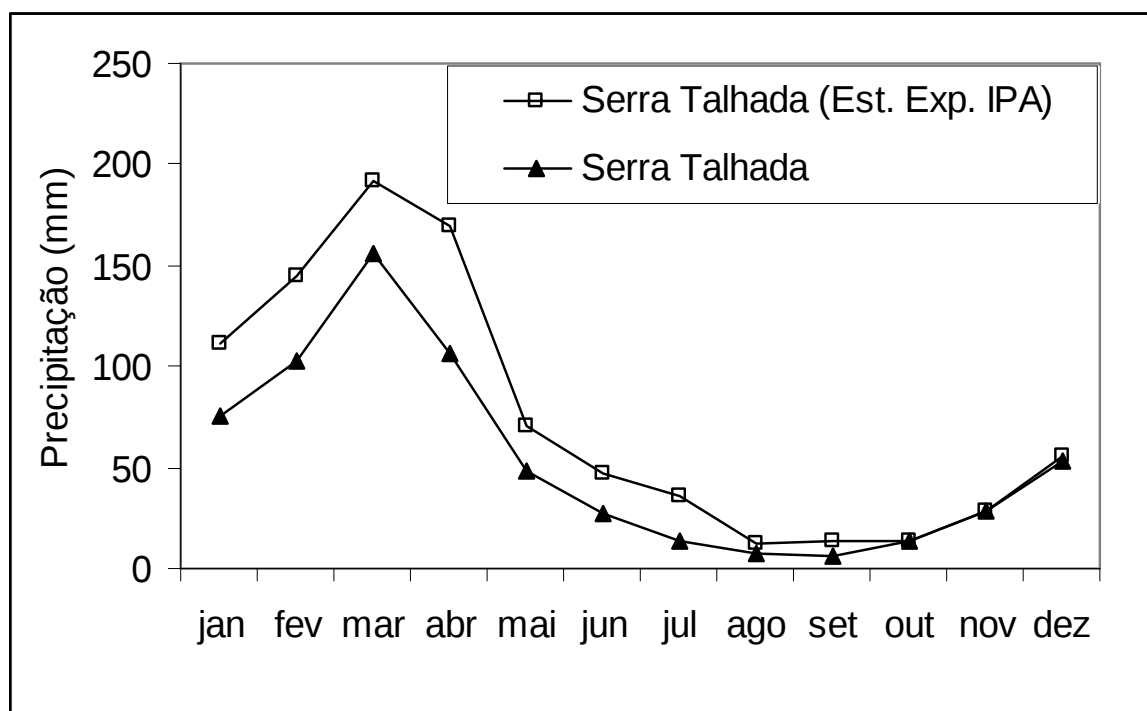


Figura 3. Distribuição das precipitações mensais no município de Serra Talhada – PE.
Fonte: ITEP.

A Figura 4 é representada pela CP2 da imagem de 1981 que indica a quantidade de vegetação densa existente nesse período. Pôde se detectar que a área obteve 27,69% de cobertura vegetal densa, a qual se apresenta, em sua maior parte, de forma descentralizada na imagem. Contudo com pontos de menor proporção vegetativa no centro-norte, no nordeste e no centro-sudeste na imagem.

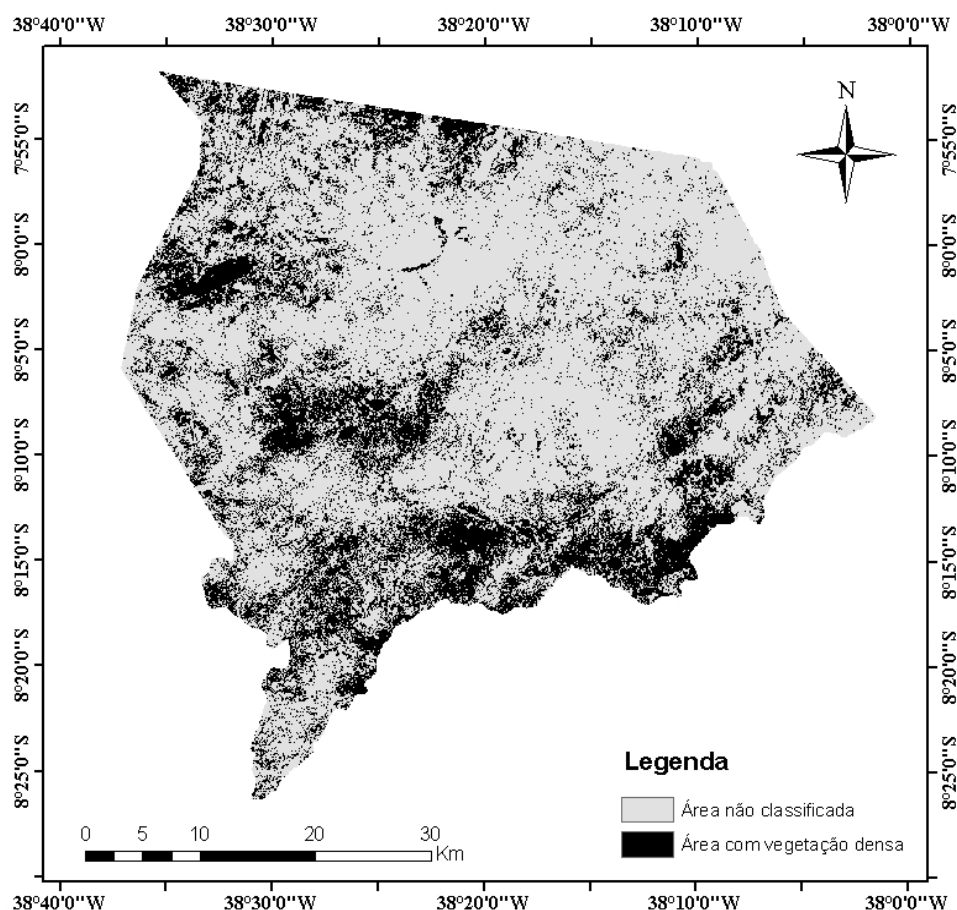


Figura 4. Mapa de vegetação densa do município de Serra Talhada-PE, obtido da imagem de 1981.

A CP2 da imagem de 2002 é representada pela Figura 5 que mostra a cobertura vegetal densa deste período indicada por 29,45% da imagem. A CP2 de 2002 possui um aumento de 1,76% em relação a CP2 de 1981.

É perceptível que a cobertura vegetal de 2002 concentra-se praticamente nas regiões nordeste, sudeste e um pouco ao noroeste da imagem, ou contrário quando comparada com a CP2 de 1981 que mostra essas regiões não vegetadas. Nota-se que está ocorrendo abandono de terras em algumas áreas (recuperando sua cobertura vegetal) e em outras áreas ocorrendo ocupação (perda de cobertura vegetal), pois as áreas que possuíam cobertura vegetal de 1981, não possuem mais em 2002, e as áreas que não eram vegetadas em 1981 tornaram-se vegetadas em 2002.

Desta forma, esse aumento vegetacional concentrado nessas regiões pode estar provavelmente relacionado com as atividades econômicas locais ligadas ao uso da terra (agricultura, pecuária, silvicultura). A área em estudo encontra-se em uma região semi-

árida altamente susceptível a erosão, e essas atividades agropecuárias agredem diretamente o solo.

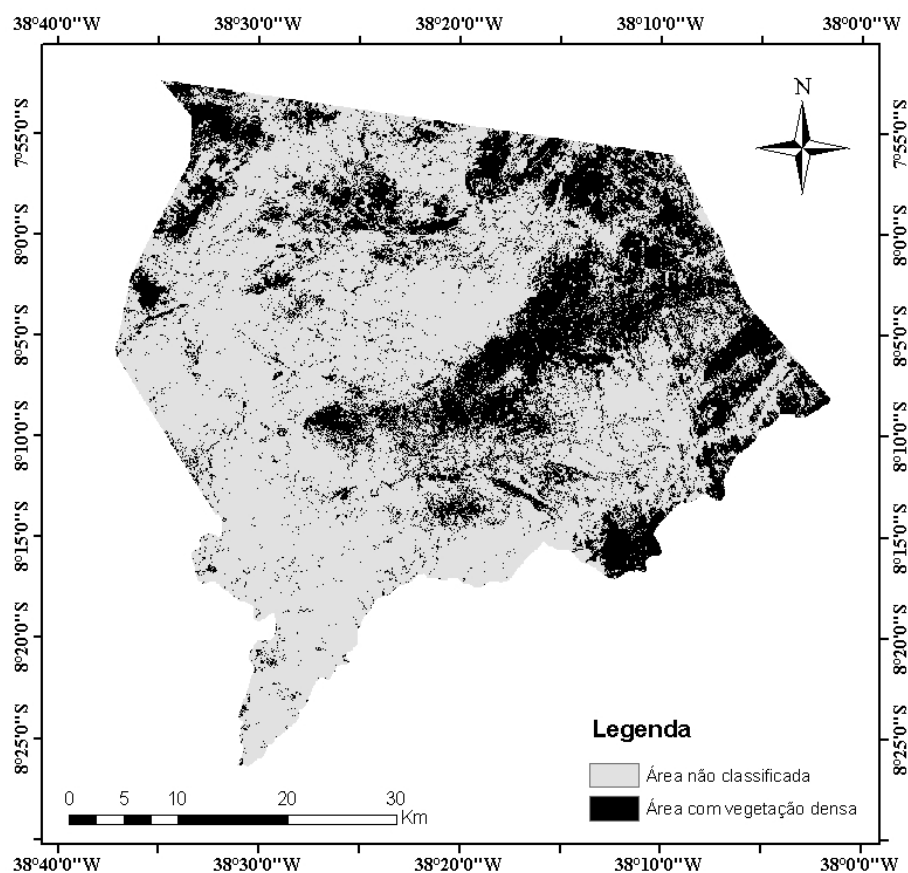


Figura 5. Mapa de vegetação densa do município de Serra Talhada-PE, obtido da imagem de 2002.

A Figura 6 apresenta as mudanças ocorridas em 21 anos (1981-2002) no município de Serra Talhada. As áreas que perderam cobertura vegetal foram de aproximadamente 29,75% e as áreas que ganharam cobertura vegetal foram de aproximadamente 28,32% da imagem total. Ocorreu uma pequena mudança positiva na cobertura vegetal da área estudada, essa mudança provavelmente está associada aos perímetros irrigados abandonados, devido às práticas inadequadas de manuseio no solo, que podem gerar salinidade, compactação, perda de agregados, entre outros fatores erosivos, ou seja, a improdutividade da terra. De acordo com os procedimentos efetuados neste estudo, nota-se que o uso da ACP produz resultados semelhantes quando for aplicado para uma mesma imagem em diferentes bandas ou para diferentes imagens em uma única banda.

A porção nordeste da área apresenta o município de Serra Talhada e um perímetro irrigado denominado de Perímetro Cachoeira II, ao qual iniciou suas atividades em 1972,

atuando sobre uma área de 230 ha. O crescimento urbano de Serra Talhada nesse período gerou uma série de fatores que ocasionaram dificuldades ao abastecimento de água no Perímetro Cachoeira II. O aumento populacional e aumento do abastecimento de água do município relacionado com as condições pluviométricas da região contribuíram para os problemas de água no perímetro irrigado.

No Perímetro Irrigado Cachoeira II, Serra Talhada/PE, as atividades foram paulatinamente suspensas a partir dos anos 90, em decorrência da falta d'água no Açude Cachoeira II, que abastecia o perímetro (Fernandes, 2008). Em 2002, mesmo com a capacidade máxima de armazenamento, o perímetro não operou devido, principalmente, a problemas de infra-estrutura de irrigação, assim apresentando lotes com áreas abandonadas por apresentarem problema de salinidade.

Atualmente a população local continua a trabalhar com a agricultura, através a irrigação feita por poços e rios vizinhos. O IPA (Empresa Pernambucana e Pesquisa Agropecuária), em Serra Talhada, mantém vínculos alguns colonos para a produção de sementes de cebola.

De acordo com Fernandes (2008), no ano de 2002 foram ministrados alguns cursos sobre produção de hortaliças pelo SENAR (Serviço Nacional de Aprendizagem Rural) e, com o acompanhamento da ATER (Assistência Técnica e Extensão Rural), foi realizado um trabalho experimental com a produção de hortaliças (cenoura, beterraba, pepino, alface, coentro, abobrinha, espinafre em consórcio com melancia, feijão e milho), que eram culturas que os irrigantes tinham habilidades de cultivo. A produção média foi em torno de 400 kg/ha, entretanto com o advento da utilização das águas do rio Pajeú que estão contaminadas pelo esgotamento sanitário da cidade, o projeto não teve condições de seguir em frente.

Os resultados relacionados às mudanças ocorridas na cobertura da terra, tanto de extensão quanto de local de ocorrência, aumento e modificação da área de cobertura vegetal, podem ser em parte explicados pelo fato do abandono do Perímetro Irrigado Cachoeira II a partir de 1990 (Fernandes, 2008). Pelos resultados e discussões apresentados, o aumento de cobertura vegetal na região nordeste do município de Serra Talhada, no ano de 2002, em parte, se dá em função do abandono do Perímetro Irrigado Cachoeira II a partir de 1990 e em 2002 o perímetro não operou. No município de Serra Talhada 41,93% de sua área não apresentam modificações.

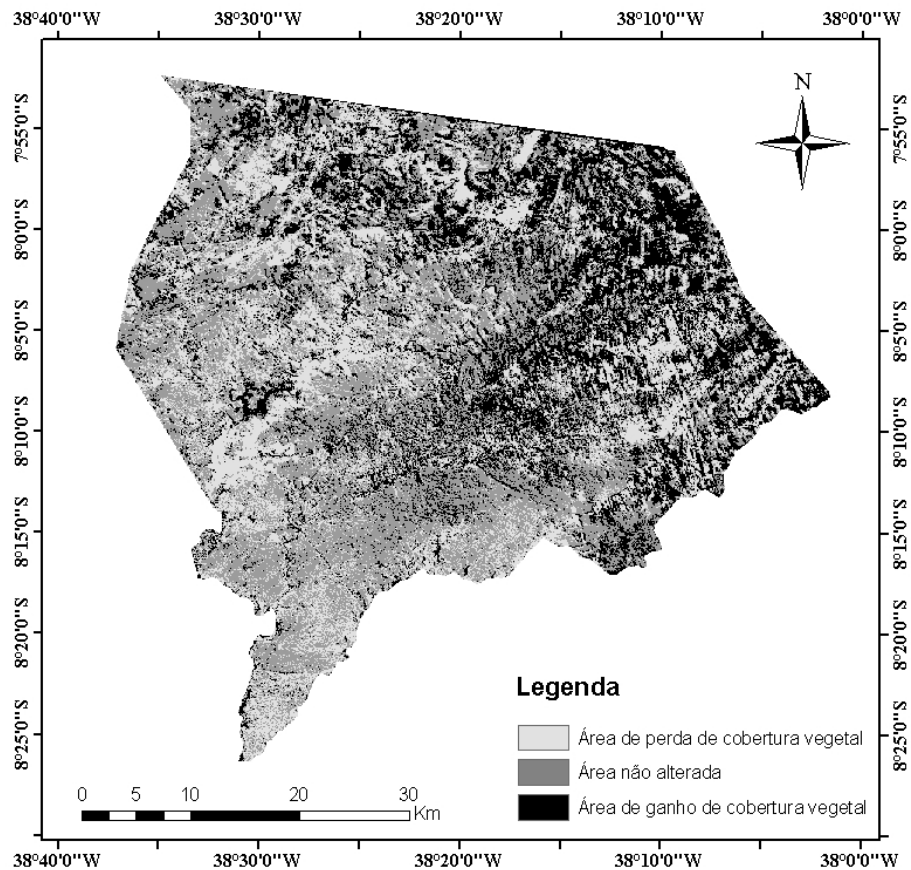


Figura. 6- Mapa de Mudanças ocorridas na terra do município de Serra Talhada-PE.

4. CONCLUSÕES

Houve aumento em torno de 1,5% da cobertura vegetal no município de Serra Talhada, entre o período de 1981 a 2002. Essas mudanças ocorreram de forma praticamente compensadas.

O aumento da cobertura vegetal na região nordeste do município de Serra Talhada, no ano de 2002, em parte, se dá em função do abandono do Perímetro Irrigado Cachoeira II.

Os resultados aplicando ACP para identificação da cobertura vegetal entre a banda 3 e 4 do Landsat e para cada imagem separada ou para identificação das mudanças quando utilizadas somente a banda 3 com as imagens unidas foram semelhantes.

A Análise por Componentes Principais mostrou-se um bom método para identificar a cobertura vegetal e avaliar mudanças na cobertura da terra, utilizando imagens do satélite Landsat, permitindo desta forma sua quantificação e análise sazonal.

5. REFERÊNCIAS

ALVARES, M.T.P.; PIMENTA, M.T. **Erosão Hídrica e Transporte Sólido em Pequenas Bacias Hidrográficas**. In: Congresso da água. 4., 1998. Disponível em:http://snirh.inag.pt/snirh/estudos_proj/portugues/docs/desertificacao fichas.html.

BARBALHO, M.G. da S.; BARBALHO, F.G.; ARAÚJO, M.A. de; FERREIRA, R.A.F. 2007. **Análise Temporal do uso da terra no município de Cristalino-GO a partir da utilização de imagens Landsat-5TM**. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais. Florianópolis, INPE.

BERTONI, J.; NETO, F.L. 1990. **Conservação do Solo**. Editora: Ícone. São Paulo. 355p.

CARVALHO, V.C. 1986. **Structure e dynamique de la vegetation en milieu tropical semi-aride. La Caatinga de Quixaba (Pernambouc, Brésil): duterrain à l'analyse des données MSS/LANDSAT**. Thèse e Doctorat de l'Université de Toulouse II – Le Mirail, Toulouse. 322p. (INPE-4049-RPE/524).

CENTENO, J.A.S. 2004. **Sensoriamento Remoto e Processamento de Imagens Digitais**. Curitiba: Ed. Curso de Pós-graduação em Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná. 219p.

CPRM: **Serviço Geológico do Brasil**: Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água subterrânea de Pernambuco – Diagnóstico do município de Serra Talhada. Outubro de 2005.

CROSTA, A.P. 1992. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Campinas – SP: IG /UNICAMP. 170p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de Classificação de Solos**. Embrapa Solos, 1999. 412p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2000. Levantamento de Reconhecimento de Baixa e média intensidade dos solos do Estado de Pernambuco / José

Coelho de Araújo Filho et al. – Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 378p. **Boletim de Pesquisa**. N. 11.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2000. Levantamento de Reconhecimento de Baixa e média intensidade dos solos do Estado de Pernambuco / José Coelho de Araújo Filho et al. – Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 378p. **Boletim de Pesquisa**. n. 11.

FERNANDES, J.G. 2008. **Avaliação Espacial dos Solos e Águas do Perímetro Irrigado Cachoeira II, Serra Talhada/PE**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) UFRPE. Recife.

FRANCO, E.S.; LIRA, V.M. de; FARIAS, M.S.S. de; PORDEUS, R.V.; LIMA, V.L.A. de. 2007. Uso de imagens TM/Landsat-5 na identificação da degradação ambiental na microbacia hidrográfica em Boqueirão-PB. **Revista de geografia agrária**. v. 2, n. 3, p. 79-88.

GOMES, A.R.; MALDONADO, F.D. 1998. **Análise de Componentes Principais em Imagens Multitemporais TM/Landsat como Subsídio aos Estudos de Vulnerabilidade à Perda de Solo em Ambiente Semi-Árido**. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais. Santos, INPE.

GUERRA, A.T.G.; SILVA, A.S. da; BOTELHO; R.G.M. 2005. **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações**. 2º edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 340p.

ITEP. **Instituto de Tecnologia de Pernambuco**. <http://www.itep.br/> acessado em 10 de janeiro de 2008.

MALDONADO, F.D. 1999. **Análise por Componentes Principais (ACP) na caracterização da dinâmica do uso da terra em área do semi-árido brasileiro: Quixaba-PE**. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) INPE, São José dos Campos.

MALDONADO, F.D.; SANTOS, J.R. do; CARVALHO, V.C. de C. 2001. **Rotação espectral controlada como alternativa em Análise por Componentes Principais para detecção de mudanças em região do semi-árido.** Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais. Foz do Iguaçu, INPE.

ROSENDO, J. dos S.; ROSA, R. 2007. **Análise da detecção de mudanças no uso da terra e cobertura vegetal utilizando a diferença de índices de vegetação.** Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais. Florianópolis, INPE.

SAMPAIO, E.V.S.B.; SAMPAIO, Y.; VITAL, T.; ARAÚJO, M.S.B.; SAMPAIO, G.V. 2003. **Desertificação no Brasil – Conceitos, núcleos e tecnologias de recuperação e convivência.** Recife: Editora Universitária da UFPE. 202p.

TEOTIA, H.S.; SILVA, I. de F. da; SANTOS, J.R. dos; JUNIOR, J.F.V.; GONÇALVES, J.L. de. 2003. **Classificação da cobertura vegetal e capacidade de uso da terra na região do Cariri Velho (Paraíba), através de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento.** Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais. Belo Horizonte, INPE.

ZAPE. **Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco** / Fernando Barreto Rodrigues e Silva.[et al.]. Recife: Embrapa Solos - Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento - UEP Recife; Governo do Estado de Pernambuco (Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária), 2001. CD-ROM. (Embrapa Solos. Documentos; no. 35). ZAPE Digital.