

Mapeamento do uso e ocupação do solo nos anos 2000, 2005 e 2010 no município de Arraias, bacia do rio Paranã, Tocantins, Brasil, com dados de sensoriamento remoto.

Greison Moreira de Souza¹
Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi¹

¹ Universidade de Brasília – Departamento de Engenharia Florestal (UnB/EFL).
Caixa Postal 04357 - 70919-970 Brasília – DF, Brasil
{greison.moreira, ematricardi}@gmail.com

Abstract. Although the Brazilian Savannah shows large flora richness, it has been impacted by anthropogenic factors. The basin of the Paranã river is geographically located within the Brazilian Savannah region and Tocantins basin, which also shows a unique natural biological richness that makes this area very important for environmental conservation. This study conducted a multi-temporal analysis of the land use and land cover change in the Arraias municipality, State of Tocantins, located at the basin of the Paranã river, in 2000, 2005, and 2010, based on remote sensing imagery and geoprocessing tools. Based on it, unsupervised classification (K-Means, a built in technique available in ENVI 4.6®) to map land use and land cover change over the study area. The ENVI 4.6® built in technique K-means was used. The land use and land cover classes adopted were: Deforestation, urban area, rock exposures, water bodies, open and dense vegetation). Furthermore, it was assessed impacts on natural vegetation (open and dense vegetation types) using Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). These study results showed that the deforestation did not increase substantially in the study area between 2000 and 2010. However, it has been observed that the remaining natural vegetation is located in inaccessible, hilly, and rocky areas. The vegetation index results indicated that degradation process did not change either for the remaining natural vegetation. Finally, the results of this study may help to improving the development and conservation plans for the study region.

Palavras-chave: geoprocessing, vegetation index, unsupervised classification, geoprocessamento, índice de vegetação, classificação não-supervisionada.

1. Introdução

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, ocupando 23,92% do território do país. O bioma apresenta elevada riqueza de espécies endêmicas, e ainda possui a maior flora dentre as savanas mundiais (Mendonça et al. 1998).

No entanto, o Cerrado vem passando por severas transformações, até 2002, 54,9% da área original do bioma já foi desmatada, e apenas 34,2% permanecem inalteradas (Machado et al. 2004). É enquadrado como um dos *hotspots* mundial de conservação (Mittermeier et al. 1997), ou seja, bioma com elevada diversidade biológica e fortemente antropizado.

Nesse contexto, ferramentas de sensoriamento remoto têm sido uma importante aliada para subsidiar planejamentos territoriais, com o objetivo de melhorar a política de uso e ocupação do solo e planos de conservação, como a criação de unidades de conservação, corredores ecológicos e áreas prioritárias para a conservação.

O uso dessas ferramentas tem corroborado para o reconhecimento da superfície terrestre, e ainda possibilita realizar diagnósticos da ocupação da terra ao longo do tempo de forma rápida, freqüente, fidedigna e com baixo custo, avaliando as mudanças na paisagem natural no decorrer dos anos (Rosa 2003).

Entre os diversos métodos digitais de classificação no ENVI® (*The Environment for Visualizing Images*) foi escolhida a classe não-supervisionada com o método de agrupamento *K-Means*. Em comparação com agrupamento IsoData e a classe supervisionada (*Parallelepiped* e *Maximum Likelihood*), a classificação automática do *K-Means* apresentou melhor delineamento dos resultados para o objetivo do trabalho.

A região de interesse é o município de Arraias no estado do Tocantins, inserido na bacia do rio Paranã, no sudeste do Tocantins, numa área de 641.543 hectares. Essa bacia é considerada uma das últimas grandes áreas do Cerrado ainda conservadas, incluída no

Corredor Ecológico do Cerrado Paranã-Pireneus e ainda é considerada de interesse extremamente alta para a conservação do Cerrado (MMA 2007). Diante da importância da região para a manutenção da biodiversidade brasileira, os resultados desta pesquisa poderão subsidiar a definição de projetos de conservação e recuperação para a área de estudo, proporcionando a melhoria do meio ambiente e das condições de vida da população local.

O presente trabalho tem como objetivo realizar o mapeamento automático do uso e ocupação do solo no município de Arraias nos anos de 2000, 2005 e 2010 com o método de classificação automática não-supervisionada *K-means*.

2. Material e Métodos

2.1 Área de Estudo

O estudo foi realizado no município de Arraias numa área de 641.543 ha, localizada entre as coordenadas (12°20' – 13°20'S, 46°30' - 47°40'W), na bacia do rio do Paranã, que é uma sub-bacia do rio Tocantins, que se localiza no nordeste de Goiás e sudeste de Tocantins (Figura 1).

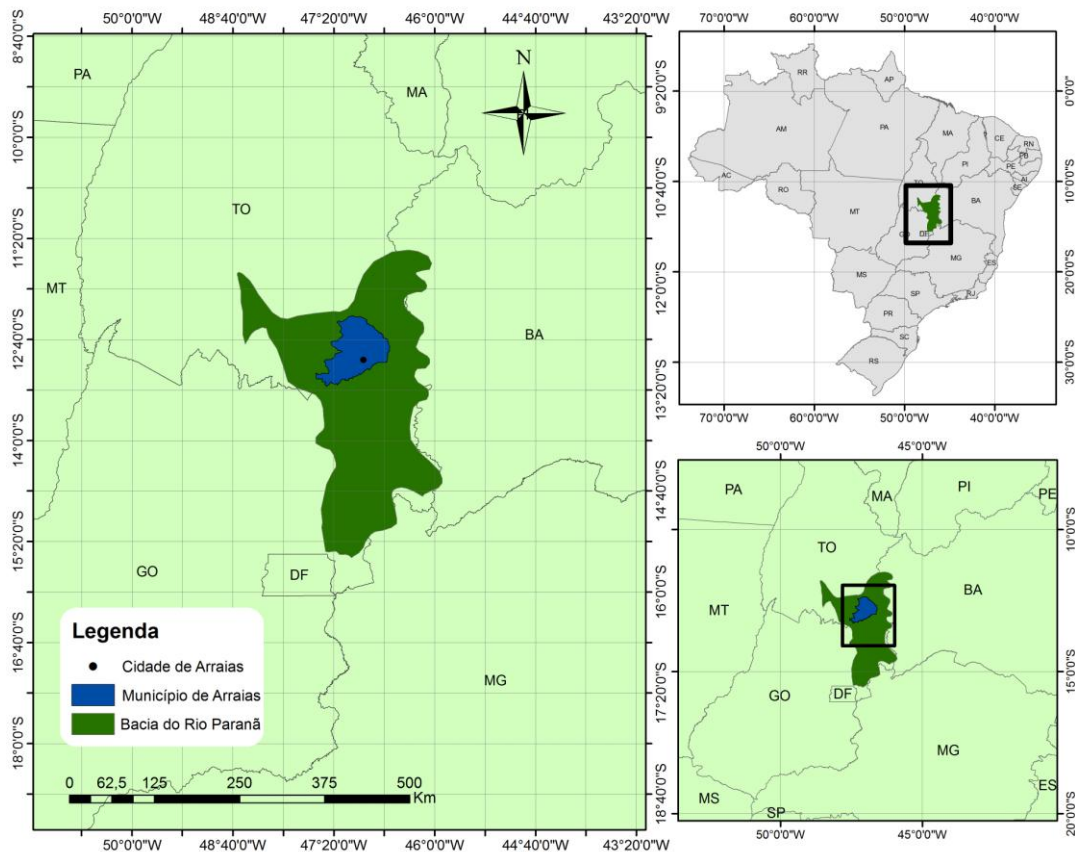


Figura 1: Área de Estudo.

Esta região apresenta o clima tropical com duas estações bem definidas, uma chuvosa e outra seca (Aw- Köppen). A variação pluviométrica é de 1.500 mm em regiões que apresentam os relevos mais altos e de 1.300 mm nas áreas baixas. As chuvas se concentram na primavera e no verão, num período de 5 meses e a estiagem permanece no restante do ano. A variação climática ao longo do ano é heterogênea devido às diferenças acentuadas da altitude do relevo, com média de 25°C nos meses setembro e outubro e média de 23°C de novembro a março (Moreira 1995). O município apresenta declives acentuados na região centro-leste e sul, com altitude variando de 229 m a 1.087 m (Miranda 2005).

A bacia apresenta alta diversidade de fitofisionomias, além da Floresta Estacional Decidual, também conhecida como Mata Seca, que é uma formação florestal rara no Brasil, essa floresta abriga diversas espécies endêmicas, raras e de alto valor econômico (Ribeiro e Walter 1998).

2.2 Metodologia

2.2.1. Dados de Sensores Remotos

Para composição das imagens multiespectrais foi utilizado cenas do sensor Landsat TM e ETM+ para os anos de 2000, 2005 e 2010, adquiridas no mês de julho devido às condições visuais favoráveis, com ausência de nuvens e disponibilizadas gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Para este estudo, foram utilizadas todas as bandas espectrais, exceto a banda 6 (Termal) para o arranjo das imagens:

- Órbita/Ponto 221/69, 09/07/2000;
- Órbita/Ponto 221/69, 23/07/2005;
- Órbita/Ponto 221/69, 05/07/2010.

2.2.2. Correção das imagens

Inicialmente, as imagens foram corrigidas radiometricamente a partir da conversão das imagens em Número Digital para Reflectância no topo da atmosfera. Posteriormente, as imagens foram georreferenciadas no sistema de projeção UTM, zona 23S e datum WGS-84 e recortada para o município de Arraias a partir do *shapefile* de municípios brasileiros do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). As correções geométricas foram feitas com base na cena 221/69 obtida no site USGS *Global Visualization Viewer*, a fim de calibrar as imagens e reduzir as distorções geométricas sistemáticas. A composição colorida utilizada foi RGB 3/4/5, pois apresentou as melhores características visuais na tela do computador.

2.2.3. Classificação automática do uso e cobertura da terra

Foi utilizado o método de classificação não-supervisionada com o algoritmo de agrupamento *K-Means*, com 09 classes. Após a classificação temática das imagens de forma automática, foram feitas edições para reagrupar as classes em 06 categorias (Tabela 1) baseado na fotointerpretação e, na sequência, foi aplicado o filtro mediana 5x5 para reduzir os ruídos (*pixels* isolados indesejáveis). Para esta classificação foi utilizado apenas um intérprete para evitar a variação nos critérios visuais de interpretação das classes mapeadas.

Tabela 1: Categorias de uso e ocupação do solo identificadas e as suas respectivas descrições.

Classes	Descrição
Afloramentos Rochosos	Afloramentos de calcário e rochas expostas.
Corpos d'água	Engloba rios, lagos.
Área Urbana	Áreas edificadas.
Vegetação Densa	Formações florestais, como cerradão e mata ciliar.
Vegetação Aberta	Formações campestres, campos limpos e sujos.
Desmatamento	Abrange solos expostos e áreas destinadas à agropecuária.

A quantificação das áreas dos diferentes grupos de ocupação territorial foi feita com base nos números de *pixels* de cada classe, multiplicada por 0,09 ha e obtendo os valores em hectares, etapa realizada com o *software* ArcGIS® 9.3.

2.2.4. Cálculo da Acurácia do mapeamento

A acurácia do mapeamento foi estimada a partir da interpretação visual de alvos a cada ano nas imagens Landsat. Os dados da interpretação visual foram comparados com a

classificação automática. Foi utilizado o sistema interno disponível no ENVI para proceder com os cálculos estatísticos e obter os valores do coeficiente *Kappa* e a Acurácia Global. Estes resultados indicam a qualidade do mapeamento executado, permitindo a escolha do melhor classificador automático.

2.2.5. Índice de Vegetação da Diferença Normalizada

Com o objetivo de avaliar os impactos sobre a vegetação remanescente no período de análise, utilizou-se o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (IVDN). Este índice (Equação 1) é amplamente utilizado em estudos ambientais, utilizando dados de sensores remotos. Foi desenvolvido por Rouse et al. (1974) e consiste em:

$$IVDN = \frac{\rho_{IVP} - \rho_{ver}}{\rho_{IVP} + \rho_{ver}}, \quad (1)$$

Onde:

ρ_{IVP} = reflectância no topo da atmosfera na banda do Infra-Vermelho Próximo e;

ρ_{ver} = reflectância no topo da atmosfera na banda do vermelho.

Estatísticas descritivas foram obtidas das imagens do IVDN, derivadas das bandas multi-espectrais 3 e 4 do Landsat, incluindo apenas as áreas de vegetação densa e aberta.

3. Resultados e Discussão

3.1. Avaliação da acurácia da classificação automática do uso e cobertura da terra

A acurácia da classificação automática foi estimada a partir do cálculo do coeficiente *Kappa* e da Acurácia Global. Os resultados para cada ano de estudo são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Acurácia do coeficiente *Kappa* e Acurácia Global para o desempenho da classificação temática.

	<i>Kappa</i>	Acurácia Global
2000	0,70	76,7%
2005	0,68	75,8%
2010	0,70	80,0%

Para o coeficiente *Kappa*, valores compreendidos entre 0,6 a 0,8 são considerados muito bons e de 0,8 a 1 são excelentes (Fonseca 2000), da mesma forma para a Acurácia Global, quanto mais próximo de 1, melhor é o desempenho dos resultados. Portanto, com base nos resultados apresentados acima, o mapeamento do uso e cobertura da terra apresentou desempenho considerado muito bom.

3.2. Mapeamento do uso e cobertura da terra

Com a classificação não-supervisionada foi verificado que a maior categoria de ocupação territorial na área de estudo foi a vegetação aberta com 38,6%, 39,3% e 41,2% em 2000, 2005 e 2010 respectivamente, seguida por desmatamento que apresentou 32,7%, 28,9% e 27,3% nos anos 2000, 2005 e 2010, respectivamente (Figura 2). A tabela 2 mostra esses resultados em hectares.

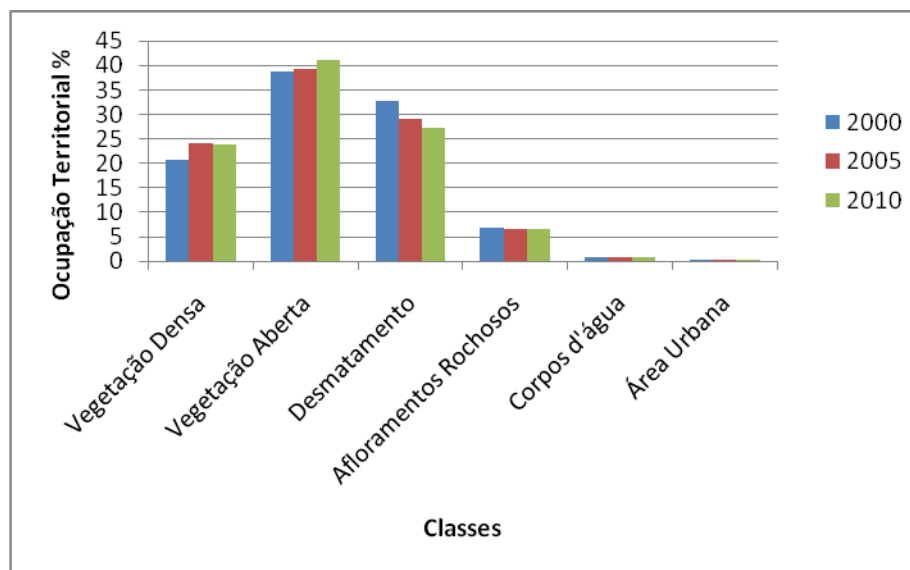


Figura 2: Percentual da ocupação territorial.

Tabela 3: Quantificação da ocupação territorial em hectares no município de Arraias, nos anos 2000, 2005 e 2010.

Classes	2000	2005	2010
Vegetação Densa	133371,98	155201,10	153122,10
Vegetação Aberta	247985,91	252405,80	264316,30
Desmatamento	210190,23	185749,70	175546,90
Afloramentos Rochosos	43682,48	41896,35	42283,44
Corpos d'água	5655,14	5522,76	5434,56

Com base nos dados acima, nota-se que não houve mudanças significativas na ocupação do solo ao longo do tempo no município de Arraias. As áreas desmatadas se concentram principalmente ao norte e nos limites geográficos do município (Figura 3). A vegetação densa se apresenta fragmentada, com distribuição espacial por todo o território.

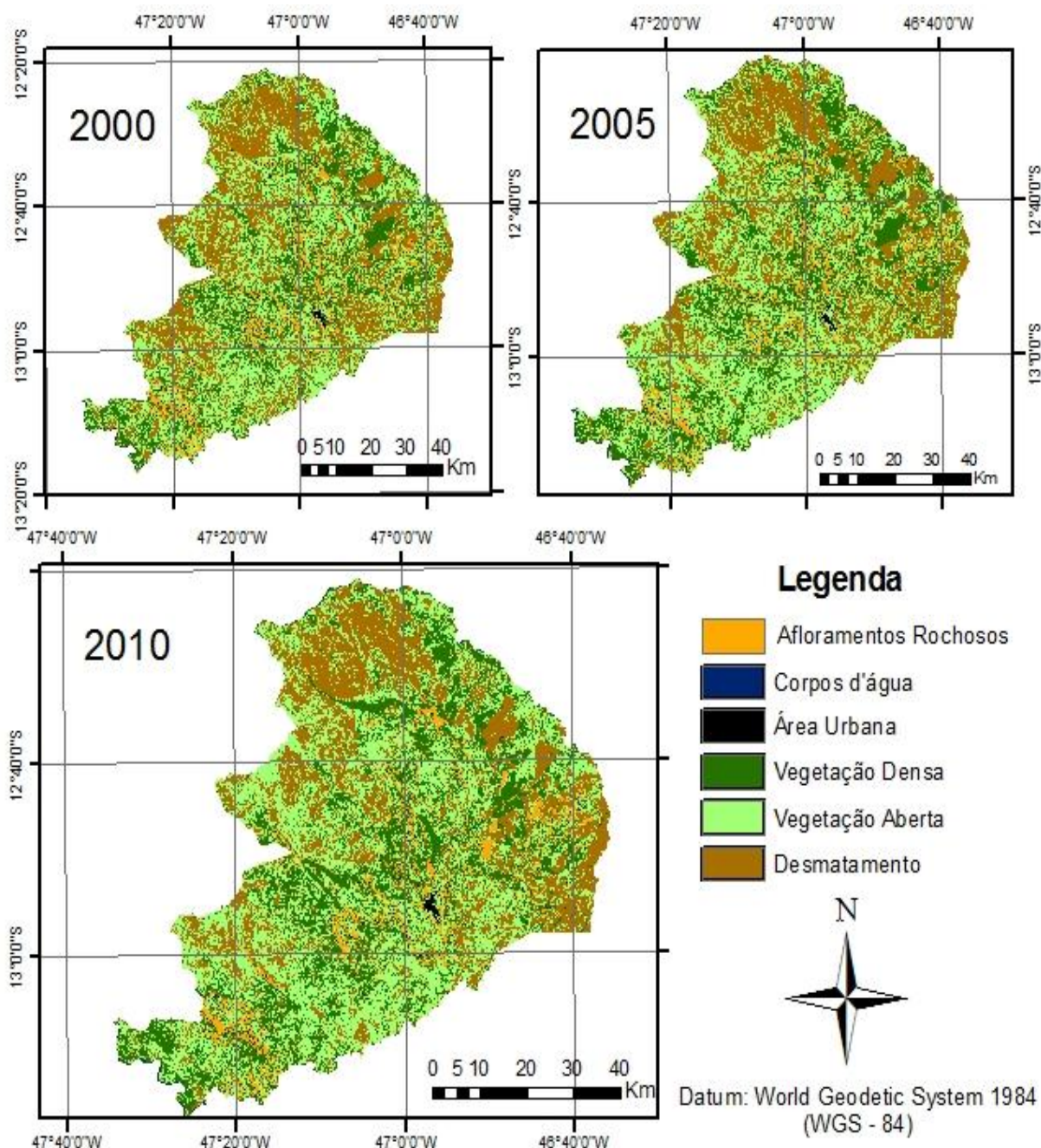


Figura 3: Uso e ocupação da terra no município de Arraias, nos anos 2000, 2005 e 2010.

Embora não foi possível comprovar com dados secundários, observou-se que no período de análise houve variação na área de vegetação remanescente classificada devido a fatores sazonais ainda desconhecidos. É possível que a variação destes fatores tenha afetado o desempenho do classificador automático do uso da terra na área de estudo.

A categoria vegetação aberta e vegetação densa juntas constituem mais de 60% da área. No entanto, as regiões que apresentaram essas classes se concentram nas áreas em que o relevo e os afloramentos de rochas tornam-se uma barreira para a ação humana, principalmente na região centro-leste e sul do município (Figura 4). Conforme afirmam Scariot e Sevilha (2000), as florestas estacionais decíduais sobre afloramentos e áreas com declives acentuados ainda permanecem preservadas, porém essas formações florestais sobre solos e regiões planas apresentam-se perturbadas.

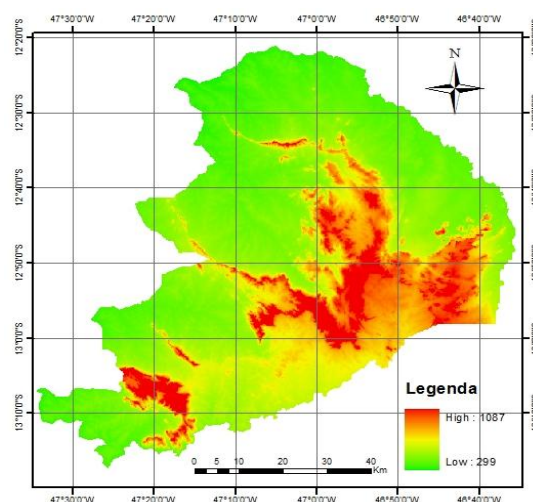


Figura 4: Mapa do relevo do município de Arraias, altitude do relevo variando de 299 m a 1.087 m de altitude (Miranda 2005).

Andahur (2001), realizou um mapeamento entre os anos 1990 e 1999 numa área no nordeste de Goiás, localizada no vão do Paranã. Verificou uma taxa de desmatamento de 2.097 ha/ano. O desmatamento, entretanto, aconteceu marcadamente nas áreas de topografia constante. Evidencia-se então que o desmatamento na região se concentrou até o fim do século 20, momento em que as barreiras geográficas inviabilizaram a degradação dos recursos naturais da região.

3.3. Avaliação da degradação florestal da vegetação remanescente

Conforme mencionado anteriormente, foi utilizado o IVDN para avaliação das potenciais mudanças de degradação da floresta remanescente na área de estudo.

O índice de vegetação foi alto, superior a 0,80 (Tabela 4), valores comparáveis com os encontrados na Amazônia por Matricardi et al. 2010. Esses valores altos refletem o fato da região de estudo ocorrer sobre solos férteis, além dos afloramentos rochosos de calcários e, dessa forma, as boas condições edáficas condicionaram formações florestais densas que apresentam indivíduos adultos que atingem alturas superiores a 20 metros (Andahur 2001). Por outro lado, a variação do desvio padrão pode refletir a variação na degradação da vegetação em análise, sendo que os valores menores e constantes desta variável indicam que a vegetação ao longo desses 10 anos não apresentou grande alteração ou degradação expressiva.

Tabela 4: Valores do NDVI para vegetação aberta e densa para os anos 2000, 2005 e 2010.

	2000		2005		2010	
	Vegetação Aberta	Vegetação Densa	Vegetação Aberta	Vegetação Densa	Vegetação Aberta	Vegetação Densa
Média	0,44	0,57	0,41	0,54	0,42	0,56
Desvio Padrão	0,06	0,05	0,06	0,05	0,06	0,06
Mínimo	0,0	0,04	0,0	0,0	0,0	0,0
Máximo	0,86	0,83	1,0	1,0	1,0	0,82

Praticamente não houve alterações nas médias e desvio padrão dos valores dos IVDN para vegetação densa e aberta em 2000, 2005 e 2010. As análises destes valores de IVDN indicam a mesma tendência observada pela classificação automática, mostrando que a vegetação remanescente não sofreu processos de degradação do dossel de forma expressiva no período de análise.

4. Conclusões

Dados de sensoriamento remoto apresentaram-se eficaz no mapeamento do uso e ocupação do solo de forma rápida, fidedigna e com baixo custo. A taxa de desmatamento no município se manteve estável no decorrer dos 10 anos em que se realizou o estudo. Foi verificado, no entanto, que essa relativa estagnação no desmatamento foi decorrente das barreiras de topografia e afloramentos rochosos.

Do mesmo modo, não foram observadas variações substanciais no IVDN para os remanescentes florestais de vegetação densa e aberta que ocorrem na área de estudo nos anos de 2000, 2005 e 2010.

Embora a área de estudo tenha apresentado baixas taxas de incrementos do desmatamento, recomenda-se que sejam consideradas as condições das áreas já desmatadas, que podem apresentar níveis de degradação intensos e que não foram apropriadamente considerados nesta análise.

Referências Bibliográficas

- Andahur J. P. Florestas e questões de gestão ambiental na bacia do rio Paranã. 2001. 71p. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade de Brasília, Brasília. 2001.
- Fonseca, L. M. G. **Processamento digital de imagens**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2000. 105p.
- Machado, R. B.; Ramos Neto, M. B.; Pereira, P. G. P.; Caldas, E.; Gonçalves, D. A.; Santos, N. S.; Tabor, K. & Steininger, M. **Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro**. Brasília: Conservação Internacional, 2004. 23p.
- Matricardi, E. A. T.; Skole, D. L.; Cochrane, M. A.; Pedlowski, M.; Chomentowski, W.; Fernandes, L. Assessment of tropical forest degradation by selective logging and fire using Landsat imagery. **Remote Sensing of Environment**, v. 114, p. 1117-1129. 2010.
- Mendonça, R.; Felfili, J. M.; Walter, B. M. T.; Silva Júnior, M. C.; Rezende, A. V.; Filgueiras, T. S. & Nogueira, P. E. N. **Flora vascular do Cerrado**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1998. 287 – 556p.
- Miranda, E. E.; (Coord.). **Brasil em Relevo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 25.set.2010.
- Mittermeier, R. A. & Goettsch, M. C. **Megadiversity: Earth's biologically wealthiest nations**. Mexico: Cemex, 1997. 501p.
- MMA, Ministério do Meio Ambiente. **Biodiversidade do Cerrado e Pantanal: áreas e ações prioritárias para conservação**. Série Biodiversidade 17 – Brasília, 2007. 397p.
- Moreira, H. L. (Coord). **Zoneamento Geoambiental e Agroecológico do Estado de Goiás Região nordeste**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1995. 230p. (RJ-IBGE/94-16).
- Ribeiro, J.F. & Walter B.M.T. 1998. **Fitofisionomias do bioma Cerrado**. In: Sano S. M. & Almeida S.P. (Ed.). Cerrado: ambiente e flora. Planaltina: Embrapa-CPAC, p. 89-166.
- Rosa, R. **Introdução ao sensoriamento remoto**. Uberlândia: EDUFU, 2003. 228p.
- Rouse, J. W.; Hass, R. H.; Shell, J. A.; Deering, D. W. & Harlan, J. C. **Monitoring the vernal advancement of retrogradation of natural vegetation**. Greenbelt, MD: NASA/GSFC, 1974, 371p.
- Scariot, A. & Sevilha, A.C. Diversidade, estrutura e manejo de florestas decíduais e as estratégias para a conservação. In: T. B. Cavalcanti & B. M. T. Walter. **Tópicos Atuais em Botânica**, Brasília, DF, 2000. p. 183 – 188.