

Análise da generalização cartográfica do sensor MODIS na bacia hidrográfica do Rio Vermelho - GO

Manoel Reinaldo Leite¹

Pablo Santana Santos²

Laerte Guimarães Ferreira Junior¹

Universidade de Federal de Goiás - UFG/IESA/LAPIG¹

Campus Samambaia (Campus II) – Prédio da Reitoria, CEP: 74001-970, Caixa Postal: 131

Goiânia – GO, Brasil

{ manoelreinaldo@ig.com.br, laerte@iesa.ufg.br }

Universidade Federal do Oeste da Bahia–UFOB²

Rua Prof. José Seabra, 316, Recanto dos Pássaros – 47808-021 - Barreiras - BA, Brasil

pablo@ufob.edu.br

Abstract: This study aimed to analyze the cartographic generalization MODIS for different levels of landscape complexity and its seasonality in the basin of the Red River in the western portion of the state of Goiás. To do so we used a WorldView-2 image and three Landsat scenes 8, from the map of use / land cover derived from WorldView-2 image can descrininar and quantify in detail the different landscape units of the application area. The OLI data served as parameters for analyzing the generalization of MODIS data. Averages between 64 pixels OLI and MODIS data showed, in general, good generalization MODIS, saved the limitations of scale and the saturation of NDVI at certain times of the year, which require care and attention to interpret the mappings on the vegetation behavior.

Palavras-chave: generalização cartográfica, MODIS, Uso/cobertura da terra. Cartographic generalization, MODIS and land cover.

1.Introdução

Um passo revolucionário no mapeamento e monitoramento do uso/cobertura da terra adveio com a possibilidade de utilização de dados de sensoriamento remoto, principalmente, para estudos cujo objetivo é entender as variações espaciais e sazonais da superfície. A possibilidade de registro ao longo do tempo adiciona o componente histórico a estes dados, permitindo entender os processos pelos quais a dinâmica da superfície foi submetida.

Os dados de sensoriamento remoto, entretanto, são influenciados por fatores intrínsecos à paisagem, como sua constituição, estação do ano, condições de relevo, umidade entre outros; e fatores extrínsecos, como os diferentes tipos de sensores, suas resoluções espaciais e radiométricas, geometria de aquisição de dados etc. (FERREIRA, L.G. et al.2008)

A soma destes fatores, quando considerados à luz da sazonalidade, implica que uma mesma porção da superfície apresente realces diferentes dos alvos que a constituem resultando em generalizações cartográficas, as quais dependerão fortemente do estado de momento da paisagem e de todos os componentes que constituem o mecanismo imagiador daquele instante. Cartograficamente, a generalização é uma técnica que consiste na seleção de informações importantes que representem a feição de maior expressão no espaço geográfico cartografado em função da escala de mapeamento (TAURA, 2007).

Estendendo o conceito de generalização aos dados de sensoriamento remoto Ponzoni e Shimabukuro (2007) argumentam que além da escala de trabalho os fatores supracitados

influenciarão no tipo e na quantidade de alvos realçados ou suavizados, em outras palavras, a generalização afetará qualitativamente e quantitativamente os mapeamentos oriundos das técnicas e dados de sensoriamento remoto. Principalmente considerando o comportamento sazonal e fenológico da vegetação ao longo tempo, tornando-se imperativo, para este tipo de estudo, análises de séries temporais afim de compreender não apenas o momento paisagístico mais o seu padrão de comportamento frente às dinâmicas de superfície.

Dentre os principais sensores fornecedores de séries temporais para mapeamentos sistêmicos da cobertura da superfície destaque deve ser dado para TM (*Thematic Mapper*), o ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper Plus*) a bordo das plataformas Landsat 5 e 7 e o MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), a bordo da plataforma TERRA. O TM fornece dados desde 1984 e o ETM+ desde 1999, ambos possuem resoluções espaciais de 30m com período de revisada de 16 dias. O MODIS fornece dados desde 1999 com períodos de revisada diários e resolução espacial de 250 a 1000m.

Diante desta breve caracterização dois pontos merecem uma avaliação, quais sejam: os dados TM e ETM+ apresentam períodos de revisada quinze vezes menor do que o MODIS, em contra partida, este apresenta resolução espacial (considerando sua menor resolução espacial), aproximadamente sessenta e quatro vezes menor do que os dados TM e ETM+. Assumindo como preponderante a necessidade de séries temporais que contemplem várias épocas do ano, ou do ciclo hidrológico, para os estudos da vegetação, as baixas resoluções temporais de sensores como TM, ETM+, comparadas aos dados MODIS, podem comprometer a visada de superfície, principalmente, em função da cobertura de nuvens em determinadas épocas do ano, e em determinadas regiões, deixando lacunas nos dados por vários meses ou até mesmo anos inteiros (SANO et. al., 2010).

Esse fato representa um obstáculo para estudos fenológicos da vegetação bem como monitoramento e caracterização do comportamento espectral de alvos específicos durante um ou mais ciclos hidrológicos. Os produtos MODIS são uma alternativa interessante para sanar este problema, tendo em vista que sua alta resolução temporal permite a obtenção de várias imagens de uma mesma área em intervalos diários, possibilitando a análise dos dados de superfície a partir das melhores visadas e livres, ou pelo menos mais livres possível, da cobertura de nuvens para grandes áreas da superfície terrestre. O contra ponto vem na forma de uma generalização cartográfica que varia em função do produto MODIS utilizado (250, 500 e 1000m de resolução espacial) fazendo com os sinais de uma área de 62.500 m² (menor resolução espacial) seja representado como uma única feição terrestre.

Como destaca Ferreira, L.G. et al., (2008) os realces espectrais, como o índice de vegetação *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)*, são uma alternativa amplamente utilizada no sentido de mitigar os efeitos das variações da irradiância solar e os efeitos dos solos nos dados de sensoriamento remoto, uma vez que a utilização de duas bandas espectrais podem suavisar os efeitos dos ruídos que afetam a resposta da vegetação proporcionando um sinal mais limpo no que diz respeito aos efeitos atmosféricos, vegetação não-fotossinteticamente ativa e solos.

Muito embora estes índices apresentem às propriedades acima listadas a dinâmica sazonal da cobertura/uso da terra, em função das características da paisagem, implicam em variações dos alvos ao longo do tempo. Este fato se traduz em generalizações cartográficas quando consideramos os níveis de complexidade das paisagens, explicitando, a necessidade de estudos voltados para a compreensão da generalização destas paisagens em relação aos dados obtidos remotamente.

Dentro deste contexto este trabalho objetivou analisar a generalização cartográfica do sensor MODIS em função de diferentes níveis de complexidade paisagísticas e de sua sazonalidade na bacia hidrográfica do Rio Vermelho na porção oeste do estado de Goiás.

2. Área de estudo

A bacia hidrográfica do Rio Vermelho, localizada geograficamente num polígono formado pelas coordenadas de 51° 27', 49° 59' W e 16° 20' e 14° 55' S. Situada na porção centro oeste do estado de Goiás, como demonstra a figura 01, sua extensão territorial é de aproximadamente 10.824 km², sendo que seus limites externos fazem interseção com os municípios de Aruanã, Britânia, Matrinchã, Santa Fé de Goiás, Jussara, Itapirapuã, Novo Brasil, Fazenda Nova, Buriti de Goiás, Faina e Goiás.

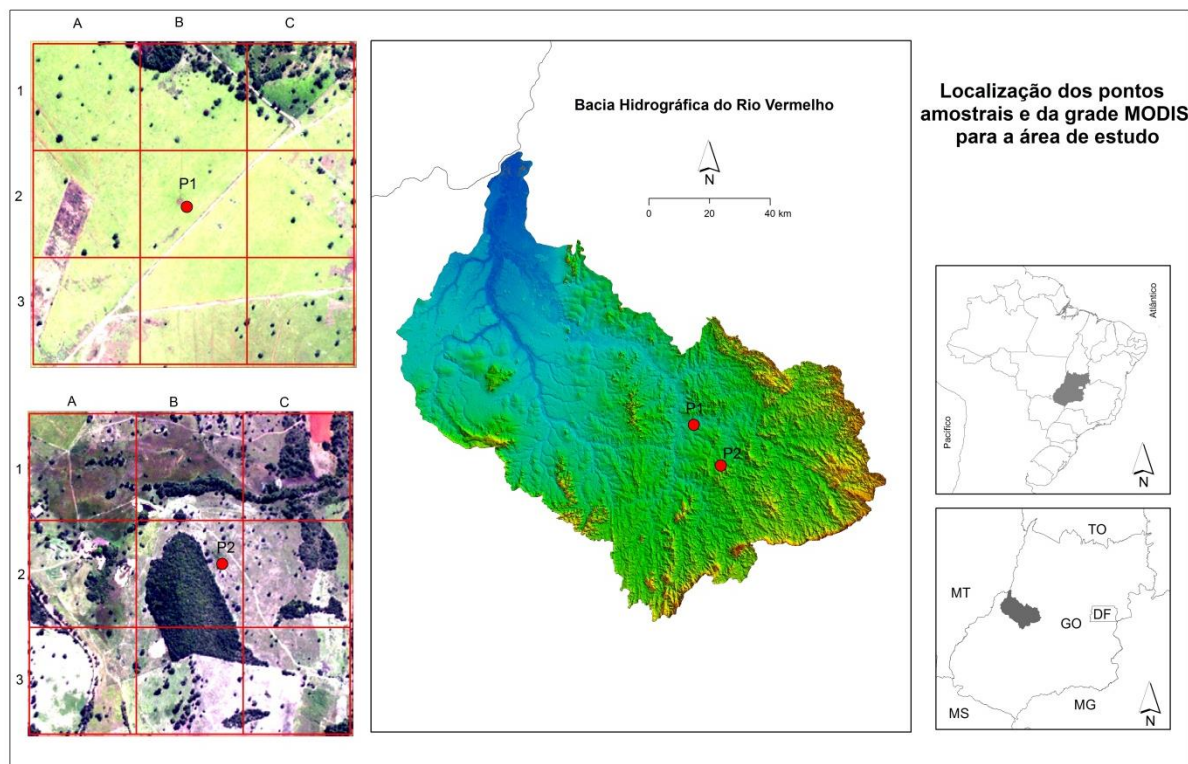


Figura 01 – Localização da área de estudos

A presente bacia encontra-se inserida no Bioma Cerrado e apresenta mais de 57% da cobertura/uso da terra na forma de pastagens cultivadas. A diversidade ambiental é uma característica marcante, na qual são destacadas 20 formações geológicas diferentes, com aproximadamente 10 classes de solos, superfícies de aplainamentos a jusante e relevos movimentados com domínios de vales encaixados a montante além de serras e relevos do tipo *hog-back* (VIEIRA, 2013).

O sistema de pastagens desta bacia foi detalhado por Santos (2014) que monitorou 20 amostras de pastos realizando sua caracterização e mapeamento biofísico e ambiental a partir de dados de satélite e campanhas de campo.

A área analisada compreende duas destas amostras representadas pelo ponto P1 e P2 presentes na figura 01. A escolha destes pontos se justifica, pois os mesmos encontram-se na área da bacia em que foi constatada a maior heterogeneidade de unidades de paisagem, desta forma os dois pontos apresentam diferenças entre si no que tange a constituição geológica, pedológica e a cobertura da terra.

O ponto P1 localiza-se sobre áreas de pastagem *Brachiaria Brizantha* do tipo pasto limpo associado á Latossolo vermelho distrófico textura média argilosa fases do relevo suave ondulado. O P2 situa-se sobre áreas de pasto sujo de *Brachiaria Brizantha* associado à

exposição de áreas úmidas e de Cambissolo de textura média em fases do relevo suave ondulado.

3. Materiais e Métodos

Definidos os pontos de análise iniciaram-se os procedimentos técnicos operacionais no intuito de atingir o objetivo proposto. O primeiro passo consistiu na seleção de nove pixels MODIS a partir do ponto amostral, desta forma contabilizou-se dezoito pixels MODIS sendo nove para cada ponto. A identificação destes pixels se deu através de um conjunto alfanumérico como indica a figura 01.

Para analisar a generalização do sensor MODIS foram utilizados três conjuntos de dados satelitários: o primeiro correspondeu a imagens dos produtos MOD13Q1 tile H13/V10, do índice de vegetação NDVI no formato digital de 03/01/2014, 11/05/2014 e 30/07/2014 disponibilizadas pela *National Aeronautics and Space Administration – NASA*.

O Segundo dado correspondeu a uma imagem *WorldView-2* no formato digital de 27/03/2012 e representou a verdade terrestre no intuito detalhar o uso/cobertura da terra dos pontos em análise.

O terceiro conjunto de dado diz respeito à três cenas OLI – Landsat 8, com as mesmas datas das imagens MODIS para a órbita/ponto 223/71, o objetivo deste dado foi de obter parâmetros de comparação entre a área imageada pelo sensor MODIS e correspondentes no terreno sessenta e quatro vezes maior, isto é, para cada pixel MODIS foram considerados, aproximadamente¹, sessenta e quatro pixels OLI.

Desta forma os valores dos pixels MODIS podem ser comparados a média dos sessenta e quatro pixels OLI em diferentes momentos sazonais, proporcionando desta maneira, a avaliação das informações generalizadas nos dados MODIS.

Selecionados os pontos de análises e obtidos os dados deu-se início aos procedimentos técnicos com a normalização das refletâncias em nível do sensor para as imagens OLI. Na sequência foi calculado o NDVI para cada data destas imagens.

Na etapa sequencial o índice de vegetação NDVI, dos dados MODIS, foram reprojados para a projeção Universal Transversa de Mercator, datum WGS84, tamanho do pixel de 250m, a partir do programa *MODIS Reprojection Tool*.

No intuito de quantificar o uso/cobertura da terra de forma mais precisa possível a imagem *WorldView-2* foi classificada utilizando o módulo de extração de feições por exemplos, do ENVI 5.1, os dados de entrada foram bandas 4, 3, e 7, NDVI, Componentes principais bandas 1 e 2 e uma máscara de solos. O método foi o de Classificação orientada a objetos o classificador foi o *Support Vector Machine* os parâmetros foram *Full Lambda Schedule (50%)*, *Merge Level (94%)* e *Texture Kernel Size (3)*. O coeficiente *Kappa* desta classificação foi 0.8574.

Por fim, estabeleceu-se a diferença percentual entre os valores dos pixels MODIS e as médias dos sessenta e quatro pixels OLI através da equação 01.

$$Dif\% = (NDVI_{MODIS} - NDVI_{OLI}) * 100 \quad 01$$

¹ A relação em termos de área é de 64 pixels OLI (resolução espacial de 30m) para um pixel MODIS (resolução espacial de 250m), esta relação, entretanto, não é exata e o pixel MODIS engloba pixels OLI em zonas de transição, isto é, pixels OLI que estão em mais de um pixel MODIS ao mesmo tempo. Neste caso para compor os valores médios a serem comparados com o valor do pixel MODIS, os valores dos pixels OLI, nas faixas de transição, foram considerados em relação à fração que sua área ocupava dentro do pixel MODIS.

3. Resultado e analise

Pela quantificação do uso/cobertura da terra oriunda das imagens *WorldView-2* o ponto P1 é composto por 5.18% de remanentes de vegetação natural, concentrada ao norte e nordeste da área e espaçada, na forma de árvores, por quase todos os pixels; 10.95% de áreas de solo exposto representados pelas estradas e pastos com exposição desta classe de uso e 83.87% de pastagens.

O ponto P2 compõe-se, de forma geral, por 23.68% de áreas de vegetação natural, 7.75% de áreas de solo exposto e 68.57% de áreas de pastagens, sendo, 48.14% de pastos associados à exposição temporária de cambissolos e 20.43% de áreas de pastos sobre domínios úmidos e solos argilosos resultantes de intrusões de rochas máficas nestas áreas.

A figura 02 (a) indica a relação percentual entre as classes de uso/cobertura da terra mapeadas por pixel do ponto P1 e a figura 02 (b) para o ponto P2. É interessante destacar que na figura 02 (a) 5 pixels apresentam classe de pastos superior a 80%, 3 pixels apresentam mais de 70% de sua área como pastagens e 1 pixel (A3) apresenta mais de 60% de sua área como pasto fato que destaca uma o nível de homogeneidade desta superfície no que diz respeito a sua cobertura. Destaque ainda deve ser dado para os pixels A2, A3 e C2 que apresentaram 20.58, 39.53 e 10.23% de solo exposto, respectivamente e, os pixels B1 e C1 que apresentaram 19.1 e 19.77% de vegetação natural em sua cobertura.

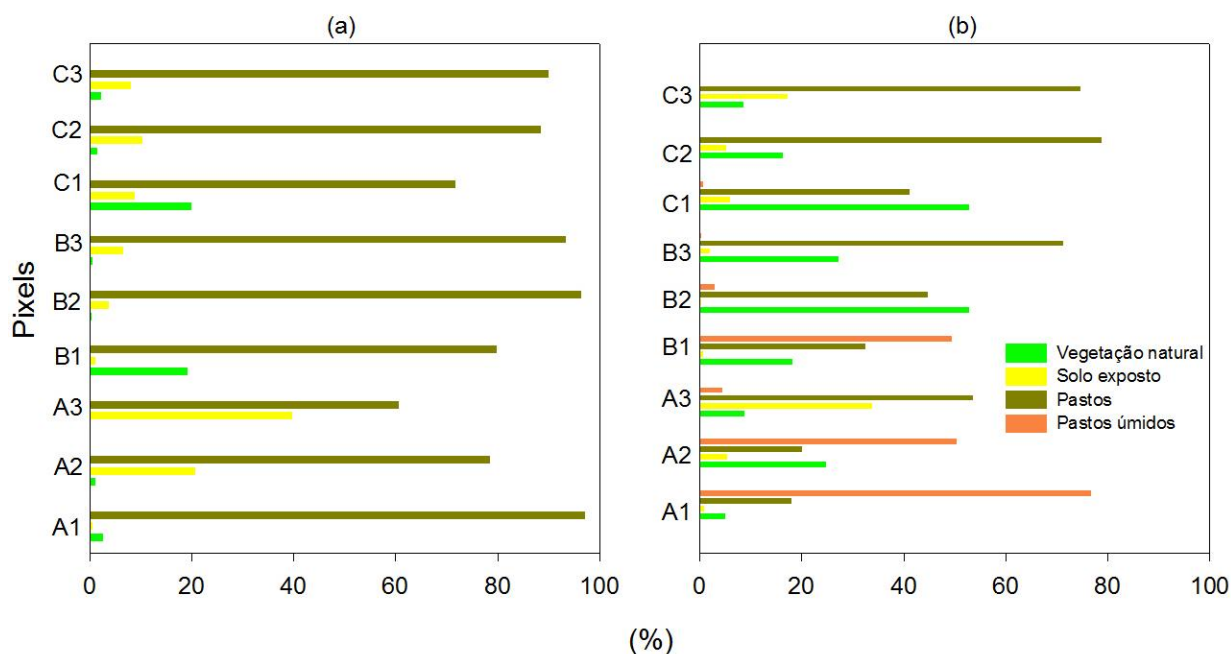


Figura 02 – Uso/cobertura da terra para o ponto P1(a) e para o ponto P2 (b)

A heterogenidade da paisagem do ponto P2 é bem marcada na figura 02 (b) na qual a uso/cobertura da terra é mais diversificado por pixel em relação ao ponto P1. Destaque deve ser dado aos pixels B2 e C2 os quais apresentam mais de 50% de sua cobertura como vegetação natural. Na classe de solo em exposição chama-se atenção para os A3 e C3 já que os mesmos apresentaram os maiores percentuais desta categoria com 33.67 e 17.10%, respectivamente.

No que diz respeito às áreas de pastagens para o ponto P2 é conveniente ressaltar que as mesmas apresentam forte respostas de solos, ou seja, as áreas de pastagem, sobretudo para o inverno apresentam forte influência das respostas espectrais dos solos. Na parte norte do ponto, nos pixels A1, A2, B1 e C1 existem a predominância de pastos com respostas de solos

mais úmidos e argilosos com destaque para os pixels A1 e A2 os quais apresentaram mais de 50% destes em sua constituição.

Já nas áreas central e sul, do ponto P2, a predominância é de pastos associados à combissolos de textura média, com destaque para os A3, B3 e C3 os quais apresentaram mais de 50% desta categoria de cobertura da terra.

No que diz respeito os realces espectrais do NDVI as diferenças paisagísticas de cada pixel MODIS são suficiente para implicar em comportamento gráfico, como demonstra a figura 03, distinto para cada pixel, isso significa, tecnicamente, que a menor área mapeada pelo sensor MODIS (250m) é suficientemente grande para abrigar uma diversidade de cobertura da terra implicando em generalizações cartográficas.

Pela análise das figuras 03 (a) e (b) pode-se notar que as diferenças MODIS / OLI são mais acentuadas no ponto P2 em detrimento do ponto P1, isso ocorre porque a superfície é mais heterogênea em P2 do que em P1. Outro ponto interessante a destacar diz respeito a distinção dos momentos sazonais das superfícies, a área mais homogênea permitiu uma maior segregação das estações anuais, principalmente, entre verão e inverno.

Considerando estudos que objetivam análises fenológicas da vegetação e seu comportamento espectral ao longo do ciclo hidrológico, esta informação é importante, uma vez que as áreas mais homogêneas tendem a valores menos generalizados ao longo do ano.

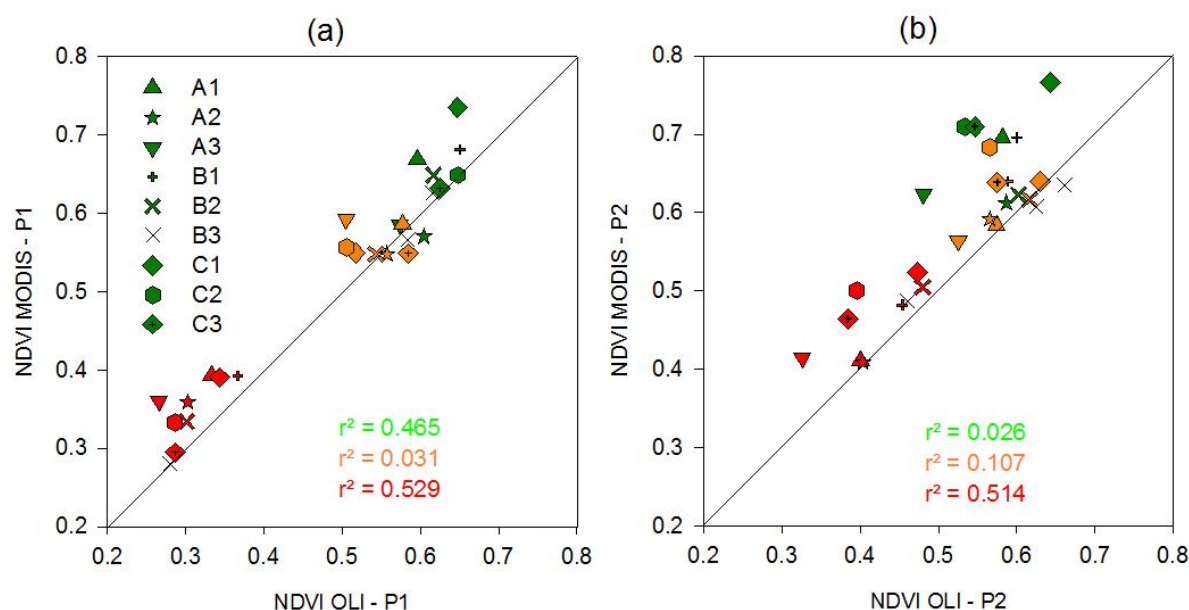


Figura 03 – valores de NDVI para o ponto P1 (a) e para o ponto P2 (b). Valor em vermelho representa inverno, alaranjado outono e verde verão.

No que diz respeito aos comportamentos específicos de cada pixel pode-se chamar a atenção para os pixels B3 e C3 do ponto P1, estes são basicamente compostos pelo mesmo padrão de cobertura de superfície, sendo 93.24% de pastos para o B3 e 89.86% de pastos para C3, às diferenças nas classes de solo exposto e vegetação natural são de 1.6% e 1.7% respectivamente. Do ponto de vista gráfico estes pixels apresentaram, basicamente, os mesmos valores para ambos os sensores com uma diferença mais acentuada para a data de outono.

Este fato é justificado uma vez que nesta data as áreas de pastagem já não tem acesso à água do solo, apresentando, biomassa seca, contudo as árvores espaçadas presentes nos pixel apresentam-se verdes nesta época, como o OLI tem uma resolução espacial maior pode registrar estes realces fazendo com que os valores do NDVI fossem maiores para este sensor.

Quantitativamente a diferença percentual desse registro, entre os sensores MODIS / OLI, pode ser analisada através da tabela 01 em que o pixel C3 apresentou 3.56% de realce espectral a mais para o sensor OLI, para a data de outono, em detrimento ao sensor MODIS e o B3 apenas 1.74%, como o C3 tem mais árvores estes valores são justificados.

Tabela 01 – diferenças percentuais entre NDVI MODIS / OLI para as datas analisadas

	P1			P2		
	Verão	Outono	Inverno	Verão	Outono	Inverno
Pixels	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
A1	7.28	0.85	5.97	11.45	0.94	1.03
A2	-3.38	-0.94	5.58	2.55	2.63	0.56
A3	1.17	8.80	9.49	14.28	3.81	8.81
B1	3.09	-3.59	2.61	9.62	5.12	2.79
B2	3.20	0.49	3.24	2.13	0.02	2.49
B3	0.99	-1.74	0.02	-2.54	-1.75	2.62
C1	8.75	3.30	4.71	12.34	0.99	5.04
C2	0.12	5.07	4.68	17.61	11.78	10.48
C3	0.79	-3.56	0.85	16.33	6.35	8.04
Totais	22.01	8.69	37.14	83.764	29.89	41.86

*Os valores negativos indicam que a média OLI registrou valores de NDVI maiores em relação ao MODIS

Quanto ao ponto P2 os pixels A1 e A2 também apresentam um comportamento gráfico, de acordo com a figura 03, interessante de ser analisado. A cobertura da terra destes pixels indicam 94.50% de pastos para o A1, e 70.29% para o A2. Dos pastos de A1 76.92% estão localizados em áreas mais úmidas de solos argilosos e 50.31% do A2 nestas mesmas condições. O pixel A2 apresenta 19.67% a mais de vegetação natural e 4.54% de solo exposto em relação ao pixel A1.

Embora exista esta diferença de cobertura da terra os valores de NDVI, para as datas de inverno e verão, são muito próximos para os dois sensores nestes pixels, com a máxima variação de 2.63% para o outono e 0.56% para o inverno, conforme destaca a tabela 01. A diferença se acentua no período de verão e chega a valores superiores a 11% com o pixel A1 registrando maior realce de NDVI. Isto é, o pixel A2 possui aproximadamente 20% a mais de vegetação natural do que o A1, e este 26.27% a mais de pastos em solos úmidos e argilosos de onde se infere que na presença de água estas áreas propiciam uma saturação do NDVI o que justifica seu maior realce em relação ao pixel A2 implicando numa maior variação no período de verão.

Do ponto de vista geral o ponto P1 apresentou variações inferiores a 10%, com a mínima variação de 0,02 e a máxima de 9.49%, ambas as variações no período de inverno. Não ocorreu um padrão linear de variações por pixel estas variações ocorreram em função das características de interação entre a paisagem e sua dinâmica sazonal. Diferentemente as variações do ponto P2 apresentaram padrões lineares decrescendo do verão para o inverno com a máxima variação de 17.61% no verão e a mínima de 0.56 no inverno.

4. Conclusões e recomendações

As variações MODIS/OLI ocorreram basicamente em função da sazonalidade e de pequenas variações de superfície, uma vez que estas variações ocorreram em sua grande maioria no período de outono para o ponto P1, o qual apresentou maior homogeneidade de paisagem. As diferenças foram computadas em função da presença de pequenas manchas de

vegetação natural em áreas com grande cobertura de pastos. O ponto P2 basicamente apresentou valores de NDVI mais altos para os dados MODIS com exceção do pixel B3 em que ocorreu generalizações da cobertura vegetal, pelo MODIS, em função da grande quantidade de áreas de solo exposto neste pixel.

As médias entre 64 pixels OLI e os dados MODIS apresentaram, de maneira geral, boa generalização do sensor MODIS, guardadas as generalizações e a saturação do NDVI, em determinadas épocas do ano, que requerem atenção e cuidado do interprete na hora de gerar mapeamentos que envolva a dinâmica sazonal da superfície.

Por fim, é importante destacar a importâncias de estudos posteriores que considerem além da própria dinâmica da paisagem elementos como a anisotropia de superfície, os níveis de saturação dos índices de vegetação, as variações da geometria de visada e, sobretudo, em séries históricas de pelo menos um ciclo hidrológico para se verificar os padrões sazonais das generalizações e possivelmente indicar feições que são mais generalizadas em função da sazonalidade da superfície.

5.Referências

Ferreira, L. G.; Ferreira, N. C.; Ferreira, M.E. Sensoriamento remoto da vegetação: evolução e estado-da-arte. **Acta Sci. Biol. Sci.**, v. 30, n. 4, p. 379-390, 2008.

Jiang, Z.Y., Huete, A.R., Didan, K., Miura, T., 2008. Development of a two-band enhanced vegetation index without a blue band. **Remote Sensing of Environment** 112, 3833–3845.

Ponzoni, F. J.; Shimabukuro, Y.E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. Editora Parêntese, São José dos Campos, 2007, 135 p.

Sano, E.; Rosa, R.; Brito, J.; Ferreira, L. Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 166, p. 113-124. 2010.

Santos, P.S. Caracterização e mapeamento biofísico ambiental da bacia hidrográfica do Rio Vermelho a partir de dados remotamente sensoriados. Goiânia, 2014. 152p. **Tese** (Doutorado em Geografia) Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.

Taura, T. Estudo da Simbologia para Cartas nas Escalas 1: 2.000, 1:5.000 e 1:10.000 de Mapeamento Urbano do Paraná cidade e Generalização Cartográfica. In: **Dissertação** apresentada no Curso de Pós Graduação em Ciências Geodésicas (2007).

Vieira, P. A. Dinâmica de ocupação, vulnerabilidades e cenários para a bacia hidrográfica do Rio Vermelho, Goiás. Goiânia, 2013. 101p. **Tese** (Doutorado em Ciências Ambientais) Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.