

## CARACTERIZAÇÃO FENOLÓGICA DA COBERTURA DA TERRA EM FUNÇÃO DO RELEVO DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO PLANALTO CENTRAL (DF/GO)

João Victor Carvalho de Almeida<sup>1</sup>, Ruan Carlos Pereira Lopes<sup>2</sup>, Pedro Ribeiro Martins<sup>3</sup>, Leonardo Fernandes Gomes<sup>4</sup>, Antônio Felipe Couto Júnior

<sup>1</sup>Universidade de Brasília, Brasília, [joaomusw@gmail.com](mailto:joaomusw@gmail.com); <sup>1</sup>Universidade de Brasília, Brasília, [antoniofelipejr@gmail.com](mailto:antoniofelipejr@gmail.com);

<sup>3</sup> Universidade de Brasília, Brasília, [ruan760@gmail.com](mailto:ruan760@gmail.com), <sup>4</sup> Universidade de Brasília, Brasília, [leof.agro@gmail.com](mailto:leof.agro@gmail.com);

Universidade de Brasília, Brasília, [peedroom@gmail.com](mailto:peedroom@gmail.com)

### RESUMO

O estudo teve como objetivo principal caracterizar o comportamento sazonal da cobertura vegetal por unidade de relevo da Área de Proteção Ambiental do Planalto Central (APAPC). Foram obtidas imagens referentes aos períodos de transição chuva-seca (16/04/2016) e de seca (21/07/2016). Foram gerados índices de vegetação e imagens fração por meio de Mistura Linear Espectral (MLE), considerando os padrões espectrais de vegetação fotossinteticamente ativa (VFA), não vegetação fotossinteticamente ativa (VNFA) e solos exposto (SE). Essas imagens foram utilizadas para a caracterização da cobertura vegetal natural por unidade de relevo presentes na APAPC, por meio de 30 pontos aleatórios gerados dentro de cada uma dessas unidades de relevo presentes no interior dessa unidade de conservação. Os resultados evidenciaram que unidades de relevo com material de origem semelhante apresentaram padrões sazonais similares. Em relação aos períodos avaliados (seco e chuvoso), constatou-se a sazonalidade marcada em todas as unidades de relevo.

**Palavras-chave** — Cerrado, Relevo, Fitofisionomias, Sazonalidade.

### ABSTRACT

*The main objective of this study was to characterize the seasonal behavior of the vegetation cover per unit of relief of the Environmental Protection Area of the Central Plateau (APAPC). Images were obtained for rain-dry (04/16/2016) and dry (21/07/2016) transition periods. Vegetation indices and fraction images were generated by Linear Spectral Mixture (MLE), considering the spectral patterns of photosynthetically active vegetation (VFA), non-photosynthetically active vegetation (VNFA) and exposed soils (SE). These images were used to characterize the natural vegetation cover per unit of relief present in the APAPC, through 30 random points generated within each of these relief units present inside this conservation unit. The results showed that relief units with material of similar origin showed similar seasonal patterns. In relation to the*

*evaluated periods (dry and rainy), the marked seasonality was verified in all the relief units.*

**Key words** — Cerrado, Relief, Phytophysionomies, Seasonality

### 1. INTRODUÇÃO

O crescimento das cidades em prol do crescimento demográfico desordenado tem cada vez mais suprimido áreas de vegetação nativa de diversos biomas brasileiros e do mundo, resultando em uma demanda descontrolada de recursos naturais gerando diversos desequilíbrios ecológicos. Segundo [1] Cerrado ocupa aproximadamente 1,8 milhões de quilômetro quadrados do território nacional isto equivale a 25% do território área tão vasta abriga uma diversidade biológica. Apesar de este importante bioma ter sido incluído entre as 25 áreas consideradas críticas para conservação da biodiversidade, o Cerrado tem sido alvo de intensas alterações antrópicas [2]. Obter informações sobre estas fitofisionomias ou do Cerrado como um todo com nível de detalhe e precisão ótimos são condições de extrema importância para possíveis atividades de planejamento, tomada de decisão e análise de mudanças ocorridas em determinado ambiente [3] [4], a partir destas informações podemos quantificar e qualificar o uso e a cobertura do solo e realizar o manejo adequado da paisagem. O estabelecimento de padrões sazonais e fenológicos da cobertura natural destacam-se como um dos principais desafios para a caracterização dos efeitos das atividades humanas em diversas regiões. A utilização de imagens obtidas através de sensores orbitais por sensoriamento remoto permite a geração de informações rápidas, confiáveis e atuais sobre o ambiente como também possibilitam uma avaliação sazonal de uma determinada região [3]. O Operational Land Imaging (OLI) a bordo do satélite Landsat-8 gera imagens de resolução moderada e constantes, permitindo a avaliação sazonal da cobertura da terra, além de sua consistência em relação às missões anteriores. Tendo em vista a importância do Cerrado e as tecnologias orbitais existentes na área de sensoriamento remoto, os objetivos desse trabalho são: 1) gerar as unidades de relevo existentes na Área de Proteção Ambiental do Planalto Central (APAPC); 2) descrever o comportamento espectral da vegetação natural, principalmente as formações florestais fotossinteticamente

ativas, com ênfase nas Matas Secas remanescentes na porção norte da APAPC; 3) gerar os padrões fenológicos vegetais naturais presentes na APAPC e suas relações com as unidades de relevo características da área de proteção ambiental.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A área de Proteção Ambiental do Planalto Central (APAPC) foi criada em 2002, cobrindo as unidades da federação de Goiás e Distrito Federal, com uma área de cerca de 500.000 hectares. Para a confecção do mapa geomorfológico referente a APAPC, foram utilizados dados do Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), com resolução de 30m. A partir desse MDE, foram geradas as declividades e as curvaturas mínimas assim como parâmetros morfométricos derivados. Os dados foram compatibilizados de acordo com a seguinte composição colorida: R= Altitude; G= Declividade, B= Curvatura Mínima. A delimitação das unidades de relevo foi delimitada por meio de vetorização digital em tela, considerando cor, forma e textura. Os dados utilizados neste trabalho são oriundos do sensor Landsat 8 Operation Land Imaging (OLI), que estão disponíveis gratuitamente pela página do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS: glovis.usgs.gov). Abrangendo o intervalo ótico (0,450 a 2,500  $\mu\text{m}$ ), com resolução espacial de 30 metros, referentes à cena 221/71, referentes aos períodos de transição chuva-seca (16/04/2016) e de seca (21/07/2016).

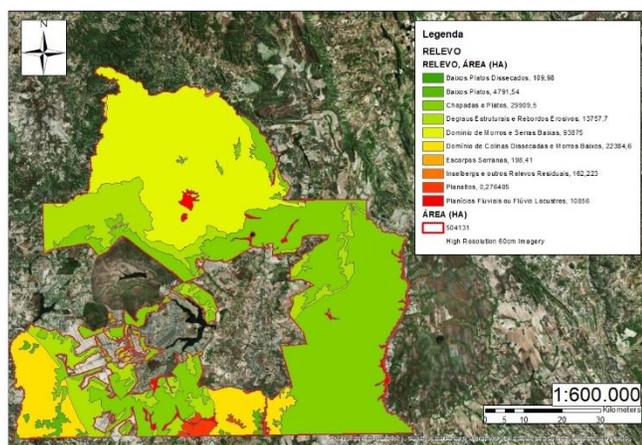


Figura 1. Relevo e Área da APA do Planalto Central

As imagens são disponibilizadas em número digital e foram convertidas para valores de radiância, referente às bandas espectrais referentes ao visível, infravermelho próximo e infravermelho de ondas curtas (0,45  $\mu\text{m}$  a 2,29  $\mu\text{m}$ ). Essa transformação é necessária para o emprego do algoritmo FLAASH, que utiliza o código de transferência radiativa MODTRAN. Com os dados de entrada em radiância, será executado esse modelo considerando a altitude média de cada cena individualmente, por meio dos dados SRTM, gerados anteriormente. Com as imagens convertidas para reflectância, foi organizada uma biblioteca espectral das

formações vegetais naturais fotossinteticamente ativas e das não ativas, com ênfase nas formações florestais de Matas Secas, referentes a cada época ano de 2016. Para a estruturação dessa biblioteca espectral foram coletados 30 pontos amostrais de forma aleatória das próprias imagens, referente às formações naturais presentes no APAPC tomando como referências imagens de outros sensores com alta resolução espacial e trabalhos que já tenham caracterizado a vegetação dessa unidade de conservação. A biblioteca espectral foi estruturada pelas médias dos valores coletados para cada classe de relevo. Segundo [5] o comportamento espectral das folhas depende diretamente da sua composição química e de sua estrutura interna, ou seja, a variação da reflectância vai variar de acordo com a espécie, quantidade de folhas e da arquitetura do dossel. A partir das imagens em valores de reflectância, dois índices foram determinados para avaliar a cobertura vegetal e a presença de água na área da APAPC. O índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) foi o primeiro a ser avaliado na região de estudo, segundo (Shimabukuro, Novo, & Ponzoni, Índice de Vegetação e modelo linear de mistura espectral no monitoramento da região do Pantanal, 1998). O segundo índice avaliado neste trabalho (Normalized Difference Water Index – NDWI). Após a obtenção dos dois índices referenciado acima, foram extraídos os valores dos digital numbers para os trinta pontos aleatórios dentro das 10 feições de relevo encontradas na APAPC divididos em vegetação fotoativa (VFA), vegetação não foto ativa (VNFA), solo exposto (SE), NDVI e NDWI, foram encontrados as seguintes feições de relevo : baixos platôs, chapadas e platôs, degraus estruturais, domínio de colinas, domínio de morros, escarpas serranas, inselbergs, planaltos, planícies pluviais e platôs dissecados, contabilizando um total de 10 feições de relevo encontrados dentro da área de estudo. Os valores de cada pixel em determinado ponto, foram normalizados em valores que viriam de 0 à 100, para as classes de vegetação foto ativa, não ativa e solo exposto. Este postulado foi feito para ambas as datas de estudo, o mês de abril e julho. Para identificar possíveis diferenças estatísticas entre as classes de relevo e as datas de estudo, foi necessário aplicar-se um estudo com base no teste T<sup>2</sup> de [6], que compara hipóteses de forma multivariada, desta maneira podemos avaliar se o processo exprime confiança permitindo-nos verificar se este está sob controle considerando as diversas características simultaneamente [7]. Com os mesmos dados, realizou-se uma análise de Cluster, segundo [8] consiste “Um processo de partição de uma população heterogênea em vários subgrupos mais homogêneos”. Não existem classes pré-definidas, os elementos são agrupados de acordo com a semelhança entre si, de acordo com a semelhança entre os dados apresentados. O objetivo básico de um cluster é encontrar os grupos mais semelhantes, alocando os indivíduos em grupos mutuamente exclusivos, o que pode nos ajudar a interpretar semelhanças ou diferenças entre os grupos ou indivíduos estudados [9]. Desta maneira foi possível criar um dendrograma, que apresenta em forma de grupos a semelhança e as diferenças

entre a vegetação fotoativa, não ativa, NDVI e NDWI. Tanto o teste  $T^2$  de Hotelling e a análise de Cluster, foram realizados no software livre R estatística. O teste  $T^2$  de Hotelling baseia-se no teste de hipóteses (Equação 1), (Equação 2) e (Equação 3), segundo (Johnson & Wichern, 2007) caso o valor de  $p$ -value  $< 0,05$  rejeita-se  $H_0$  e aceita-se  $H_1$ , considerando que existe diferença significativa entre os dois parâmetros avaliados.

$$T^2 = n(\bar{X} - \mu)' S^{-1} (\bar{X} - \mu)$$

Equação 2. Modelo estatístico de Hotelling

$$\frac{(n - 1)p}{n - p} F_{p, n-p, 1-\alpha}$$

Equação 3. Distribuição estatística de  $T^2$

### 3. RESULTADOS

A partir das imagens convertidas em reflectância e normalizadas, distribuiu-se as classes de estudo, VFA, VNA e SOLO, em uma biblioteca espectral para cada uma das respectivas datas, abril e setembro, correspondendo ao período seco e chuvoso do ano de 2016. O Resultado do comportamento espectral pode ser observado na figura 2.

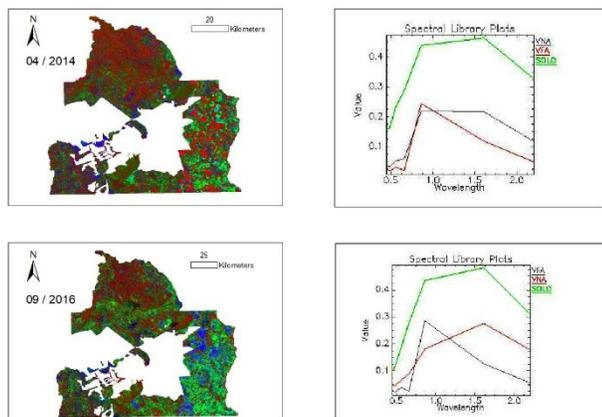


Figura 2. Biblioteca Espectral da APAC para os meses de abril e setembro do ano de 2016

A partir da análise da figura 2, pode-se perceber que houve diferença espectral apenas na vegetação não ativa (VNA), devido à presença e ocorrência de chuvas em abril, por ser o período chuvoso e setembro ser o período seco, VFA e SOLO, tiveram comportamento espectral semelhante em ambas as datas. Pode-se destacar os resultados encontrados no teste  $T^2$  de Hotelling sobre a interação entre as unidades de relevo. Destes resultados percebe-se que a interação entre baixos platôs x chapadas e platôs, baixos platôs x degraus estruturais, baixos platôs x domínios de morros, baixos platôs x planaltos, degraus estruturais x domínio de colinas, degraus estruturais x domínios de morros, degraus

estruturais x escarpas serranas, domínios de colinas x planícies pluviais apresentaram valores onde o  $p$ -value foi maior que 0,05, mostrando que suas médias são estatisticamente iguais sendo o teste  $T^2$  de Hotelling. Todas essas formações do relevo fazem parte do domínio das sequencias sedimentares proterozoicas dobradas, metamorfizadas de baixo a médio grau. Este domínio comporta litologias de origem sedimentar, que naturalmente tendem a formar relevos aplainados, a diferença surge na reologia da composição das rochas associado aos padrões de deformação, desta maneira podem abranger relevos pouco acidentados até relevos muito acidentados [10]. Realizando a interação entre os períodos avaliados, 04/2016 representando um período chuvoso e 09/2016 representando o período seco, foram obtidos os resultados apresentados na (Tabela 2). Resultado este a partir da PERMANOVA de uma matriz total, abrangendo os valores de VNA, VFA, SOLO, NDVI e NDWI.

Unidade de Relevo	R <sup>2</sup>	F	PR (>F)
Baixos platos	0.9302	773	0.001 ***
Chapadas platos	0.90659	562.91	0.001 ***
Degraus estruturais	0.94521	1000.6	0.001 ***
Domínios colinas	0.9189	657.17	0.001 ***
Domínios morros	0.93848	884.79	0.001 ***
Escarpas serranas	0.96565	1630.4	0.001 ***
Inselbergs	0.9848	3758	0.001 ***
Planaltos	0.94463	989.57	0.001 ***
Planícies pluviais	0.90861	576.67	0.001 ***
Platos dissecados	0.95782	1317.2	0.001 ***

Significância: 0.001 '\*\*\*'; 0.01 '\*\*'; 0.05 '\*'; 0.1 '.

Tabela 1. PERMANOVA Interação entre períodos (04/2016 e 09/2016)

A partir dos resultados da (Tabela 2), fica exposto que as unidades de relevo quando avaliadas em abril são estatisticamente diferentes quando avaliadas em setembro. Este resultado era esperado, visto que são duas épocas do ano que existe diferença na precipitação, um período seco e outro chuvoso. Segundo [5] a variação da reflectância depende diretamente da estrutura foliar, assim como a quantidade de folhas e da arquitetura do dossel, sabe-se que em períodos secos a estrutura foliar muda, devido à quantidade de água presente nas folhas, assim como a estrutura do dossel, podendo causar diferença significativa entre o período seco e chuvoso para uma determinada análise por sensoriamento remoto. A análise de Cluster demonstrou a proximidade entre as classes (Figura 3). O resultado proposto foi a divisão em duas grandes classes, onde o 201604 VFA, 201604 VNA e 201609 VFA, ficaram isolados em um grupo específico, as demais classes 201604 SOLO, 201604 NDVI, 201609 NDVI, 201604 NDWI, 201609 NDWI, 201609 SOLO e 201609 VNA se

encontraram no outro grande grupo. A proximidade entre as classes 201604 NDVI, 201609 NDVI, 201604 NDWI, 201609 NDWI era esperado, devido a estes valores variarem de forma semelhante e com a mesma amplitude. As classes 201609 SOLO e 201609 VNA encontraram-se no mesmo subgrupo, talvez pela semelhança na alta reflectância de solo exposto e vegetação fotossinteticamente não ativa. A proximidade entre as classes 201604 VFA, 201604 VNA e 201609 VFA, pode ser explicada devido a grande presença de água nas folhas e no dossel da vegetação como postulado por [5], a reflectância neste caso é menor, devido a maior absorção da energia pelas folhas e o dossel.

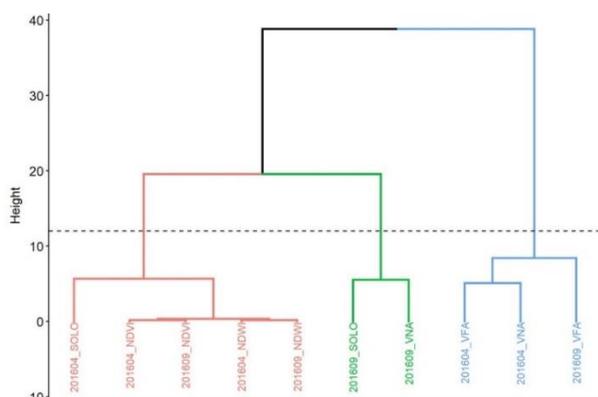


Figura 3. Análise de Cluster

#### 4. DISCUSSÃO

Conhecer a dinâmica da paisagem em períodos secos e chuvosos, acrescenta conhecimento necessário na hora de possíveis tomadas de decisão em momento críticos como uma escassez de água, por exemplo, pode nos ajudar a prever e manejar adequadamente situações de risco e assim como preservar a paisagem de forma sustentável.

#### 5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados encontrados nas análises feitas pelo sensoriamento remoto e pelas análises estatísticas, foi possível concluir que realmente as unidades de relevo diferem entre si, salvo as classes que tiverem igualdade estatisticamente, e diferente de forma total quando avaliadas pela data de obtenção dos dados seja abril e setembro de 2016. O objetivo deste estudo era avaliar as condições da paisagem em um período chuvoso e um seco e avaliar se haveria diferença entre ambos com base em suas classes de relevo. O domínio geológico encontrado por ser de grande extensão e muito variável em termos de composição estrutural, podem apresentar diversos tipos de solos como argilosos, argilossiltosos e arenosos que podem ter diversas utilidades

#### 6. REFERÊNCIAS

- [1] Mantovani, J. E., & Pereira, A. (1998). Estimativa da Integridade Da Cobertura Vegetal de Cerrado. Anais IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 1455-1466.
- [2] Pinheiro, E. d., & Durigan, G. (2009). Dinâmica espaço-temporal (1962-2006) das fitofisionomias em unidade de conservação do Cerrado no sudeste do Brasil. Revista Brasil, V. 32(n. 3), 441-454.
- [3] Facco, D. S., & Benedetti, A. C. (Dezembro de 2016). A Evolução temporal do uso e ocupação da terra em municípios da Quarta Colônia de Imigração Italiana - RS. Ciência & Natura, V. 38(n. 3), 1254-1264.
- [4] Filho, M. d., Meneses, P. R., & Sano, E. E. (2007). Sistema de classificação e uso e cobertura da terra com base na análise de imagens de satélite. Revista Brasileira de Cartografia(59/02), 171-179.
- [5] Shimabukuro, Y. E., Novo, E. M., & Ponzoni, F. J. (1998). Índice de Vegetação e modelo linear de mistura espectral no monitoramento da região do Pantanal. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 33, 1729-1737.
- [6] Hotelling, H. (1947). Multivariate Quality Control. (H. e. Eisenhart, Ed.) New York: John Wiley & Sons.
- [7] Mingoti, S. A., & Glória, F. A. (2005). Comparando os métodos paramétrico e não-paramétrico na determinação do valor crítico do teste estatístico de médias proposto por Hayter e Tsui. (Vol. 15). Revista Produção.
- [8] Doni, M. V. (2004). Análise de Cluster: Métodos Hierárquicos e de Particionamento. São Paulo, São Paulo: Universidade Presbiteriana Mackenzie.
- [9] Valli, M. (2002). Análise de Cluster. Augusto Guzzo Revista Acadêmica, 77-87.
- [10] Moraes, J. (2014). Domínio das sequências sedimentares proterozoicas dobradas, metamorfizadas de baixo a médio grau. Em J. Moraes, Geodiversidade do Estado de Goiás e do Distrito Federal (pp. 74-78). Goiânia.