

Identificação e análise dos fragmentos florestais em imagens ASTER no município de Cromínia-GO

Wátilla Portela Machado¹
Roberto Arnaldo Trancoso Gomes¹
Osmar Abílio de Carvalho Júnior¹
Renato Fontes Guimarães¹
Sandro Nunes de Oliveira¹
Robson Veloso Ribeiro Sodré¹
Thiago Avelar Chaves¹
Pascoal Luiz Dias Rodrigues da Costa Filho¹

¹Universidade de Brasília - UnB/GEA/LSIE
Campus Universitário Darcy Ribeiro, Asa Norte - 70910-900, Brasília, DF, Brasil.
{w0495913, r0493066, t0494623, p0435392}@aluno.unb.br
{robertogomes, osmarjr, renatofg, sandronunes}@unb.br

Abstract. This work aims at developing a study about the forest fragments in the Cromínia municipality (GO), central Brazil, by applying ASTER image processing. The methodology consisted of the following steps: (a) natural forest fragments mapping using ASTER image, and (b) fragments metrics calculation. The ASTER images were acquired with atmosphere correction from AST07 product. The image processing methodology adopted presents the following steps: (a) pre-processing, (b) endmembers identification and (c) Spectral Angle Mapper (SAM). To analyze the fragmentation process were used metrics or landscape indexes that represent the relation between spatial patterns and ecological processes, such as: remain fragments quantity, composition and distribution; the distance between them; the degree of isolation among forest fragments; their size and shape. The methodology allowed supplying subsidies for implementation of priorities areas for conservation.

Palavras-chave: forest fragments, spectral classification, fragments metrics calculation, fragmentos florestais, classificação espectral, cálculo das métricas de fragmentação.

1. Introdução

O Cerrado constitui o segundo maior bioma do Brasil, abrigando uma alta biodiversidade e uma grande gama de recursos adaptados às condições ambientais que determinam sua existência (Ab'Sáber, 2003). Dentro de seus domínios podemos encontrar diferentes fitofisionomias que incluem formações florestais com a predominância de espécies arbóreas, savânicas compostas por arbustos e árvores dispersos sobre um estrato gramíneo e campestres com o predomínio de espécies herbáceas e arbustivas (Ribeiro e Walter, 1998). Atualmente grande parte da área que um dia compôs o bioma do Cerrado encontra-se profundamente modificada por ações antrópicas geradoras de impactos ambientais de grande importância que ameaçam a biodiversidade vegetal do Cerrado como um todo. Nas últimas décadas esses impactos vêm se intensificando, o que acaba por impor barreiras que dão origem aos processos de fragmentação, onde grandes habitats são compartimentados em frações menores, as quais alteram áreas de vegetação nativa contínua dando forma a um mosaico de ambientes fragmentados e isolados (Forman e Alexander, 1998).

Neste contexto faz-se necessário realizar estudos que identifiquem e avaliem o grau de fragmentação das formações vegetais, verificando possíveis consequências nos processos ecológicos e encontramos no sensoriamento remoto uma importante ferramenta capaz de auxiliar no monitoramento e controle, através do mapeamento dos fragmentos existentes, auxiliando na proteção dos resquícios de vegetação natural restantes nas áreas mais afetadas (Andrade, 2005).

Sendo assim o presente trabalho busca verificar a condição espacial dos fragmentos de formações florestais dentro do município de Cromínia no interior do estado de Goiás. Utilizaram-se imagens do sensor ASTER para a identificação e posterior análise desses fragmentos por meio de técnicas de classificação espectral e pela utilização de programas como o *Fragstats* que proporciona a quantificação da fragmentação da paisagem.

2. Área de estudo

O município de Cromínia situa-se na Microrregião Meia Ponte, pertencente à mesorregião Sul Goiano, entre as coordenadas 17°15'S - 49°28'W e 17°20'S - 49°20'W, distante cerca de 80 km de Goiânia (**Figura 1**). Possui cerca de 369,2 km² e está inserida na bacia hidrológica do Rio Paraná, a oeste do Rio Dourados (IBGE, 2006). Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é Aw, marcado pela presença de invernos secos e de verões chuvosos, sendo quente e semi-úmido, com precipitação variando de 750 a 2000 mm, concentrando-se na estação chuvosa, meses de outubro a março (Ad´amoli et al., 1987).

A geomorfologia da região está inserida no Planalto Cristalino de Goiás caracterizado pelo domínio de cristas e formas convexas com evidências de pediplanação, possuindo as seguintes unidades morfológicas: a) “Hog-Back” representado pela Serra do Paraíso (860-950 metros) b) Planalto Embutido de Cromínia, caracterizado por testemunho de pediplano intermontano (730-750 metros) e c) Zona Deprimida de Maripotaba (700 metros) (Cassetti, 1991 apud. Vicentini, 1993).

Geologicamente a área posiciona-se a sudoeste do Cráton do São Francisco na porção meridional da Zona Interna da Faixa Brasília pertencendo ao Grupo Araxá (Navarro, 2002). Na maior parte do município verifica-se a presença de formações de quartzito, observando-se em alguns locais a presença de corpos rochosos metaultramáficos lenticulares e corpos ultramáficos serpentinizados, que podem ser caracterizados como sendo portadores de pequenas e descontínuas lentes de cromita, mineral óxido de cromo e ferro [FeCr₂O₄] (Rodrigues e Angeli, 2003). Os solos predominantes são o Cambissolo Háptico a oeste, Argilossolo Vermelho a sul e Latossolo Vermelho a norte do município (IBGE, 2006).

A vegetação da área localiza-se no domínio dos cerrados, apresentando uma gama de características fisionômicas e estruturas gradativas, com quantidades de biomassa intimamente relacionadas às características de solo e água. No cerrado a fitofisionomia de menor biomassa é o Campo Limpo e, numa ordem crescente, estão o Campo Sujo, o Campo Cerrado, o Cerrado Sentido Restrito e o Cerradão (Coutinho, 1990). Vemos dentro do município a presença de grandes áreas antropizadas com predominância de pastagens, onde se substituiu o cerrado nativo por algumas espécies de Brachiária (Radambrasil, 1981).

3. Metodologia

A imagem utilizada neste trabalho é referente ao dia 05-09-2004 correspondente ao final da estação seca. As nove imagens correspondentes às bandas utilizadas (VNIR e SWIR) foram adquiridas já corrigidas do efeito atmosférico, correspondendo aos produtos de alto nível do sensor ASTER referente à especificação AST07 (JPL, 2001). A metodologia adotada para o processamento digital da imagem ASTER e para posterior análise dos fragmentos, constou das seguintes etapas: (a) Pré-Processamento; (b) Identificação dos membros finais; (c) Utilização do *Spectral Angle Mapper* (SAM) para a classificação e separação prévia dos fragmentos através de

análise espectral; (e) Distinção das unidades de vegetação e (f) Análise espacial do padrão de distribuição dos fragmentos por meio do programa *Fragstats*.

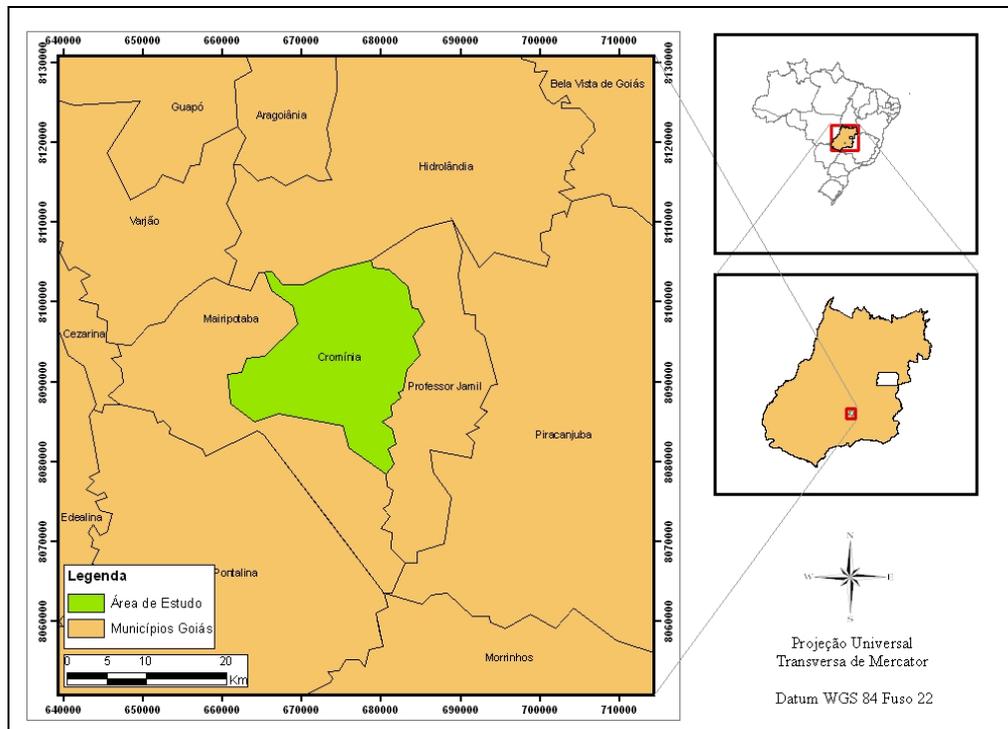


Figura 1- Localização da Área

A fase de pré-processamento consistiu no ajuste da resolução espacial das imagens do sensor SWIR, que foram redimensionadas de 30 para 15 metros. Este procedimento serviu para compatibilizar as imagens dos sensores VNIR e SWIR tornando possível a integração em uma única imagem. Em seguida, corrigiu-se a órbita da imagem de modo que esta ficasse orientada para o norte geográfico e foi feito um recorte correspondente a área do município de Cromínia. Por fim, elaborou-se uma máscara para ocultar as áreas urbanas e de plantio irrigado (pivôs centrais) que costumam interferir nas etapas subsequentes do processamento. Este procedimento teve como principal finalidade a identificação e a extração dos alvos de vegetação para posterior análise e delimitação dos fragmentos.

A etapa de identificação dos membros finais consiste numa primeira avaliação dos materiais existentes na área, permitindo verificar os efeitos relativos aos fatores físicos ambientais presentes na cena (Carvalho Junior et al., 2005). Nesta fase utilizou-se uma metodologia baseada na geometria do simplex, proposta por Boardman e Kruse (1994) estruturada em três passos: redução da dimensão espectral utilizando a técnica de *Minimization Noise Fraction* (MNF) (Green et al., 1988), redução da dimensão espacial utilizando o método *Pixel Purity Index* (PPI) (Boardman et al., 1995); e identificação dos membros finais utilizando um visualizador n-dimensional (*nd-visualizer*). Após a realização destes procedimentos obtiveram-se 4 membros finais significativos (**Figura 2**).

A classificação espectral por foi feita por mapeamento de ângulo espectral (*Spectral Angle Mapper*) – SAM, que utiliza como base a média espectral das classes encontradas. Esta técnica mede a similaridade entre os espectros da imagem de entrada com espectros de referência, tratando ambos como vetores de n dimensões, em que n é o número de bandas da imagem (Kruse

et al., 1993). Com a ferramenta SAM obtiveram-se resultados satisfatórios no que diz respeito a separação entre as vegetações com maior ou menor nível de atividade fotossintética, o que tornou possível um bom nível de diferenciação entre as formações florestais (vegetação fotossinteticamente ativa - VFA) e as demais formações (vegetação não fotossinteticamente ativa - VNFA). Porém, numa análise mais aprofundada dos resultados obtidos percebeu-se que não foi possível diferenciar de forma eficiente algumas das feições presentes na imagem, havendo uma confusão entre formações savânicas e campestres naturais com áreas de cultivo ou pastagem.

Para solucionar este problema partiu-se para uma análise individual de cada um dos membros finais encontrados, isolando cada classe que se pretendia analisar através da confecção de máscaras. Uma vez separadas, as áreas foram analisadas separadamente constituindo uma forma de refinamento da classificação anterior. Cada classe foi submetida a um fatiamento, cujo realce gerado permitiu a detecção de novos membros finais dentro dos já existentes o que gerou um maior nível de precisão possibilitando a identificação dos espectros mais representativos que se constituíram em 8 classes finais (**Figura 3**). A nova classificação separou razoavelmente bem as formações de vegetação nativa das áreas que sofreram ação antrópica significativa. Ainda assim, persistiram algumas limitações em pequenas áreas o que não atrapalhou o resultado final do processamento.

Aliando a classificação obtida após o processamento digital da imagem ao mapa de vegetação do estado de Goiás, foi possível distinguir e classificar algumas formações peculiares do cerrado que ainda se conservam presentes na área, o que viabilizou a confecção de um mapa de uso e ocupação do solo para a área de estudo. No entanto para a análise espacial foram levados em conta apenas os fragmentos de formações florestais, representados pelas classes de VFA, constituídas principalmente por Matas de Galeria e Cerradão, que aparecem com uma fragmentação mais representativa na imagem.

Para a análise espacial dos fragmentos de vegetação da área utilizou-se o *Fragstats*, constituído por um conjunto de ferramentas que auxiliam as análises da paisagem por meio do programa *ArcView GIS 3.3*. Para averiguar as conseqüências da fragmentação utilizam-se alguns parâmetros considerados importantes tais como a quantidade, composição e distribuição dos fragmentos remanescentes, a distância entre eles, o grau de isolamento, seu tamanho e sua forma, neste caso referentes ao nível da classe analisada o que permitiu através das seguintes métricas: métricas de área, métricas de densidade, tamanho e de variabilidade, métricas de borda, de forma, métricas da área central e do vizinho mais próximo, compreender o quão fragmentada se apresenta a área de estudo (Andrade, 2005).

4. Resultados

Com a aplicação desta metodologia obtiveram-se primeiramente 4 membros finais (**Figura 2**), que posteriormente deram origem a outros 4, totalizando 8 membros finais distintos (**Figura 3**). As variações existentes dentro da classe de VFA, deram origem a três classes distintas, diferenciadas entre si principalmente pelos níveis de reflectância na banda 4. Porém a diferenciação dentro destas classes não gerou grandes mudanças no produto final, já que ambas acabaram representando formações florestais, sem conseguir separar mata galeria e cerradão. A classe de VFA + VNFA permaneceu constante, representando uma fitofisionomia de transição entre formação florestal e as demais formações. Os fragmentos analisados levaram em conta tanto as classes de VFA como a de VFA + VNFA. Nas classes de VNFA conseguiram-se resultados mais relevantes, uma vez que a diferenciação encontrada no interior das classes nos

permitiu separar de forma eficiente as formações vegetais típicas do Cerrado, como campo sujo e cerrado típico, de áreas já modificadas pelo homem resolvendo de forma eficiente os problemas da classificação anterior. Assim, o resultado permitiu uma boa diferenciação (**Figura 4**). A **Figura 5** apresenta o mapeamento prévio da vegetação do município. A separação das unidades foi feita com base no Mapa de Uso do Solo do Estado de Goiás (SIEG, 2006).

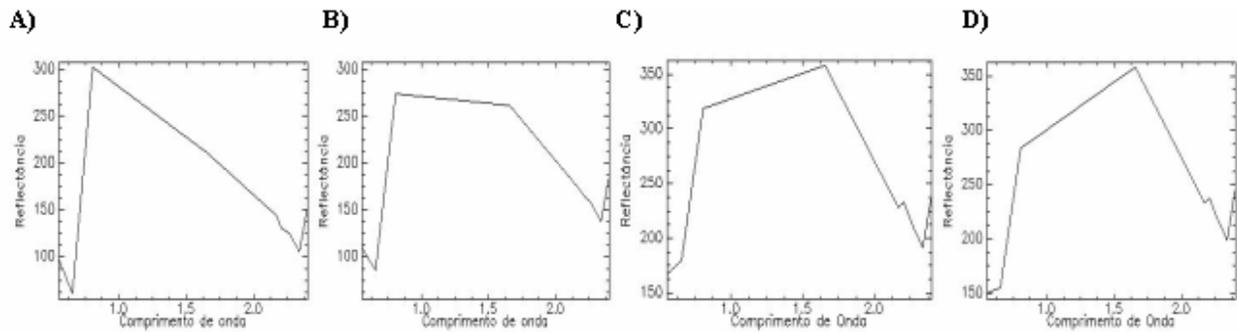


Figura 2 - Espectros referentes aos 4 primeiros membros: A) VFA, B) VFA+VNFA, C) VNFA+SOLO, D) VNFA.

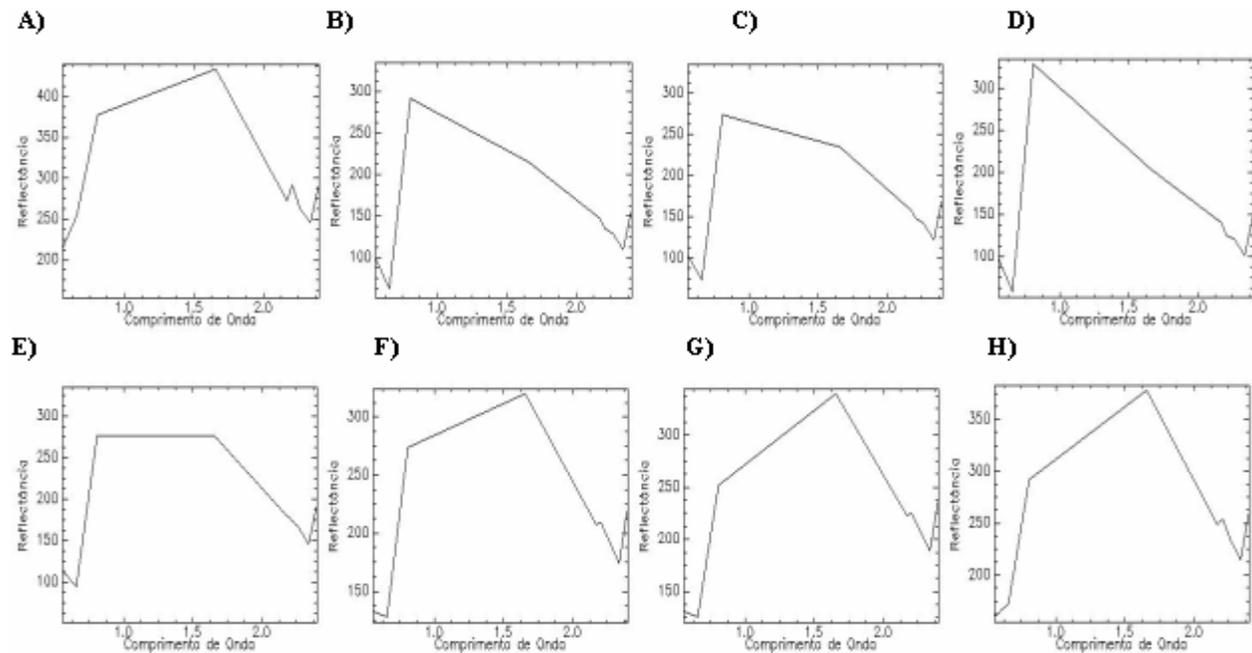


Figura 3 - Espectros referentes aos membros finais utilizados na segunda classificação: A) Solo exposto/Áreas degradadas, B) VFA, C) VFA seca, D) VFA úmida, E) VFA + VNFA, F) Cerrado Típico, G) Campo Sujo, H) Cultivo/Pastagem.

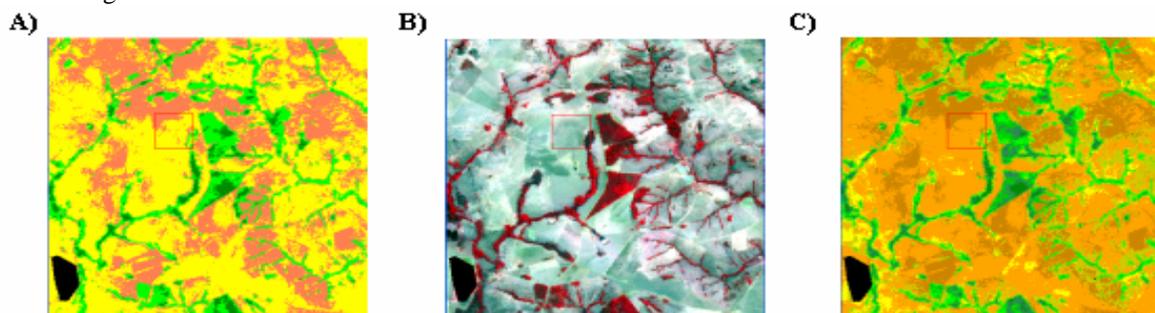


Figura 4: Comparação entre as duas classificações: A) SAM 1, B) Imagem original e C) SAM 2

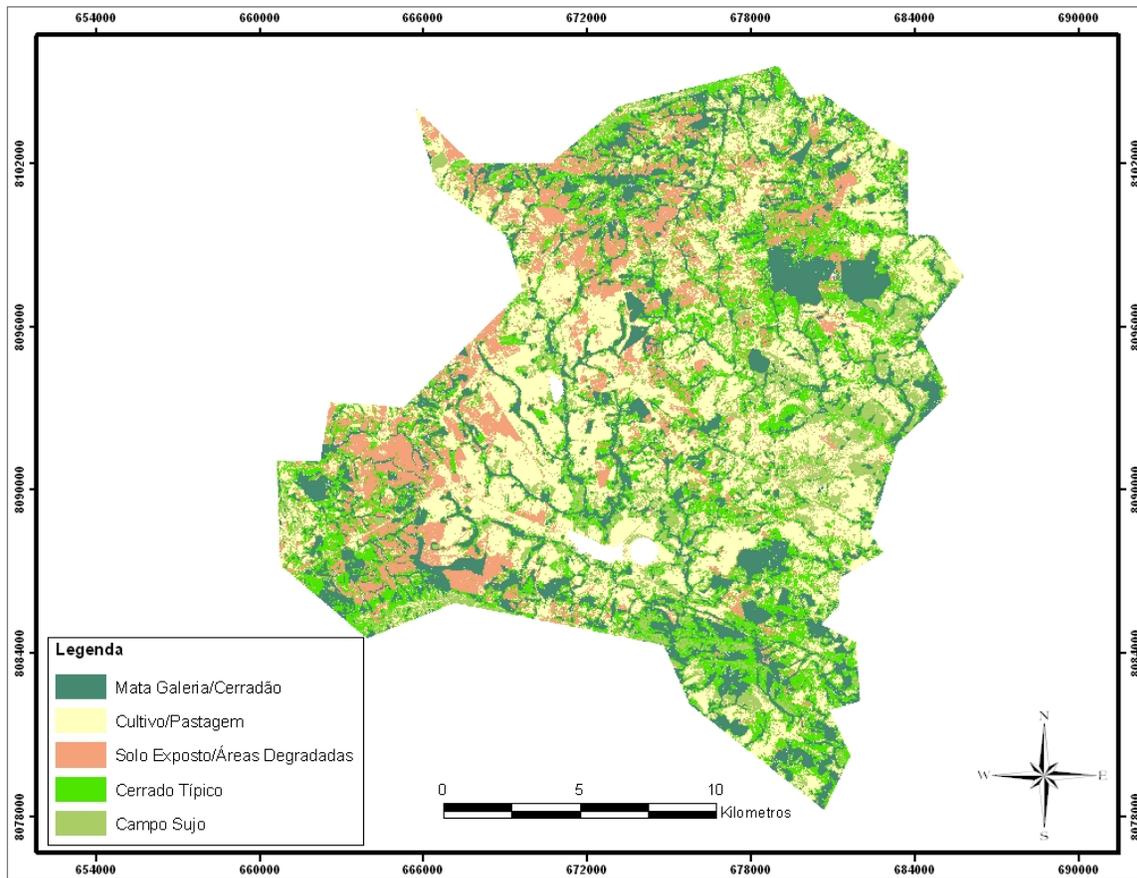


Figura 5 - Mapeamento prévio da vegetação no município de Cromínia - GO

Com base no mapeamento possível analisar de forma separada os fragmentos florestais que se encontravam espalhados por todo município. A **Tabela 1** gerada pelo *Fragstats* expressa fatores relevantes, principalmente no que diz respeito a composição (quantificação) e a configuração (distribuição) dos fragmentos. As métricas demonstram que a área se encontra bastante fragmentada apresentando cerca de 2.385 fragmentos, dos quais o maior ocupa apenas 5,03 % da classe, o que indica pouca conectividade. O alto valor de densidade de borda (ED) também reforça a grande fragmentação da paisagem além de relacionar-se diretamente com o efeito borda, que pode afetar na estrutura da vegetação. O índice de forma média (MSI) nos mostra que os fragmentos apresentam formas complexas (quanto mais distante de 1 mais complexa a forma do fragmento), o que implica num número de áreas centrais elevado, um dado importante já que tanto a forma dos fragmentos quanto o número de áreas centrais influenciam diretamente nos processos ecológicos. As métricas de vizinho mais próximo da área apresentam valores baixos evidenciando um grau significativo de isolamento entre os fragmentos.

Tabela 1: Métricas do *Fragstats*

MÉTRICAS	ABREVIACÃO	DISPOSIÇÃO DOS FRAGMENTOS
MÉTRICAS DE ÁREA (COMPOSIÇÃO)		
Área da classe (ha)	CA	7097.85
Área total (ha)	TLA	7097.85
Percentual da classe (% da área total ocupada pelos fragmentos)	%LAND	100.00
Índice do maior fragmento (% do maior fragmento na classe)	LPI	5.03
MÉTRICAS DE DENSIDADE, TAMANHO E VARIABILIDADE (CONFIGURAÇÃO)		
Número de fragmentos (n)	NumP	2385.00
Tamanho médio dos fragmentos (ha)	MPS	2.98
Desvio padrão do tamanho do fragmento (ha)	PSSD	15.54
Coefficiente de variação do tamanho do fragmento (%)	PSCoV	522.04
MÉTRICAS DE BORDA (CONFIGURAÇÃO)		
Borda total (m)	TE	2718300.00
Densidade de borda (m/ha)	ED	382.98
MÉTRICAS DE FORMA (CONFIGURAÇÃO)		
Índice de forma média	MSI	1.76
Índice de forma média ponderado pela área	AWMSI	4.94
Razão do perímetro por área para toda classe	LSI	80.66
MÉTRICAS DE ÁREA CENTRAL (COMPOSIÇÃO E CONFIGURAÇÃO)		
Área central total (ha)	TCA	4510.06
Percentual de área central na paisagem (% da área total)	C%LAND	63.54
Número de áreas centrais (n)	NCA	3102.00
Densidade das áreas centrais (n/100ha)	CAD	43.70
Área central média (ha)	MCA	1.45
Desvio padrão da área central (ha)	CASD	10.80
Índice da área central total (% da classe)	TCAI	63.54
Área central média por fragmento1 (ha)	MCA1	1.89
Desvio padrão da área central 1 (ha)	CASD1	12.28
Coefficiente de variação da área central 1 (%)	CACV1	649.56
MÉTRICAS DE VIZINHO MAIS PRÓXIMO (CONFIGURAÇÃO)		
Distância média do vizinho mais próximo (m)	MNN	49.41
Índice de proximidade média	MPI	621.65

5. Conclusões

A utilização da metodologia aplicada alcançou os objetivos traçados, conseguindo separar as fitofisionomias da área para posterior análise dos fragmentos de forma eficiente. É importante ressaltar as dificuldades encontradas devido à intensa modificação antrópica da área que pode ter interferido diretamente no desempenho do classificador utilizado. A grande fragmentação da área poderia ser atribuída à expansão tanto das atividades agropecuárias da região quanto das atividades mineradoras, já que no interior do município existe mina de extração de Talco, além de outros veios minerais exploráveis no interior dos corpos ultramáficos.

6. Referências Bibliográficas

- Ab'Saber, A. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- Adámoli, J.; Macedo, J.; Azevedo, L. G.; Netto, J. M. Caracterização da região dos Cerrados. In: W. J. GOEDERT (ed). **Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC; São Paulo: Nobel. 1987.
- Agência Ambiental de Goiás; **Mapa de uso/cobertura vegetal e vulnerabilidade**. Base de dados: determinação de áreas prioritárias para unidades de preservação – Cons.imagem/WWF; 08/07/2005. Disponível em: <<http://www.sieg.go.gov.br/>>, acessado em 13/09/2006
- Andrade, A.C.. **Análise dos Fragmentos Florestais na Bacia do Rio Ariranha (SC), a partir de Imagem Ikonos, associada à Geomorfologia como Subsídio à Gestão Ambiental**. Dissertação de Mestrado em Gestão Ambiental e Territorial – Universidade de Brasília, Brasília, 2005. p. 39-79.
- Boardman, J. W.; Kruse, F. A. 1994. Automated spectral analysis: A geologic example using AVIRIS data, north Grapevine Mountains, Nevada: In: ERIM - Thematic Conference on Geologic Remote Sensing, 10, Environmental Research Institute of Michigan, Ann Arbor, MI. **Proceedings**, v. 1, p. 407-418.
- Boardman, J. W.; Kruse, F. A.; Green, R. O. Mapping target signatures via partial unmixing of AVIRIS data. In: **Proceedings of The 5th. JPL Airborne Earth Science Workshop**. Pasadena: Jet Propulsion Laboratory. 1995.
- Brasil, Ministério das Minas e Energia. Secretaria-Geral. Projeto RADAMBRASIL. **Folha SD.22. Goiás; geologia, geomorfologia, pedologia e uso potencial da terra**. Rio de Janeiro, 1981. 640 p.
- Carvalho Junior, O.A.; Guimarães, R. F.; Martins, E. de S; Carvalho, A.P.F.; Gomes, R.A.T. Aplicação do Método de Identificação Espectral para Imagens do Sensor ASTER em Ambiente de Cerrado. **Revista Brasileira de Geofísica.**, v:23, n.2, p. 1-14. 2005
- Coutinho, L. M. Fire in the ecology of the Brazilian Cerrado. In: J. G. Goldammer, **Fire in the tropical biota: ecosystem processes and global challenges**. Berlim: Springer-Verlag, p.82-103. 1990.
- Forman, R.T.T.; Alexander, L.E. Roads and their major ecological effects. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.29, p.207-231, 1998.
- Green, A. A.; Berman, M.; Switzer, P.; Craig, M. D. A transformation for ordering multispectral data in terms of image quality with implications for noise removal. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, 26: 65-74. 1988
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Disponível em: <<http://www.ibge.org.br/>>. Acesso em: 30 ago. 2006.
- JET PROPULSION LABORATORY(JPL). **ASTER higher-level product user guide**. JPL D20062, 80p. 2001
- Kruse F A, Lefkoff A B, Boardman J W, Heiedbrecht K B, Shapiro A T, Barloon P J & Goetz A F H. 1993. The Spectral Image Processing System (SIPS) – interactive visualization and analysis of imaging spectrometer data. **Remote Sensing of Enviroment**, v.44, p. 145-163. 1993.
- Navarro, G. R. B. ZANARDO, A. Caracterização Metamórfica /Estrutural dos Corpos Metaultramáficos da Região de Mairipotaba-Cromínia e Pontalina Goiás. **Revista Brasileira de Geociências**. V:35,n.4 p.483-492. 2005
- Ribeiro, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: Embrapa Cerrados, p. 89-166, 1998.
- Rodrigues, V. G.; Angeli, N. Petrologia e Geoquímica das Ocorrências de Cromitas na Região de Mairipotaba e Cromínia, (GO). In: VIII Simpósio de Geologia do Sudoeste. São Pedro, São Paulo, 2003.
- Vicentini, K. R. F. **Análise Palinológica de uma Vereda em Cromínia (GO)**. Dissertação de Mestrado em Ecologia –Universidade de Brasília, Brasília, 86 p. 1993.