

Avaliação do Comportamento Sazonal de Fragmentos de FED, Cerrado e Pastagem do Norte de Minas - MG, a partir de análise comparativa entre NDVI e Precipitação

André Medeiros Rocha¹
Riard Heidson Damasceno Porto¹
Marcos Esdras Leite¹
Manoel Reinaldo Leite¹
Mário Marcos do Espírito Santo¹

¹Universidade Estadual de Montes Claros – UNIMONTES/MG
39401-089 – Montes Claros – MG, Brasil
andremedeiros197@hotmail.com e

{heidsonpriard, marcosesdrasleite, leitemanoelreinaldo, marioesanto}@gmail.com

Abstract: In the scope of Remote Sensing of Vegetation, the use of vegetation indices (VIs) have been employed mainly for consisting in a simple combination of high red wavelength absorbing and low near-infrared (NIR) spectral range absorbing, in such way that it is able to enhance several canopy vegetation properties. The Normalized Difference Vegetation Index – NDVI highlights itself in this field, for providing consistent estimation of phenological and biophysical parameters such chlorophyll content, fraction of absorbed photosynthetically active radiation (FPAR), leaf area index (LAI), greenness vegetation level and energy absorption in terms of inter-annual and seasonal variability. In this way, the current paper aims to assess monthly evolution dynamics of Cerrado, Tropical Dry Forests (TDF) and Pasturelands (main land use and land cover - LULC types) samples located in the North of Minas Mesoregion among the years of 2013 to 2015. For such purpose, it is going to be performed a profile comparative analysis between a monthly NDVI time series from MODIS/Terra (Surface Reflectance 8-day composited MOD09Q1 product) and monthly precipitation data, so that ultimate seasonal variations could be evaluated. In order to achieve the purposed objective, all operational and statistical analysis are going to be hold in *ArcGIS* 10.2.1 and Microsoft Office Excel 2013 softwares.

Palavras-chave: remote sensing of vegetation, seasonal variations, precipitation-NDVI relation, MODIS; sensoriamento remoto da vegetação, variações sazonais, relação NDVI-precipitação, MODIS.

1. Introdução

O monitoramento da dinâmica e evolução da vegetação, comumente, é realizado a partir do uso de produtos derivados do Sensoriamento Remoto, nesse caso, em específico, das imagens de satélite. O emprego dos referidos produtos tem sido justificado por possibilitar a obtenção de informações de alvos terrestres, de forma remota, a partir de sua interação com o fluxo de radiação eletromagnética (REM) incidente (Rosa, 2009). Sendo assim, respostas distintas são registradas pelos sensores acoplados aos satélites, devido às propriedades físico-químicas pertinentes a cada objeto terrestre encerrarem um balanço diferenciado de absorvância e refletância, a qual varia ainda conforme o comprimento de onda da radiação incidente e da sazonalidade climática.

No contexto apontado, o uso conjugado dos canais correspondentes ao vermelho (0,6-0,7 μ m) da faixa do visível e infravermelho próximo (0,75-1,35 μ m) destacam-se como promissor no sensoriamento remoto da vegetação, por viabilizaram, dentre outros, a estimativa da dinâmica sazonal da vegetação, fração da radiação fotossinteticamente ativa absorvida, medida do conteúdo de clorofila e parâmetros biofísicos do dossel, como o nível de verdor (*greenness*) (Gitelson e Kaufman, 1988 e Huete et al., 2010). Em outros termos, tais avaliações se fazem possíveis, devido a vegetação apresentar um contrabalanço de absorvância distinto nas regiões do vermelho (*red*) e infravermelho próximo (*NIR*), a qual afeta diretamente o quantum de radiação refletida. Nesse cenário, os índices de vegetação - IVs (*Vegetation Indices – VIs*) se notabilizam por apontarem acertadamente esse contraste, através da combinação das refletâncias de *red/NIR* (Myneni et al., 1995).

Diante do apresentado, fundamentando-se principalmente nas propostas de estudo efetuadas por Liesenberg, Ponzoni e Galvão (2007) e Ratana, Huete e Ferreira (2005), o presente artigo objetivou compreender a dinâmica sazonal de fragmentos de áreas de Floresta Estacional Decidual (FED), Cerrado e Pastagem situadas na Mesorregião Norte de Minas Gerais entre os anos de 2013 e 2015. Para tanto, serão coletadas amostras na região de estudo pertinente a cada classe de Uso e Cobertura do Solo, a qual são mostradas na Figura 1. A variação sazonal da vegetação ocorrerá mediante análise comparativa trienal entre a série temporal mensal de NDVI (sensor MODIS-Terra) e de precipitação pluviométrica, haja vista que sendo os tipos vegetacionais do Norte de Minas Gerais estacionais, a variação NDVI (verdor) está intrinsecamente associada a reação da vegetação as mudanças do balanço de água do ambiente, indicado – nesse aspecto – pelo balanço mensal de precipitação. Para efeito de conduzir a proposta, as imagens do Sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) do satélite TERRA (particularmente o produto MOD09Q1) serão utilizadas, devido compactuarem melhor resolução temporal, o que seria certamente dificultada caso se utiliza imagens das plataformas Landsat 5 e 8¹, sendo – nesses termos – fundamentais para a análise efetuada.

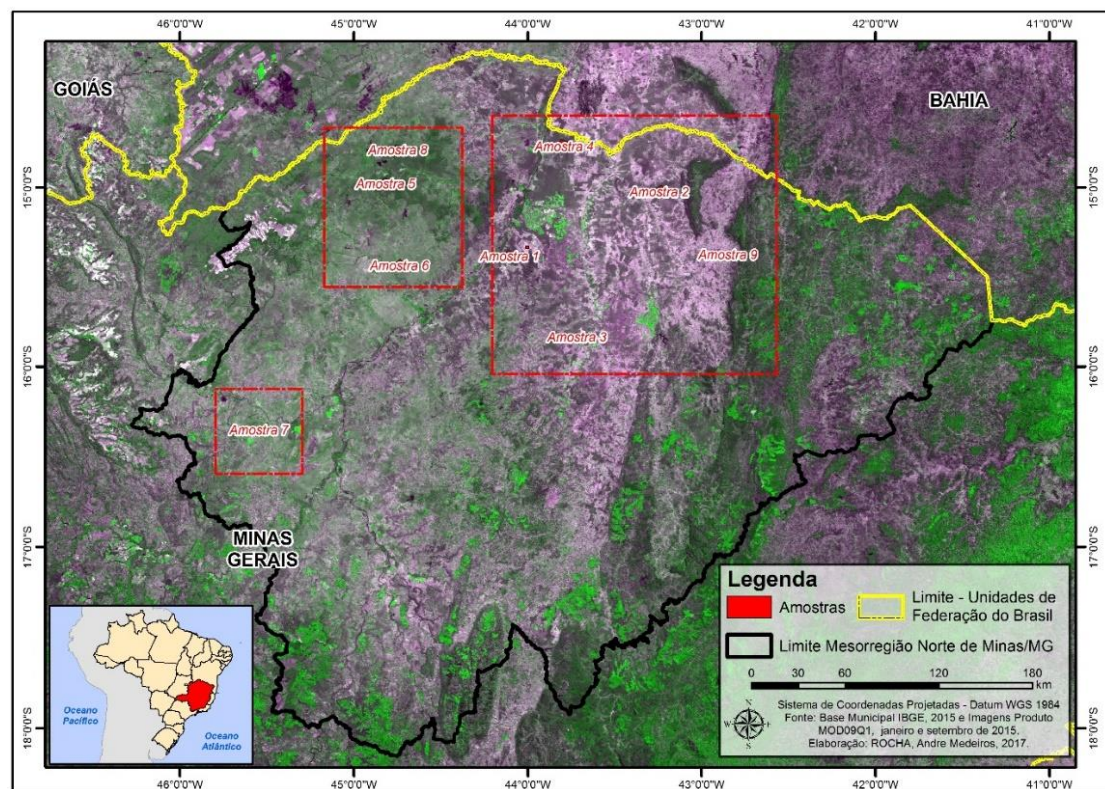


Figura 1: Localização da Área de Estudo

2. Materiais e Métodos

Para efeito de proceder com a avaliação sazonal, foram-se empregados no âmbito desse trabalho imagens mensais do Sensor MODIS - satélite Terra (Produto *Surface Reflectance*

¹ Para mais informações acerca das características e propriedade do Sensor MODIS/Terra e TM e OLI/Landsat, consulte Justice et al., 2002 e <http://landsat.usgs.gov/>.

MOD09Q1, resolução espacial de 250m, *tile* H13V10²) e dados de precipitação mensal (mm)³, obtidos respectivamente nos sites do Serviço Geológico dos Estados Unidos (*United States Geological Survey* – USGS) e Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. No que concerne ao período de aquisição das imagens, a tabela 1 descreve os dias julianos (DJ) dos anos empreendidos.

Tabela 1: Dias Julianos (DJs) do produto MOD09Q1, *tile* H14V10.

Ano 2013	1	41	65	73	113	121	129	137	169	177	201	209	217	233	257	265	281	297	321	361
Ano 2014	1	33	73	97	113	129	137	153	177	185	209	225	233	257	265	281	289	305	361	-
Ano 2015	1	9	41	89	105	145	161	201	209	233	241	249	265	273	281	289	305	313	345	353

Os procedimentos operacionais e estatísticos desenvolvidos ocorreram respectivamente a partir dos softwares *ArcGIS 10.2.1* e Microsoft Office Excel 2013, resumindo-se em 5 etapas principais: 1. Aquisição das Imagens; 2. Pré-Processamento (Composição de Bandas, Reprojecção e Reamostragem); 3. Geração do NDVI; 4. Definição das Classes/ Coleta das Amostras e 5. Elaboração da Estatística.

A primeira etapa consistiu na aquisição das imagens e índices pluviométricos a partir dos sites do USGS e INMET apresentados previamente. Em seguida, procedeu-se com o pré-processamento das imagens obtidas. Nesse ponto, realizou-se a composição de bandas, tendo por base os dois comprimentos de onda disponíveis para o produto MOD09Q1 (620-670nm – *RED band* e 841-876nm – *NIR band*); reprojecção para o sistema de coordenadas projetadas, datum WGS 1984 – *World Mercator*, haja vista que os produtos MOD09Q1 são disponibilizados na projeção sinusoidal, e reamostragem para a resolução espacial de 250m.

Na terceira etapa, calculou-se o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada – NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), a partir da equação apresentada por Huete et al., 2002, assim definida como $[\rho_{(NIR)} - \rho_{(RED)}] / [\rho_{(NIR)} + \rho_{(RED)}]$, em que ρ_{NIR} e ρ_{RED} descrevem o fator de refletância bidirecional da superfície para os comprimentos de onda do infravermelho próximo (NIR) e vermelho (RED), respectivamente.

A definição das classes de Uso e Cobertura do Solo (UCS) e a coleta de amostras constituíram a quarta etapa. Inicialmente, definiram-se para o experimento proposto três classes de UCS: Floresta Estacional Decidual (FED), Cerrado e Pastagem, tendo por parâmetro sua relativa importância no que concerne a distribuição no Norte de Minas, a sua composição diferenciada em termos de formas de vida dominantes (IBGE, 2012) e as diferentes respostas que apresentam, individualmente, às condições de seca e umidade do ambiente. Tal pré-requisito determinado objetivou avaliar como alvos vegetais ou similares respondem às diversas condições de seca-umidade, derivados da variabilidade pluviométrica mensal.

Sendo assim, as classes FED e Cerrado foram escolhidas por constituírem tipos de vegetação predominantes na mesorregião de estudo (IBGE, 2004). A Pastagem, por sua vez, comumente é mencionada como uso antrópico característico da referida área. De outro modo, as classes FED, Cerrado e Pastagem atendem a proposta efetuada, pois são constituídas por combinações de formas biológicas diferenciadas: a FED por Fanerófitos de médio a alto porte, com dossel contínuo ou semi-contínuo e extrato inferior pouco desenvolvido, o Cerrado (Savana Arborizada) por Fanerófitos de baixo porte (formação nanofanerofítica rala) no extrato

² Em vista das amostras coletadas estarem situadas à oeste do complexo do Espinhaço no Norte de Minas e, portanto, situada inteiramente no *tile* H13V10; o *tile* H14V10 não foi utilizado, uma vez que não abrange nenhuma amostra, embora compreenda algumas áreas do Norte de Minas (município de Divisa Alegre inteiramente e parte de Ninheira e Águas Vermelha).

³ Devido as amostras coletadas estarem dispersas no Norte de Minas, utilizou-se como parâmetro na comparação a precipitação média derivada do cálculo de média aritmética entre as estações de Montes Claros, Janaúba, Janaúria, Salinas, Espinosa e Bocaiúva, por estas serem mais representativas.

superior de forma esparsada e vegetação subarbusativa-herbácea no estrato inferior entremeando a formação arbórea (IBGE, 2012) e a Pastagem por vegetação (sub)arbusativa, com estrato herbáceo predominante.

A quinta etapa, por fim, encerrou a construção da estatística da série temporal NDVI por classes de UCS e da precipitação mensal.

3. Resultados

A realização da comparação do comportamento sazonal dos fragmentos vegetacionais, conforme anteriormente mencionado, ampara-se mediante a avaliação comparativa das curvas de precipitação e do NDVI mensais. Sendo assim, a figura 2 apresenta, inicialmente, a dinâmica de variação da precipitação pluviométrica média, com base em seis estações do Norte de Minas Gerais, comparada às normais climatológicas da referida área. A avaliação estatística evidenciou concentração da precipitação de forma similar para os três anos de estudo, entre o início da Primavera à final do Verão, respectivamente entre os meses de outubro a março, perfazendo mais 85% da precipitação anual.

Para o referido período, os meses consecutivos de novembro-dezembro-janeiro comportaram-se como o ápice da estação chuvosa, registrando cumulativamente, em geral, mais de 60% do total precipitado. Os meses de abril a setembro, ou seja, entre o início do outono e final do inverno, responderam por menos de 15% do total anual; registrando, assim, os menores valores de precipitação, com decréscimo máximo alcançado no trimestre junho-julho-agosto, a qual números inferiores a 5mm foram contabilizadas.

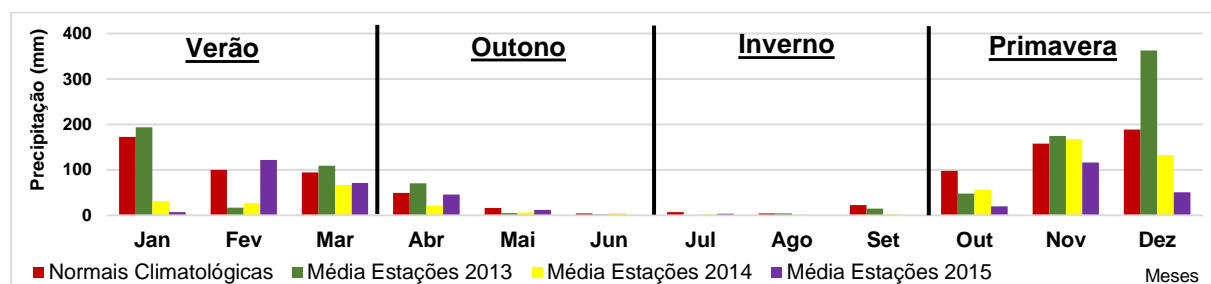


Figura 2: Precipitações Pluviométrica média: análise comparativa Normais Climatológicas (1961-1990) e Dados de 2013 a 2015.

As análises apresentadas acima - de fato - se apresentam como contundentes e incisivas, haja vista que descrevem perfeitamente as condições de distribuição da precipitação para região Norte de Minas Gerais, com duas estações claramente identificáveis. A esse respeito, Nimer (1977) em estudo acerca do Clima da Região Sudeste reconhece que se tratando de uma região notavelmente tropical, a precipitação apresenta tendência nítida de concentração em poucos meses do ano, com cifras que chegam a alcançar valores próximos a 60% para um único trimestre (novembro-dezembro-janeiro) particularmente para o Vale do São Francisco e Serra do Espinhaço. Além disso, o supracitado autor ratifica a existência de um período seco oscilando de 5 a 6 meses para o Centro-Norte de Minas e médio vale do São Francisco.

Para a análise ulterior, no entanto, deve-se ressaltar que embora a tendência de comportamento identificado para os anos de 2013 a 2015 confirmam, respectivamente com o padrão assinalado pelas Normais Climatológicas e de outro modo com a literatura consultada, é cabível apontar que os anos mencionados registram valores atípicos. Nesses termos, observou-se valores de precipitação mensal e acumulada anual, em geral, inferiores aos apontados pela média histórica de 30 anos, os quais podem ser notificados por 61,1% dos valores de

precipitação dos meses do triênio situarem-se a mais de 1 desvio (superior ou inferior) da média histórica⁴, configurando, portanto, comportamento relativamente anormal.

A figura 3 será utilizada para avaliação do comportamento sazonal do NDVI para os meses do triênio 2013-2015. Partindo-se dela, os resultados apontaram maiores valores de IV entre os meses de dezembro a maio, com direção descendente até a transição inverno-primavera (setembro a novembro), na qual os menores valores do índice foram registrados. No primeiro caso, valores superiores à 0,55 e 0,30 foram alcançados para as formações vegetais natural e antrópica, respectivamente, com destaque em especial para os meses de dezembro-janeiro-fevereiro-abril, a qual responderam por quantias de até 0,7/0,84 e 0,6 para as classes mencionadas. Por outro lado, o decréscimo alavancado pela estação seca atingiu valores de até 0,44/0,33 e 0,2 para as amostras vegetais natural e antrópica.

Diante do exposto, cabe observar que a dinâmica sazonal apontada pelo perfil do NDVI constitui indicação clara da variação das características biofísicas e fenológicas da vegetação, haja vista que, conforme previamente assinalado por Gitelson e Kaufman (1998), o supracitado índice comumente é empreendido na estimativa de alguns parâmetros biofísicos como conteúdo de clorofila, teor de absorvância no vermelho e nível de verdor do dossel. Sendo assim, observou-se que os elevados valores da curva NDVI (figura 3), porção côncava, são indicações evidentes que tais respostas representam valores elevados dos parâmetros, então apresentados, os quais atingem seu declínio mais acentuado na transição inverno-primavera, que, aliás, registram menores números de NDVI.

Para além do apresentado, a presente pesquisa avaliou as diferenças interclasses existentes ao longo da curva NDVI (Figura 3), objetivando corroborar para os estudos de discriminação espectral de alvos do Sensoriamento Remoto. No que refere a estação chuvosa, os resultados apontaram que a FED registrou os maiores valores de NDVI para o período dezembro-maio, com valor médio de 0,75, atingindo cifras de até 0,81. O Cerrado e a Pastagem, por sua vez, apresentaram médias de 0,66 e 0,44, respectivamente, com máximas alcançando 0,69 e 0,46 no mês abril. De forma oposta, observou-se que a aproximação da interface inverno-primavera provocou relativa inversão do comportamento ante observado: a pastagem registra, nesse momento, os menores valores do IV, com mínima de 0,218, sendo acompanhada pela FED e o Cerrado, com decréscimos atingindo 0,347 e 0,494.

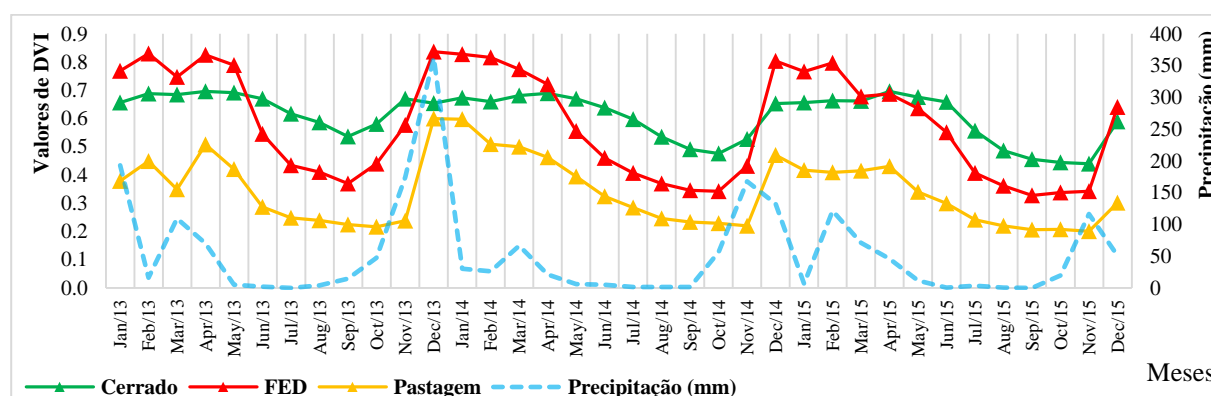


Figura 3: Relação entre o NDVI mensal das Classes de UCS e a Precipitação Mensal para os anos de 2013, 2014 e 2015.

Em resumo, dada as considerações efetuadas, verificou-se que a FED foi a classe com queda mais acentuada dentre as classes do experimento, atingindo amplitude de 0,46 entre o ápice da estação chuvosa e a transição inverno-primavera. A Pastagem seguiu com queda de 0,24 e o

⁴ Para definição do Desvio Padrão, considerou-se as precipitações acumuladas das Normais Climatológicas de 5 estações do Norte de Minas.

Cerrado, com menor queda registrada, sendo – nesses termos – a classe com maior estabilidade em torno de sua média (ou menor dispersão). Logo, concluiu-se que a interface Inverno-Primavera consiste no melhor período em termos de discriminação espectral, haja vista que a decidualidade superior a 50% da FED representa fator determinante para diferenciação do Cerrado, cujas características são eminentemente mesófito e semidecidual a perenifólia. De forma inconfundível, observou-se que a influência da resposta de solo sobre a Pastagem, ocasionando baixos valores de NDVI, contribuiu decisivamente para sua diferenciação das classes de vegetação. Comparativamente, ressalta-se que resultados similares foram alcançados por Liesenberg, Ponzoni e Galvão (2007), a qual assinalaram maior facilidade no processo de diferenciação espectral na estação seca, devido ao relativo distanciamento das curvas.

A figura 4 a seguir apresenta as variações espectrais e de NDVI existentes entre os meses de fevereiro (A) e setembro (B) e, portanto, servem de subsídio na compreensão do raciocínio apresentado acima. Nesses termos, o comportamento espectral indicado pela composição de fevereiro (4A), inicialmente, é justificado pela referida estação constituir o clímax do desenvolvimento vegetal. Nesse período, o estrato arbóreo superior denso da Floresta Estacional Decidual; as formações inferiores subarbustiva-herbácea, entremeada por estratos arbustivos-arbóreos do Cerrado (IBGE, 2012) e a vegetação herbácea predominante das áreas de Pastagem são responsáveis pelo alto consumo de radiação na faixa do vermelho e elevada reflectância infravermelha próxima, engendrando assim a concavidade máxima da curva NDVI (figura 3). O mês de setembro (4B), diferentemente, encerra o declínio fenológico, no qual as reações de decidualidade e semidecidualidade da FED e Cerrado, respectivamente, somado a influência do solo, sobretudo, na Pastagem acabam por conferir os menores valores de NDVI/parâmetros biofísicos alcançados na interface inverno-primavera.

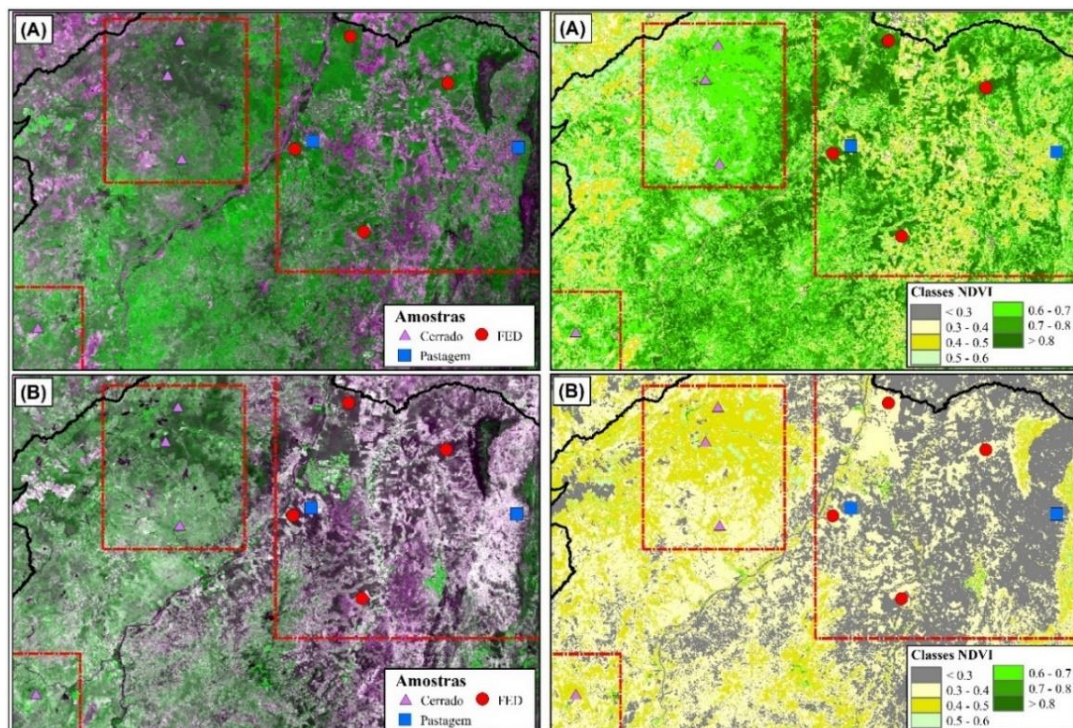


Figura 4: Avaliação Comparativa entre Composição RGB-Red/NIR/Red (Esquerda) e NDVI (direita), para os meses de (A) fevereiro (DJ 41) e (B) setembro (DJ 273).

No que concerne ao contrabalanço de reflectância vermelha e infravermelha pelos corpos vegetais, em experimento utilizando scanner hiperespectral conduzido em Perth (Austrália), Richards (2012) respalda as considerações efetuadas acima ao discursar sobre o balanço

reflectância/absortância da vegetação nos comprimentos do visível e infravermelho próximo, atribuindo a pigmentação das plantas como controlador determinante na forma do perfil da reflectância na faixa do visível, enquanto que as respostas do infravermelho próximo são dominadas pela estrutura celular vegetal. Barros (1976), nesse ponto, justifica a elevada absortância nas faixas do vermelho e azul do espectro visível dos vegetais autótrofos fotossintetizantes devido à presença específica das clorofilas *a* e *b* que se utilizam da radiação absorvida no processo de fotossíntese.

Dessa forma, racionalizando a relação NDVI-parâmetros biofísicos-variação pluviométrica, conclui-se que o ápice da estação chuvosa representa o clímax de densificação da vegetação, apontado, por um lado, pela elevada área foliar, observável verticalmente do dossel, a qual indica a sugestiva abundância dos pigmentos de clorofila *e*, de outro modo, o ápice de absortância vermelha. Por outro lado, o intenso verdejamento (*greenness*) indicado pelas composições coloridas da figura 4A e B indicam a elevada reflectância na faixa do infravermelho próximo, destacável pelo verde da composição RGB das imagens. O progressivo decaimento da área foliar com convexidade máxima pouco de pois da estação seca constituem a reação das formações vegetais a menor disponibilidade hídrica do ambiente, utilizando-se da perda parcial ou total das folhas como mecanismo de limitação de transpiração.

Conforme verificado indiretamente nos parágrafos superiores e, principalmente, partindo das figuras 3 e 4, o comportamento sazonal dos corpos vegetais está estreitamente condicionado a variação pluviométrica, haja vista que, tratando-se de tipos vegetais não-ombrófilos como a FED e Cerrado (IBGE, 2012), os mesmos utilizaram dos mecanismos que tiverem a disposição para limitar a perda d'água por parte da transpiração na estação desfavorável. Sendo assim, em conformidade com proposto, é cabível avaliar a relação NDVI-precipitação. Nesse sentido, os resultados alcançados apontaram, historicamente e para o período 2013-2015, os trimestres novembro-janeiro-fevereiro e junho-julho-agosto como os ápices das estações chuvosa e seca, o que não correspondeu inteiramente com os meses de maior alta (jan-fev-abr) e baixa (set-out-nov) NDVI. Vale ressaltar, no entanto, que a curva de tendência NDVI-precipitação, em geral, mostrou-se positiva, sendo requerida, porém, maiores esforços a partir de estudos posteriores para se averiguar de forma mais concreta em termos específicos a relação NDVI-precipitação.

4. Conclusões

Dado o término da avaliação proposta, o presente artigo ressalta uma outra vez que as análises encerradas com vista a entender o comportamento sazonal dos fragmentos amostrais de formações vegetais naturais e antrópica somente fora propiciado em virtude do emprego do índice de vegetação NDVI que fora capaz de evidenciar as variações sazonais e fenológicas, além de determinados parâmetros biofísicos do dossel, da cobertura vegetal, por combinar notavelmente os comprimentos de ondas eletromagnéticas do vermelho (Red)/ infravermelho próximo (NIR) que possuem reações diferenciadas no balanço absortância/reflectância.

De outro modo, o emprego das imagens do sensor MODIS/Terra se apresentaram satisfatórias, principalmente pelas suas propriedades temporais (observações a cada um/dois dias) ser relativamente ampla, permitindo assim a construção do perfil sazonal dos alvos coletados. Por fim, pôde-se realizar significativas observações acerca do comportamento fenológico da vegetação e relação NDVI-precipitação; sem, no entanto, esgotar a amplitude do assunto. Com efeito, o presente artigo reitera o caráter ainda incipiente do estudo efetuado, demarcando como fundamental a realização de estudos posteriores, a fim de se alcançar conhecimento mais consolidado da temática proposta, buscando acima de tudo solucionar as lacunas não preenchidas, seja por esse estudo ou pelos variados outros dispersos na literatura.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Projeto Tropi-Dry pelo apoio financeiro concedidas, através do intermédio da Universidade Estadual de Montes Claros – UNIMONTES. Agradecemos, também, a FADENOR e FAPEMIG pela bolsa de incentivo à pesquisa.

Referências Bibliográficas

BARROS, A. **Botânica**. 14^a ed. São Paulo: NOBEL, 1968.

GITELSON, A. A.; KAUFMAN, Y. J. MODIS NDVI Optimization to fit the AVHRR Data Series – Spectral Considerations. **Remote Sensing of Environment**. 66, p. 343-350. 1998.

HUETE, A.; DIDAN, K.; MIURA, T.; RODRIGUEZ, E. P.; GAO, X.; FERREIRA, L. G. Overview of the Radiometric and Biophysical Performance of MODIS Vegetation Indices. **Remote Sensing of Environment**. 83, p. 195-213, 2002.

HUETE, A. R.; DIDAN, K.; VAN LEEUWEN, W.; MIURA, T.; GLENN, E. MODIS Vegetation Indices. *In*: RAMACHANDRAN, B.; JUSTICE, C. O.; ABRANS, M. J. (eds). **Land Remote Sensing and Global Environmental Change, Remote Sensing and Digital Image Processing**. 2010. p. 579-601.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Base Cartográfica Vegetação. 2004**. Disponível em <http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm>. Acesso em fevereiro de 2016.

_____, **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. Disponível em:<<http://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=263011>>. Acesso em janeiro de 2016.

Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. **Normais Climatológicas e Precipitação (mm) mensal – anos de 2013 a 2015**. Disponível em:<<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em junho de 2016

JUSTICE, C. O.; TOWNSHED, J. R. C.; VERMOTE, E. F.; MASUOKA, E.; WOLFE, R. E.; SALEOUS, N.; ROY, D. P.; MORISSETTE, J. T. An Overview of MODIS Land Data Processing and Product Status. **Remote Sensing of Environment**. 83, p. 3-15. 2002.

LIESENBERG, V.; PONZONI, F. J.; GALVÃO, L. S. Análise da Dinâmica Sazonal e Separabilidade Espectral de algumas fitofisionomias do Cerrado com índices de vegetação dos Sensores MODIS/TERRA e AQUA. **Revista Árvore**. v. 31, n. 2, p. 295-305. 2007.

MYNENI, R. B.; HALL, F. G.; SELLERS, P. J.; MARSHAK, A. L. The Interpretation of Spectral Vegetation Indexes. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**. V. 33, n. 2, p. 481-486. 1995.

NIMER, E. Clima. *In*: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geografia do Brasil: região sudeste**. Rio de Janeiro: SERGRAF-IBGE, 1977. p. 51-89.

RATANA, P.; HUETE, A. R.; FERREIRA, L. G. Analysis of Cerrado Physiognomies and Conservation in the MODIS seasonal-temporal Domain. **Earth Interactions**. v. 9, n. 3, p. 1-22. 2005.

RICHARDS, J. A. Sources and Characteristics of Remote Sensing Data. *In*: RICHARDS, J. A. **Remote Sensing Digital Image Analysis: an introduction**. 5. ed. Berlin, Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013. p. 1-26.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. 7. ed. Uberlândia: EDUFU, 2009

United States Geological Survey (USGS) – EarthExplorer. **Imagens satélite Terra (Sensor MODIS)**. Disponível em:<<http://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em fevereiro de 2016.