

AVALIAÇÃO DO AVANÇO DA AGRICULTURA INTENSIVA NO CERRADO PIAUIENSE

*Claudionor Ribeiro da Silva^I
Kaíse Barbosa de Souza^{II}
Waldison França Furtado^{III}*

Resumo: A dualidade, produção agrícola e preservação ambiental, é um fato que se mantém presente com o crescimento da população mundial e com a globalização. De um lado, a necessidade de produção de alimentos, do outro, a obrigação em preservar o meio ambiente. Dentre os biomas existentes no Brasil, o Cerrado é o que mais sofreu alteração com esses dois fatores. Desde a década de 70 esse bioma vem sendo explorado intensivamente por práticas de agricultura mecanizada, especialmente no cultivo de grãos. Além das regiões Sul, Sudeste, e Centro Oeste, essa prática agrícola atinge, atualmente, o Nordeste brasileiro. O Estado do Piauí é um dos destaques, ocupando a terceira posição nessa região. Nesse contexto, a presente pesquisa tem por objetivo realizar uma análise temporal (1984-2009) do avanço da agricultura intensiva no Cerrado piauiense, usando imagens de satélites. Os resultados mostraram um aumento de 262,91% da área destinada para fins agrícolas. Este estudo vem corroborar com ações governamentais que tenham como meta o uso racional da terra e dos recursos bióticos florestais, existentes nesse bioma.

Palavras-chave: Cerrado; Agricultura intensiva; Sensoriamento Remoto.

Abstract: The duality agricultural production and environmental preservation is a fact which exists with the growth of the world population and globalization. On the one hand the need for food production, on the other, the requirement to preserve the environment. Among the existing Biomes in Brazil, the Cerrado was the most altered with these two factors. Since the 70's this biome has been explored intensively for mechanized farming practices, particularly in the cultivation of grain. In the South, Southeast and Midwest, this agricultural practice currently reaches the Brazilian Northeast. The State of Piauí is prominence, occupying the third position in this region. In this context, this research aims to conduct a temporal analysis (1984-2009) the advancement of intensive farming in the Cerrado Piauí using satellite images. The results showed an increase of 262.91% of the area intended for agricultural purposes. This study corroborates with government actions that have as goal the efficient land use and biotic resources of the forest, existing in this biome.

Keywords: Cerrado; Intensive agriculture; Remote Sensing.

^I Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, Minas Gerais, Brasil.

^{II} Universidade Federal do Piauí, Campus Bom Jesus, Piauí, Brasil.

^{III} Universidade Federal de Uberlândia, Campus Santa Mônica, Minas Gerais, Brasil.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil destaca-se no cenário internacional como grande produtor de grãos, devido especialmente ao clima, solos favoráveis e à grande quantidade de terras disponíveis para cultivo (Matos, 2006). A produção de grãos para as safras de 2008/2009 e 2009/2010 foi de 135,134 e 141,346 milhões de toneladas, respectivamente. A soja é a principal cultura produzida, seguida pelas culturas de milho e arroz. Juntas, essas culturas respondem por 81,3% da área plantada no Brasil. Na safra 2008/2009, a soja ocupou uma área de 21,7 milhões de hectares, sendo produzidas 57,2 milhões de toneladas. Em 2009/2010, a área ocupada por essa cultura aumentou em 6,1%, com produtividade média de 2941 kg/ha (EMBRAPA, 2010; IBGE, 2010; CONAB, 2010).

Parte desse bom desempenho é devido à situação favorável que o Nordeste vem apresentando nos últimos anos na produção de grãos. Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2010), aproximadamente 9% da safra brasileira, no período 2008/2009, foi produzida no Nordeste. A Bahia e o Maranhão se destacaram como maiores produtores de grãos nessa região e o Estado do Piauí ocupou o terceiro lugar. Essa região explorada no Nordeste, denominada de “última fronteira agrícola” é basicamente composta por vegetação de Cerrado.

O Cerrado é a segunda maior formação vegetal brasileira. É comum, nesse bioma, a existência de duas estações bem definidas: o inverno seco e o verão chuvoso. Como características típicas, o Cerrado apresenta: vegetação de savana tropical, plantas de aparência seca, entre arbustos esparsos e gramíneas, um tipo mais denso de vegetação de formação florestal, solos deficientes em nutrientes e ácidos, relevos variados, com predomínio das amplas chapadas e, grandes mananciais, especialmente de águas subterrâneas (Lemes et al., 2008; EMATER, 2009)

Inicialmente, o Cerrado abrangia uma área de cerca de 204 milhões de

hectares (Figura 1), atingindo vários Estados brasileiros. Contudo, com as alterações sofridas, especialmente pela antropização, restam aproximadamente 20% da área total, caracterizando o Cerrado como o sistema ambiental brasileiro que mais sofreu alteração com a ocupação humana e pela agricultura mecanizada (EMATER, 2009). Atualmente, menos de 2% da área desse bioma são protegidos em Unidades de Conservação.



Figura 1 – Áreas de Cerrado no Brasil (Área de estudo no retângulo/seta).

Fonte: Modificada de EMBRAPA (2009).

O Cerrado piauiense abrange uma área de aproximadamente 93 mil km². Possui uma peculiar e rica diversidade em flora e fauna e tem um subsolo rico em aquíferos. Parte do Cerrado piauiense, principalmente na região Sul, sofre com a desertificação, fenômeno bastante sensível à antropização (Sales, 2003).

Até a década de 70, esse bioma foi explorado apenas com a pecuária e com a agricultura extensiva, com baixo impacto ambiental. A partir da década de 90, inicia a implantação da agricultura mecanizada, principalmente o cultivo de grãos, como a soja, milho, arroz, feijão e algodão. A expansão agrícola ocorre principalmente nas regiões Sul e Sudoeste do Estado, por serem favorecidas pelo clima estável e pela topografia, composto por grandes platôs, em topos de chapadas. (Aguiar e Monteiro, 2005; EMATER, 2009; FUNAGUAS, 2009; Reydon e Monteiro, 2009).

Tendo em vista a dualidade, aumento da produção agrícola e preservação do Cerrado, torna-se

importante quantificar o crescimento da exploração desse bioma. Quando se trata do estudo de grandes áreas, o sensoriamento remoto tem sido uma ferramenta útil, com muitos casos de sucessos (Centeno, 2004; Gonzalez e Woods, 2000; Lillesand e Kiefer, 1994; Richards e Jia, 1999).

Técnicas de processamento de imagens, como classificação e cálculo de índices de vegetação, são instrumentos que podem facilitar o processo de identificação de feições em imagens digitais, especialmente a vegetação. Exemplo de índices de vegetação é o NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), processado por álgebra de bandas correspondentes aos comprimentos de ondas do Vermelho e Infravermelho. A classificação permite a rotulação de alvos em imagens digitais, tendo informações prévias ou não acerca de tais objetos.

Nesse contexto, o objetivo dessa pesquisa é quantificar a variação das áreas exploradas pela agricultura intensiva, no Cerrado piauiense, entre os anos de 1984 e 2009, usando uma série temporal de imagens digitais e técnicas de processamento digital de imagens.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

A área de estudo ocupa 23673,206 km² e está localizada nas regiões Sul/Sudoeste do Estado do Piauí (retângulo na Figura 1), onde concentra a maior parte da exploração do Cerrado para fins agrícolas. Essa área compreende parte dos seguintes municípios piauienses: Baixa Grande do Ribeiro, Uruçuí, Currais, Palmeira do Piauí, Bom Jesus, Santa Filomena e Gilbués. A economia da região baseia-se no cultivo agrícola de grãos. No relevo dessa área encontram-se formações tabulares, contornadas por escarpas íngremes. De uma maneira geral, a estrutura fundiária predominante é de grandes propriedades. As coordenadas UTM (Datum: WGS84 e Fuso 23) do ponto

central da área de estudo (Figura 2) são: E=517865 e N = 9042370.

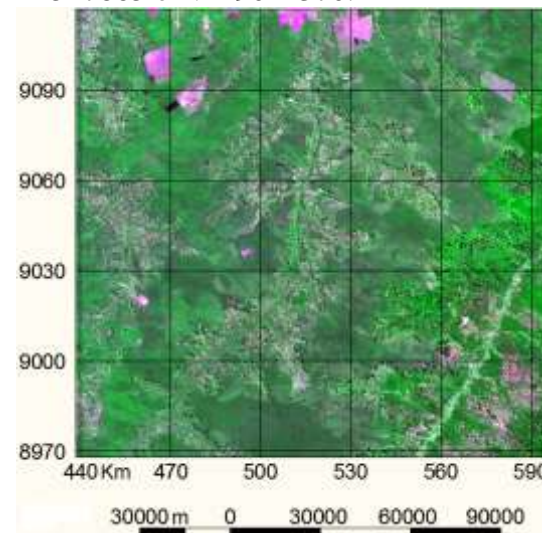


Figura 2 - Área de estudo (ano 1984).

Dados Espaciais

Foram usadas imagens TM do satélite Landsat 5, como ilustra a Figura 2. Essas imagens (bandas) utilizadas possuem resolução espacial de 30 metros e resolução espectral nos comprimentos de onda de 0,52-0,60 μm (verde - Vd), 0,63-0,69 μm (vermelho - Vm), e 0,76-0,90 μm (infravermelho próximo - IR). O conjunto de imagens utilizado é composto por 26 cenas (órbita 220, ponto 066). Essas imagens foram coletadas entre os meses de julho e setembro, de acordo com a disponibilidade nos anos de 1984 a 2009. Foi gerada uma imagem (composição RGB - Vm/IR/Vd) para cada ano. São dados que podem ser obtidos gratuitamente no *site* do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais).

O Modelo Digital de Superfície (MDS) é a representação do relevo, com todos os objetos existentes sobre ele, como as árvores, casas e torres. Os dados SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) é uma fonte de dados que possibilita a geração desse modelo. Nesse estudo foi usado um conjunto de dados SRTM com cerca de 90m de resolução espacial (área de 3''x3''). Esses dados são disponibilizados gratuitamente pela NASA, em arquivos cuja área de

abrangência é de 1° x 1° da superfície da Terra (Gonçalves et al., 2005).

Método

Embora todas as imagens sejam previamente georreferenciadas pelo INPE, elas não são acuradas, necessitando, portanto, da realização do registro para eliminar os pequenos deslocamentos existentes entre elas. Os pontos de controle, necessários na execução do registro, devem ser escolhidos estrategicamente, distribuídos por toda a área de interesse (área de estudo). O software ENVI 4.8 tem uma rotina desenvolvida para realizar essa tarefa com curto tempo de processamento. Nessa fase deve ser dada atenção especial ao erro médio quadrático (RMS – Root Mean Square), para que não ultrapasse o valor da unidade da imagem, o pixel.

Nesse estudo, os registros das imagens e MDS usadas foram executados tendo por base a imagem do ano 2009, com 25 pontos de controle e 10 de verificação. Esses processamentos apresentaram erro (RMS) máximo de 0,56 pixel.

Devido ao tamanho dos conjuntos de dados SRTM disponibilizados, a geração de MDS em área muito grande demanda, primeiramente, que os dados originais SRTM sejam agrupados por um processo de mosaicagem para que em seguida, a área de interesse (área de estudo) seja recortada desse mosaico, criando uma única cena. Para facilitar o cruzamento de informações entre o MDS, gerado a partir de dados SRTM, e imagens digitais de mesma área, o MDS deve ser reamostrado/interpolado em um *grid* do mesmo tamanho das imagens usadas, com subdivisões ou quadrados/células de mesma dimensão.

Nessa pesquisa, os dados SRTM foram reamostrados para um *grid* de 30 metros, ficando compatível com as imagens Landsat 5/TM.

Em regiões que apresentam altos platôs, a identificação/extração da feição vales/encostas pode ser relativamente fácil. Muitos softwares comerciais

disponibilizam funções que executam essa tarefa com facilidade, mas pode exigir alto custo computacional. Contudo, em áreas que apresentam esta particularidade, não é necessário um algoritmo tão especialista (detector de bacias hidrográficas); isto é, um algoritmo de agrupamento (*clustering*) pode realizar essa tarefa com maior rapidez e eficiência.

Os algoritmos de agrupamento classificam uma imagem em “n” diferentes classes, buscando a máxima homogeneidade intraclasse. O agrupamento é um processo automático, similar à classificação não-supervisionada, em que deve ser fornecido apenas a quantidade “n” de classes desejadas. O produto final é uma imagem com classes de valores digitais variando de 1 até n. Assim, todos os pixels pertencentes à classe 1, tem valor digital igual 1, e assim, sucessivamente. Exemplo desse tipo de algoritmo está implementado no software gv SIG 1.11, seguindo os passos: *Sextante ->Raster Layer Analysis ->Unsupervised Classification (Clustering)*.

Nesse estudo, o agrupamento foi realizado na imagem MDS usando o gv SIG 1.11, com 15 classes (n=15); número definido empiricamente. Após o agrupamento, os vales/encostas foram detectados selecionando as classes correspondentes a essa feição, formando uma imagem binária. Todos os pixels pertencentes às classes de 1 a 11 foram rotulados como vales/encostas, recebendo valor 0 (região escura) e os restantes, como platô, recebendo valor 1 (área clara). Finalmente, a eliminação da feição vales/encostas nas outras imagens foi realizada pela multiplicação dessas cenas (ex. Figura 2) com a imagem binária (Figura 3), gerada no agrupamento.

As imagens NDVI são obtidas pela razão da diferença e soma das bandas espectrais do Vermelho (V) e Infravermelho (IR), (equação 01).

$$NDVI = (IR - V) / (IR + V) \quad (01)$$

A partir da imagem NDVI, a classe vegetação pode ser definida com base em um limiar T, que é determinado

empiricamente. Os valores do índice NDVI maiores que T são classificados como vegetação e os menores que esse limiar, são rotulados como não-vegetação.

O classificador Máxima Verossimilhança (MaxVer) é comumente escolhido nos procedimentos de classificação supervisionada, devido à qualidade aceitável dos seus resultados. Esse classificador está implementado em vários softwares comerciais, como o software ENVI 4.8.

No presente estudo, o cálculo do NDVI e a classificação supervisionada das imagens foram realizados com o ENVI 4.8, usando o MaxVer. Essas tarefas foram realizadas subsequentemente à eliminação dos vales/encostas, reduzindo o tempo de processamento e a possível confusão espectral, dado que nessa área existe elevada heterogeneidade de feições.

O limiar T usado para avaliação da vegetação na imagem NDVI foi definido empiricamente com valor $T=0,8$. As classes usadas no MaxVer foram definidas com base em informações coletadas na imagem *in locu*. São elas: “Vegetação/Cerrado” (todas as classes que pertenciam a algum tipo de vegetação), “Solos/Talhão de soja” (as classes correspondentes ao solo e aos talhões de soja), “Queimadas/Incêndios” (as classes referentes às queimadas), e “Vales/Encostas” (classes que se referem aos vales dos rios e encostas das chapadas).

Por fim, para quantificar a área de solo exposto (que não é talhão de soja), a imagem de 1984 foi mapeada manualmente, descrevendo/quantificando as áreas de todos os talhões existentes naquele ano e esse valor foi subtraído da feição “Solos/Talhão de soja” em todas as cenas usadas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A feição Vales/Encostas extraída no processo de agrupamento pode ser visualizada na Figura 3.

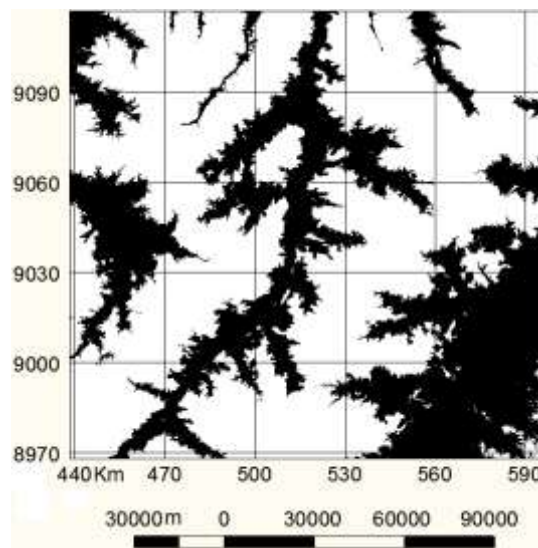


Figura 3 - Vales/Encostas extraídos no MDS.

A eliminação da feição Vales/Encostas não prejudicou os resultados, dado que as áreas de interesse são os platôs.

A seguir, é apresentada uma discussão em torno dos resultados da classificação e do NDVI, mostrando os erros e acertos que cada técnica apresentou e problemas encontrados com a confusão espectral entre classes distintas.

Pode-se notar na imagem classificada (Figura 4) que os solos expostos confundem com os talhões de soja, pois os talhões, antes do plantio, são solos expostos. Dessa forma, não é possível tratar essas duas classes de forma distinta. Essa confusão entre as duas classes não interfere nos resultados finais, dado que o objeto de estudo é a análise do remanescente da cobertura vegetal, que ainda não foi desmatado para implantação da agricultura intensiva.

A área dos talhões de soja existentes na área de estudo em 1984, mapeada manualmente, foi de $571,899\text{km}^2$. Dessa forma, os valores das áreas de solo exposto foram medidos pela subtração da área dos talhões com as áreas encontradas pelas técnicas de classificação ($13787,961\text{km}^2$) e NDVI ($13914,935\text{km}^2$).

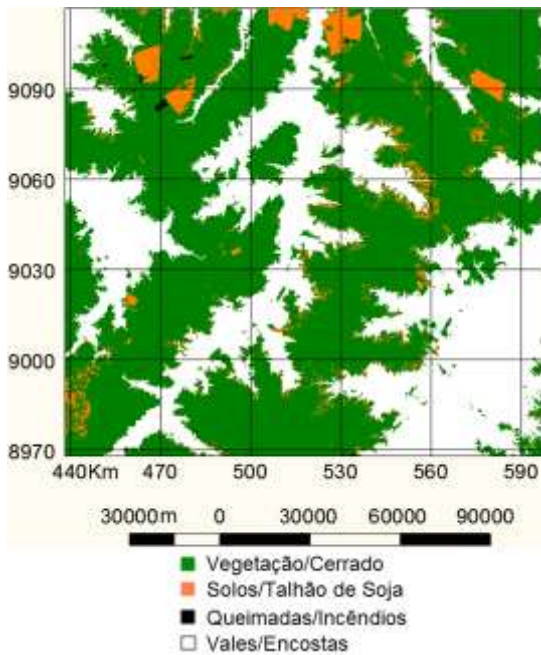


Figura 4 - Imagem classificada referente ao ano 1984.

O método de classificação supervisionada apresentou valor de área de solo exposto ($13216,061\text{km}^2$) menor que o valor obtido pelo método NDVI ($13343,035\text{km}^2$), com uma diferença de aproximadamente 1%. Considerando a área coberta por um pixel nas imagens Landsat 5 (900m^2) e a grande dimensão da área de estudo ($23673,206\text{km}^2$), essa diferença é pouco expressiva.

Observando a Figura 4, pode-se ver que a classe “solo exposto”, isolada dos talhões, concentra-se nas margens dos vales e encostas. Esse fenômeno ocorre por que nessas áreas a força/ação de intempéries é forte, como aquelas causadas pelas enxurradas e ventos, e isso pode derrubar a vegetação existente.

Os gráficos obtidos usando a classificação supervisionada estão ilustrados na Figura 5a. Os valores sequenciais no eixo das abscissas representam o período ano a ano, compreendido entre os anos 1984-2009. Isto é, o valor 1 representa o ano 1984, o valor 2 representa o ano 1985, e assim, sucessivamente. O eixo das ordenadas indica os valores de áreas em quilômetros quadrados.

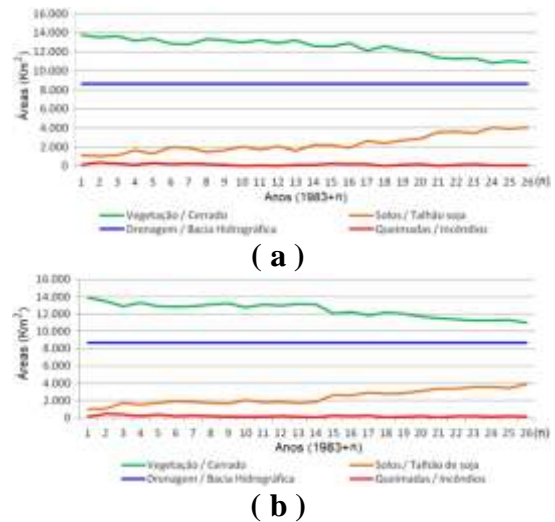


Figura 5 – Valores de áreas obtidas com: a) classificação supervisionada, e b) Rotulação por NDVI.

Observa-se que o gráfico da classe “vegetação” é decrescente, indicando a ocorrência de desmatamento ao longo desses anos. Conseqüentemente, o gráfico corresponde à classe “solos/talhão soja” é crescente nesse mesmo período, indicando um aumento de 262,91%. A área da feição Vales/Encostas não altera ao longo dos anos, assim, o gráfico correspondente a essa classe é uma reta com inclinação nula, indicando uma área de 36,59% da área total estudada. As queimadas ou incêndios são fenômenos de ocorrência com maior variabilidade, por este motivo não apresentaram uma tendência clara. Contudo, as oscilações são de valores moderados (máxima de 1,68%), se comparados com a área total.

As oscilações ocorridas no gráfico da vegetação são devidas especialmente às áreas de queimadas/incêndios. Em uma análise visual, percebe-se que as áreas de queimadas/incêndios ocorrem com maior frequência em áreas com vegetação, embora também ocorra em áreas de talhões, durante o preparo para o plantio. As altas escarpas existentes na área de estudo provocam o sombreamento, que é dependente da posição do sol no instante da tomada da imagem. As áreas cobertas por sombras são somadas às áreas de queimadas/incêndios, por não serem de interesse nesse estudo. Essas sombras são

encontradas nas margens dos vales e encostas, compostas por pixels não reconhecidos como “Vales/Encostas”.

Outros fatores que, embora não tenham sido investigados, podem contribuir com essas oscilações são as variações climáticas e o processo de desertificação (Sales, 2003), comuns naquela região. Em períodos muito seco, a vegetação perde parcial ou totalmente as folhas, permitindo que a radiação eletromagnética atinja o solo, fazendo com que o pixel apresente propriedade espectral de solos. Por outro lado, a desertificação provoca o aparecimento de voçorocas, a perda da cobertura vegetal e o surgimento do solo exposto (Sales, 2003).

Ressalta-se que esse fator climático é um caso isolado, apenas em anos de baixa precipitação; e que a magnitude das áreas correspondentes não é tão expressiva como aquelas correspondentes às queimadas/incêndios.

O desmatamento do Cerrado no período 1984-2009 foi de 21,13%, aproximadamente 3000 km². Observando o gráfico da Figura 5a, percebe-se que entre os anos 1984 e 1989 houve uma perda de vegetação nativa acentuada, de 6,65%, mas que se manteve aproximadamente estabilizada nos sete anos seguintes, entre 1989 e 1996, com uma perda de 2,61%. O desflorestamento volta a ser acentuado no período 1996-2007, com 18,08%; e praticamente constante nos três últimos anos analisados (0,08%), de 2007 até 2009.

Os resultados obtidos com a rotulação da imagem NDVI são similares aos obtidos com a classificação supervisionada. O gráfico da classe queimadas/incêndios apresenta os mesmos picos, referentes aos anos de 1985, 1988, 1998 e 2000. O gráfico dos solos é uma curva crescente que indica um aumento de 299,70% no período analisado: 1984-2009. O aumento da área dessa classe, em relação à mesma área no experimento anterior, foi de aproximadamente 14%. A feição Vales/Encostas não se altera, permanece

36,58% da área total, como mostrado na Figura 5b.

Nesse levantamento, a área desflorestada no período 1984-2009, em relação à mesma área em 1984, foi de 21,05%, com apenas 0,8% de diferença em relação ao método anterior. No intervalo de anos 1984-1989 também houve uma perda de vegetação acentuada, de 7,86%, apresentado um aumento de 1,21% em relação ao método da classificação supervisionada. Nos sete anos seguintes, entre 1989-1996, também se manteve estável o processo de desmatamento, variando de 2,20%, e reduzindo em 0,41%, se comparado à técnica usada anteriormente. A maior discrepância (4,05%) entre os dois métodos ocorreu no período 1996-2007, onde o desflorestamento volta a ser acentuado, com 14,03%; nos três últimos anos analisados (2007-2009), a perda de cobertura vegetal foi de 2,26%, cerca de 2,18% maior que na classificação supervisionada.

4. CONCLUSÃO

Estudos têm mostrado que aproximadamente 50% cobertura original do Cerrado brasileiro, quase um milhão de km², já foi retirada. A área analisada nesse estudo compreende apenas 25,45% do Cerrado piauiense; e, independente do método utilizado, foi mostrado que quase 3000km² da sua cobertura original foi perdida entre os anos 1984 e 2009. Os resultados também revelam que houve uma estabilidade da curva de desmatamento do Cerrado no último triênio. Esse é um equilíbrio natural, tendo em vista a limitação da área de Cerrado, o tamanho das áreas úteis para o cultivo e a existência da Estação Ecológica Uruçuí-Una (EEUU) contida nessa área.

Os dois métodos testados, usando a classificação supervisionada e NDVI, apresentaram resultados semelhantes para todas as classes analisadas, incluindo a variação da cobertura do Cerrado no período analisado.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem :Ao CNPq pelo financiamento dessa pesquisa; Ao INPE/NASA pelo provimento gratuito das imagens Landsat 5/SRTM; Ao ICMBio pelo apoio com transportes e disponibilidade de pessoal para guiar nossa equipe na área de estudo; e à UFPI e UFU, pelo apoio com transportes e disponibilização de infraestrutura (laboratórios).

6. REFERÊNCIAS

AGUIAR, T. J. A.; MONTEIRO, M. S. L. Modelo agrícola e desenvolvimento sustentável: a ocupação do Cerrado piauiense. **Ambiente & Sociedade**. v.08, n.02, 2005.

CENTENO, J. A. S. **Sensoriamento remoto e processamento de imagens digitais**. UFPR: Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

CONAB - Companhia Nacional do Abastecimento. **Séries estatísticas**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 18 Abr. 2010.

EMATER - Instituto de Assistência Técnica e Extensão Rural do Piauí. **Impacto ambiental da produção de grãos no Cerrado piauiense**. Disponível em: <<http://www.emater.pi.gov.br/artigo>>. Acesso em: 24 Jul. 2009.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cerrado brasileiro**. Disponível em: <<http://www.embrapa.br>>. Acesso em: 18 Abr. 2009.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cerrado brasileiro**. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br>>. Acesso em: 20 Set. 2010.

FUNAGUAS – Fundação Águas do Piauí. **Um diagnóstico sobre a exploração dos cerrados piauienses**. Disponível em:

<<http://www.funaguas.org.br/artigos/>>. Acesso em: 26 jul. 2009.

GONÇALVES, A. G.; SILVA, C. R.; MITISHITA, E. A. Comparação dos dados do SRTM com as RNs da rede geodésica altimétrica do IBGE para a região sul do Brasil. In: IV Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas, 2005, Curitiba, PR. **Anais... IVCBCG/UFPR**, 2005.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **Processamento de imagens digitais**. São Paulo:Blucher, 2000.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Safra de grãos em 2010**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 18 Abr. 2010.

LEMES, K. C.; LEMES, C. C.; FERREIRA, F. R.; PAULA, J. S.; MATOS, P. F. A Modernização da Agricultura e os Impactos Socioespaciais. **Revista Mirante** - UEG. v. 01, n. 02, 2008.

LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W. **Remote sensing and image interpretation**. 3rd ed., John Wiley & Sons, New York. 1994.

MATOS, P. F. A consolidação da modernização agrícola no Cerrado e os impactos ambientais. **Revista Mediação**, v.01, n.01, 2006.

REYDON, B.P.; MONTEIRO, M.S.L. **A ocupação do cerrado piauiense: um processo de valorização fundiária**. Disponível: <http://www.sober.org.br/pal_estra/>. Acesso em: 26 jul. 2009.

RICHARDS, J. A.; JIA, X. **Remote sensing digital image analysis – An introduction**. 3rd ed., Springer, Austrália. 1999.

SALES, M. C. L. **Degradação ambiental em Gilbués, Piauí**. Mercator, v.02, n.04, 2003.