



IDENTIFICAÇÃO DE PADRÕES VEGETACIONAIS EM IMAGENS DO SENSOR RAPIDEYE COMPARADO AO SENSOR ASTER UTILIZANDO MEDIDAS DE COMPLEXIDADE

Thais Maria Gonçalves **Rocha**¹; Luiz Eduardo **Vicente**²; Sérgio Henrique Vannucchi Leme de **Mattos**³; Fernando Antônio de Pádua **Paim**⁴; Maristella Cruz de **Moraes**⁵

Nº 15513

RESUMO - O presente trabalho tem como objetivo identificar o desempenho das métricas de paisagem a partir do sensor RapidEye a fim de verificar se existe diferença significativa nos padrões vegetacionais identificados na mesma área pelo sensor ASTER. Para tanto, foram utilizadas métricas de paisagem para avaliar a complexidade dos padrões vegetacionais da mata da Fazenda Paradoiro, em Dourados, MS. Utilizando uma cena do sensor RapidEye, foram selecionadas três regiões aparentemente distintas no interior da mata. Para cada uma destas regiões, foram escolhidas três áreas amostrais para avaliar a complexidade dos padrões a partir das métricas de paisagem baseadas na entropia informacional H_e/H_{max} e SDL. Os resultados foram comparados com aqueles obtidos em imagem ASTER por Rocha e Mattos (2014) para as mesmas áreas. A partir da análise comparativa, foi possível identificar que os padrões vegetacionais, mesmo que análogos aos níveis de complexidade, apresentam variações em suas medidas, oriundas de cada sensor/banda, o que nos leva à recomendação de seu uso eficiente quanto à qualificação/diferenciação entre alvos.

Palavras-chaves: Entropia informacional, H_e/H_{max} , Métricas de paisagem, SDL.

¹ Autor, Estagiária da Embrapa: Graduação em Gestão Ambiental, FCBA / UFGD, Dourados, MS; goncalvesthais94@gmail.com

² Orientador: Pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite; luiz.vicente@embrapa.br

³ Colaborador, Analista da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP

⁴ Colaborador, Professor-adjunto da Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS.

⁵ Colaborador, Bolsista CNPq (PIBIC): Graduação em Geografia, Unicamp, Campinas, SP



ABSTRACT- *This paper intends to identify the performance of landscape metrics of RapidEye sensor images, in order to compare and verify significant differences in vegetation patterns identified in the same area by the ASTER sensor. Therefore, we used landscape metrics in order to assess the complexity of vegetation patterns at Fazenda Paradoiro, Dourados, MS. We selected three apparently distinct areas from the RapidEye sensor scene in order to evaluate complexity patterns from landscape metrics based on He/Hmax and SDL. The results were compared with the ones from the analysis of an ASTER image from the same area by Rocha and Mattos (2014). From the comparative analysis, we observed that the vegetation patterns even analogous to levels of complexity present variations in their actions, coming from each sensor/band, which leads to the recommendation of its efficiency as a qualification/differentiation among targets.*

Key-words: Landscape metrics, informational entropy, He/Hmax, SDL

1 INTRODUÇÃO

O estudo da paisagem sempre se valeu de uma visão integradora, tanto na busca de como os elementos se relacionam para formar determinada paisagem, como na tentativa de associar diferentes áreas do conhecimento para apoiar essa busca (MATTOS et al., 2012). O paradigma da complexidade tem favorecido o estudo da paisagem por meio de teorias e ferramentas metodológicas, incluindo o emprego de métricas associadas a esse paradigma (MATTOS, 2010), especialmente em pesquisas que se utilizam do sensoriamento remoto.

Em relação às métricas de paisagem, Tischendorf (2001) citado por Zanella (2011) aponta que algumas delas são capazes de mensurar a estrutura da paisagem, dando suporte aos estudos dos padrões espaciais e processos ecológicos. Tornam-se, assim, ferramentas importantes e úteis para descrever e comparar esses padrões e direcionar ações futuras que promovam entendimento sobre a dinâmica da paisagem.

Visto isso, a partir do embasamento teórico que associa o estudo da paisagem ao paradigma da complexidade, a presente pesquisa tem como foco identificar o desempenho das métricas de paisagem em diferentes sensores a fim de verificar se existe diferença significativa nos padrões vegetacionais, usando como referência o trabalho de Rocha e Mattos (2014).

2 MATERIAL E MÉTODOS

A mata da Fazenda Paradouro (Figura 1) é classificada como floresta estacional semidecídua submontana e está localizada no município de Dourados, MS. Ocupa uma área de aproximadamente 300 ha e a 470 m de altitude (SCIAMARELLI, 2005).

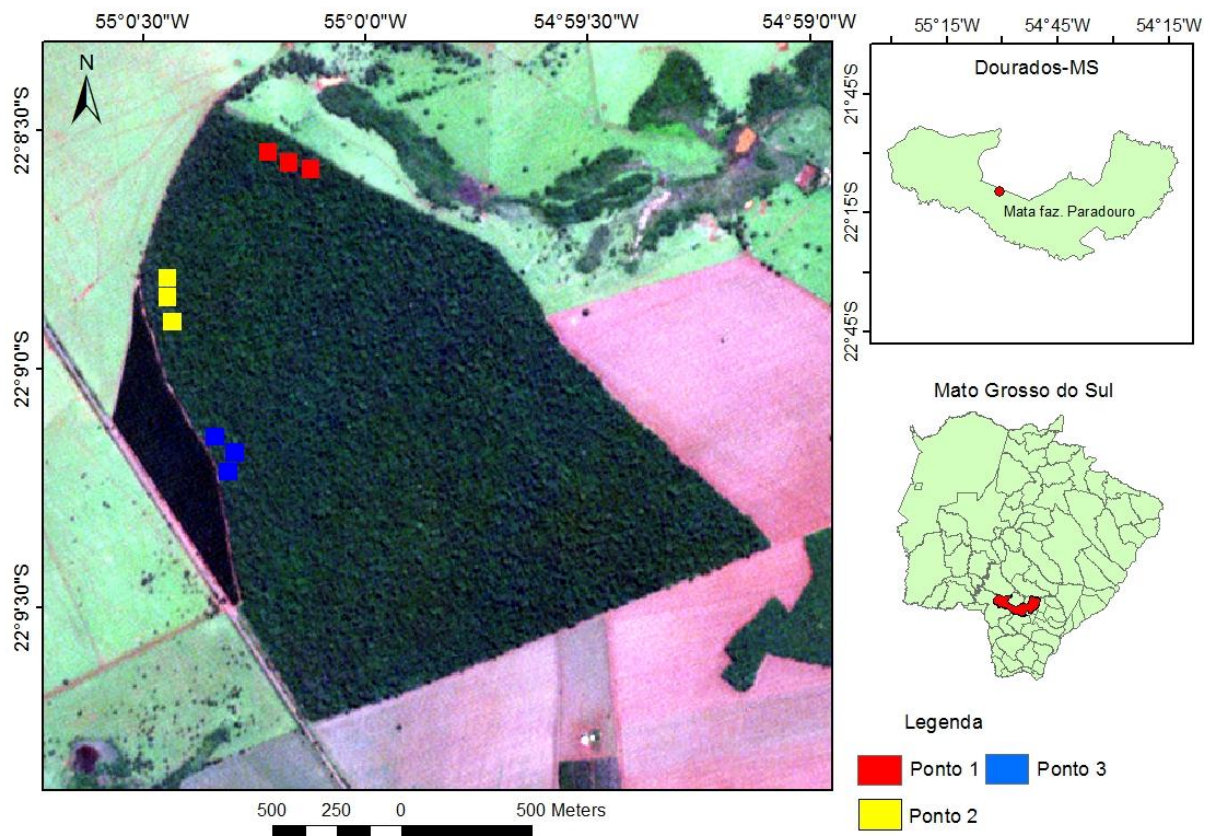


Figura 1. Localização da mata da Fazenda Paradouro.

Para a avaliação da complexidade da vegetação, foi usada imagem do sensor RapidEye datada de 01/04/2012, com resolução espacial de 5 m e 5 bandas espectrais (Tabela 1), adquirida através do banco de dados da Embrapa Monitoramento por Satélite (2015), sendo calibrada, corrigida para os efeitos da atmosfera e convertida para valores de reflectância de superfície (GOMES et al., 2013) através do Sistema de Calibração e Correção Atmosférica Multissensor (SCCAM). As imagens ASTER também foram submetidas ao mesmo tipo de pré-processamento e conversão à reflectância de superfície, garantindo normalização e isonomia entre os valores de ambos os sensores.



9º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC2015
10 a 12 de agosto de 2015 – Campinas, São Paulo

Para comparar os resultados obtidos, foi empregado como referência o trabalho de Rocha e Mattos (2014), que apresentaram dados da mesma área utilizando imagem do sensor ASTER, datada de 24/08/2006, com resolução espacial de 15 m e 5 bandas espectrais (Tabela 1). Foram considerados os mesmos comprimentos de onda correspondentes do sensor ASTER para o sensor RapidEye, para melhor interpretação das medidas de complexidade banda a banda.

Tabela 1. Especificações técnicas dos satélites do Sistema Rapideye e ASTER.

RapidEye		ASTER	
Banda	Comp. de onda	Banda	Comp. de onda
Azul	440 - 510 nm	-	-
Verde	520 - 590 nm	1	520 - 600 nm
Vermelho	630 - 690 nm	2	630 - 690 nm
Red-Edge	690 - 730 nm	-	-
Infravermelho próximo	760 - 880 nm	3	760 - 860 nm
-	-	3B	760 - 860 nm
-	-	4	1.600 – 1.700 nm
Resolução Espacial			
6,5 m (nadir) e 5 m para ortoimagens		15 m	
Resolução Temporal			
24 horas (off-nadir) e 5,5 dias (nadir)		16 dias	
Faixa Imageada			
77,25 km		60 km	
Resolução Radiométrica			
12 bits		8 bits	

Fonte: Embrapa Monitoramento por Satélite (2013).

Em seguida, foi aplicada a metodologia descrita em Mattos et al. (2012) para coleta de dados e medidas de complexidade considerando alvos de referência, conforme descrito abaixo

- I) ao redor de cada região do interior da mata, escolhida em trabalho de campo descrito em Rocha e Mattos (2014), foi criada na imagem uma região de interesse (*ROI*) contendo 225 pixels, correspondendo a uma área de 75 x 75 m (Figura 2);
- II) adjacente ao 1º *ROI* criado em cada região, foram gerados outros dois *ROIs* de mesmo tamanho e que apresentavam na imagem padrões texturais semelhantes a ele (Figura 2);
- III) para cada um dos 9 *ROIs* foi obtido o relatório estatístico gerado pelo software Envi, o qual fornece informações como frequência de números digitais (*DNs*) presentes em cada banda.



9º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC2015 10 a 12 de agosto de 2015 – Campinas, São Paulo

As estatísticas geradas para cada área amostral foram analisadas em relação à complexidade dos padrões (no sentido de heterogeneidade de espectros) utilizando-se duas medidas de complexidade baseadas na entropia informacional: medida de variabilidade He/Hmax e medida de complexidade SDL. A medida de variabilidade He/Hmax considera que a complexidade aumenta em função do aumento da desordem do sistema (SHINER et al., 1999). Assim, para essa medida, valor alto de complexidade significa que o sistema está mais desordenado. Portanto, ela permite identificar se o sistema encontra-se mais próximo da ordem ou da desordem.

Diferente da anterior, a medida de complexidade SDL considera que a maior complexidade está localizada entre a ordem e a desordem, ou seja, a complexidade máxima situa-se num estado de heterogeneidade intermediária. Esse pressuposto pode ser matematicamente representado por uma função convexa da entropia (LÓPEZ-RUIZ et al., 1995; PIQUEIRA et al., 2009).

Partindo para a aplicabilidade prática dessas medidas, uma fitofisionomia mais complexa, por exemplo, tende a ser mais modificada antropicamente, visto que a heterogeneidade do comportamento espectral do alvo é maior do que em sistemas menos complexos, que possuem um comportamento mais homogêneo.

Para o cálculo das medidas de variabilidade He/Hmax e de complexidade SDL foi usado o programa *CompPlexus*, criado especificamente para esse fim (VEDOVATO et al., 2013).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 2, são apresentados os resultados das medidas de complexidade He/Hmax e SDL obtidos através do sensor RapidEye, enquanto que a tabela 4 mostra os resultados obtidos por Rocha e Mattos (2014) por meio do sensor ASTER.

A partir dos resultados apresentados do sensor RapidEye para a medida He/Hmax, comparado com os do sensor ASTER banda a banda, é possível perceber que o sensor RapidEye apresentou maior complexidade. Entretanto, ao observar as médias (Tabela 3 e 5) das áreas das bandas correspondentes nos dois sensores, percebe-se que não existe padrão entre os resultados para as duas medidas.

O mesmo vale para a medida SDL, quando na comparação de resultados banda a banda entre os dois sensores, diferente da outra medida, é possível perceber que o maior padrão de complexidade encontra-se no sensor ASTER mas, ao observar a média por área, percebe-se que também não há um padrão em seus valores.



9º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC2015
10 a 12 de agosto de 2015 – Campinas, São Paulo

Tabela 2. Valores de complexidade He/Hmax e SDL sensor RapidEye.

Região	ROIs	He/Hmax			SDL		
		Banda 2	Banda 3	Banda 5	Banda 2	Banda 3	Banda 5
1	1	0.953813	0.963219	0.9741	0.044053	0.035428	0.02523
	2	0.96936	0.955862	0.96637	0.029702	0.04219	0.032499
	3	0.961063	0.961787	0.9696	0.037421	0.036753	0.029476
2	1	0.964026	0.958821	0.959953	0.03468	0.039484	0.038443
	2	0.957425	0.968848	0.973694	0.040762	0.030182	0.025614
	3	0.955975	0.963895	0.976748	0.042086	0.034801	0.022711
3	1	0.962103	0.95035	0.967936	0.036461	0.047184	0.031036
	2	0.965228	0.959716	0.965914	0.033563	0.038661	0.032924
	3	0.952243	0.92782	0.963045	0.045476	0.06697	0.03559

Legenda: ■ Maiores valores obtidos para determinada medida ■ Menores valores obtidos para determinada medida

Tabela 3. Valores médios das regiões do sensor RapidEye.

RoIs	Banda 2	Banda 3	Banda 5	Banda 2	Banda 3	Banda 5
Média 1	0.961412	0.960289	0.970023	0.037059	0.038124	0.029068
Média 2	0.959142	0.963855	0.970132	0.039176	0.034822	0.028923
Média 3	0.959858	0.945962	0.965632	0.038500	0.050938	0.033183

Legenda: ■ Maiores valores obtidos para determinada medida ■ Menores valores obtidos para determinada medida

Tabela 4. Valores de complexidade He/Hmax e SDL sensor ASTER.

Região	ROIs	He/Hmax ASTER			SDL ASTER		
		Banda 1	Banda 2	Banda 3	Banda 1	Banda 2	Banda 3
1	1	0.994996	0.916107	0.884316	0.004979	0.076855	0.102301
	2	0.856761	0.906576	0.857628	0.122722	0.084696	0.122102
	3	0.791712	0.819886	0.890912	0.164904	0.147673	0.097187
2	1	0.924969	0.883943	0.902813	0.069402	0.102588	0.087742
	2	0.844958	0.787992	0.902475	0.131004	0.167061	0.088014
	3	0.862699	0.980163	0.891137	0.11845	0.019444	0.097012
3	1	0.959632	0.971039	0.935184	0.038738	0.028123	0.060615
	2	0.913179	0.972713	0.919008	0.079283	0.026542	0.074432
	3	0.945866	0.959632	0.972118	0.051203	0.038738	0.027104

Legenda: ■ Maiores valores obtidos para determinada medida ■ Menores valores obtidos para determinada medida

Fonte: Rocha e Mattos (2014).

Tabela 5. Valores médios das regiões do sensor ASTER.

ROIs	Banda 2	Banda 3	Banda 5	Banda 2	Banda 3	Banda 5
Média 1	0.881156	0.880856	0.877619	0.097535	0.103075	0.107197
Média 2	0.877542	0.884033	0.898808	0.106285	0.096364	0.090923
Média 3	0.939559	0.967795	0.942103	0.056408	0.031134	0.054050

Legenda: ■ Maiores valores obtidos para determinada medida ■ Menores valores obtidos para determinada medida

Esse comportamento das medidas pode ser explicado, provavelmente, devido à diferença na resolução espacial entre os sensores, dado que o sensor RapidEye possui resolução espacial de 5 m, enquanto o ASTER de 15 m, de forma que quanto maior o número de pixels na mesma área pressupõe-se um aumento sintomático da quantidade de informação, bem como uma maior variação de sua frequência.

Sutis diferenças na posição dos centros de banda entre os sensores também podem explicar variações nos valores de reflectância de superfície por banda para os mesmos comprimentos de onda (Figura 2). Ademais, a falta de padrão com base nos valores das médias entre as bandas é resultado da mistura de comportamentos espectrais distintos e não definidos, gerando medidas de He/Hmax e SDL aleatórios.

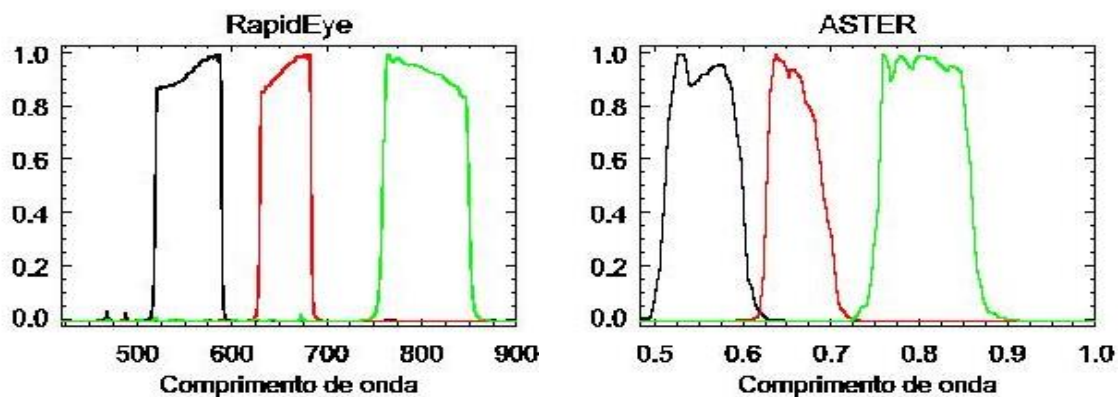


Figura 2. Função de filtros dos sensores Rapideye e ASTER.

4 CONCLUSÃO

As medidas de complexidade mostraram-se efetivas na avaliação da variação do nível informacional entre os sensores RapidEye e ASTER, entretanto não isonômicas, considerando diferentes resoluções espectrais e espaciais. Dessa forma, representam de maneira efetiva as variações espectrais sobre o alvo, relativos à sua frequência. Assim, os padrões vegetacionais, mesmo que análogos aos níveis de complexidade, apresentam variações em suas medidas oriundas de cada sensor/banda, o que nos leva à recomendação de seu uso quanto à qualificação/diferenciação entre alvos.

5 AGRADECIMENTOS

À Embrapa Monitoramento por Satélite pela oportunidade de estágio, em particular à equipe do Labspec/SCCAM pela orientação e apoio nas atividades relacionadas a esse trabalho.



9º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC2015
10 a 12 de agosto de 2015 – Campinas, São Paulo

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EMBRAPA MONITORAMENTO POR SATÉLITE. **Satélites de Monitoramento**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2013. Disponível em: <<http://www.sat.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 16 jun. 2015.

GOMES, D.; VICENTE, L. E.; SILVA, R. F. B. da; CARVALHO, S.; MAÇORANO, R. P.; VICTORIA, D.; BATISTELLA, M. Uso de dados MODIS e AIRS para obtenção de parâmetros de correção atmosférica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013, p. 8019-8026.

LÓPEZ-RUIZ, R.; MANCINI, H. L.; CALBET, X. A statistical measure of complexity. **Physical Letter A**, v. 209, p. 321-326, 1995.

MATTOS, S. H. V. L. **Complexidade dos padrões espaciais e espectrais de fitofisionomias de Cerrado no estado de São Paulo**. 2010. 210 f. Tese (Doutorado em Geografia área análise ambiental e dinâmica territorial) - Universidade Estadual de Campinas. Campinas – SP

MATTOS, S. H. V. L.; PIQUEIRA, J. R. C.; VICENTE, L. E., PEREZ-FILHO, A. Criticalidade auto-organizada no Cerrado? Invariância escalar dos padrões texturais e espectrais de fitofisionomias do Cerrado paulista. **GeoNorte**, v. 1, n. 4, 2012. p.141-169.

ROCHA, T. M. G.; MATTOS, S. H. V. L. Caracterização de remanescentes de vegetação natural da bacia do rio Ivinhema (MS) a partir de métricas da paisagem. In: ENCONTRO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 2014, Dourados. **Anais...** Dourados: ENEPEX, 2014.

EMBRAPA MONITORAMENTO POR SATÉLITE. **Sistema de Calibração e Correção Atmosférica Multissensor (SCCAM)**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/monitoramento-por-satelite/sccam>>. Acesso em: 16 jun. 2015.

SCIAMARELLI, A. **Estudo florístico e fitossociológico da “Mata de Dourados” Fazenda Paradoiro, Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil**. 2005. 120 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

SHINER, J. S.; DAVISON, M.; LANDSBERG, P. T. Simple measure of complexity. **Physical Review E**, v. 59, n. 2, p. 1459-1464, 1999.

VEDOVATO, L. B.; VICENTE, L. E.; PAIM, F. A. P.; PIQUEIRA, J. R. C.; MATTOS, S. H. V. L., *Complexus*: programa para avaliação de complexidade de padrões em imagens multiespectrais de sensores remotos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013. p. 1790-1792.

ZANELLA, L. **Análise da interferência na fragmentação da mata atlântica e modelos de simulação da paisagem na microrregião da serra da mantiqueira do estado de minas gerais**. 2011. 116 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.