

Utilização dos índices espectrais NBR e NDVI na caracterização de incêndios no PARNA Chapada Diamantina (Bahia): Estudo de caso dos Gerais do Machobongo

Cândida Caroline Souza de Santana Leite¹

Sarah Moura Batista dos Santos¹

Ardemírio de Barros Silva¹

Washington de Jesus Sant'Anna da Franca-Rocha¹

¹ Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS

Programa de Pós Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente

CEP 44036-900 - Feira de Santana - Ba, Brasil

{candidaleite.geo, saamoura, arde.barros, francarocha}@gmail.com

Abstract. The use of Remote Sensing techniques to support the identification of burned areas can be useful to find the degree of severity and extension of the affected areas by fire. In order to identify burned areas the Normalized Burn Ratio (NBR) and the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) are used to classify satellite images from the sensor bands ratios. NBR identifies areas with dry vegetation from the OLI sensor reflectance bands 5 and 7, while NDVI analyzes the reflectance of healthy and non-healthy vegetation through bands 4 and 5 of the same sensor. In this sense, the calculations of the spectral indexes above mentioned were carried out in order to identify fire events in the National Park of Chapada Diamantina (PNCD), which is among the most burned Biodiversity Conservation Units in Brazil. As a case study, an area affected by fire in 2015 was selected in the Gerais do Machobongo hill. The applied methods allowed the identification of burned area, attesting the efficiency of both indexes used. Although NDVI was able to differentiate the clouds from the other targets in the image, for a better analysis, NBR was more effective, as it characterized the burned vegetation more prominently. A spectral profile traced across burn scar shows in detail the values of the indexes by image pixels making clear the best performing of NDBR in the study area.

Palavras-chave: Remote Sensing; Burned areas; Vegetation index; Burn index; Conservation Unit.

1. Introdução

Os incêndios na vegetação são considerados, em diversos estudos, uma das principais ameaças às unidades de conservação (UC), devido às mudanças físicas, biológicas e químicas que produzem no ambiente, ocasionando implicações sobre o solo, a vegetação, a fauna e o ar atmosférico (Miranda et al., 1996 in Silva 2013). De acordo com Hoffman (1999), as queimadas podem afetar a reprodução vegetativa dos organismos, bem como o tamanho e o crescimento destes, de modo que cada espécie responde de maneira característica a essa ocorrência.

O Parque Nacional Chapada Diamantina (PNCD) foi criado em 1985, com o objetivo de proteger amostras representativas da serra do Sincorá, segundo o Decreto de Criação (Nº. 91.655), (MMA, 2007). No entanto, segundo dados do Ibama (2008), o PNCD é a UC que registra maior quantidade de focos de calor por temporada, apresentando anualmente, durante a primavera, incêndios florestais de grandes proporções, como foi o caso do ano de 2015, onde as queimadas tiveram início em setembro e se estenderam até o final de dezembro.

A utilização de técnicas de sensoriamento remoto na identificação de áreas comprometidas pelo fogo tem se mostrado adequada, visto que, como afirma Silva (2013), a partir delas é possível obter informações detalhadas e atualizadas sobre a localização e extensão das áreas queimadas.

O índice espectral de queimada por razão normalizada (*Normalized Burn Ratio* - NBR), de acordo com Santos et al. (2016), pode auxiliar na identificação de áreas queimadas em imagens de satélite, realizando a classificação dessas áreas, visto que, a vegetação queimada tem comportamento espectral diferente da vegetação sadia. Da mesma forma, o índice de vegetação por diferença normalizada (*Normalize Difference Vegetation Index* - NDVI) consiste em uma operação de divisão que diferencia os pixels que contém vegetação sadia e vegetação não sadia.

Portanto assim como o NBR, o NDVI pode auxiliar na identificação de áreas queimadas com base na resposta espectral da imagem de satélite.

Esse trabalho objetiva comparar a eficácia dos índices NDVI e NBR na caracterização de queimadas na região do PNCD, utilizando como estudo de caso o incêndio que atingiu os Gerais do Machobongo em novembro de 2015.

1.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo em foco neste trabalho compreende o Gerais do Machobongo (figura 1), localizado na porção sul do Parque Nacional da Chapada Diamantina (PNCD), dentro dos limites do município de Mucugê, entre as coordenadas UTM 241065 a 262665 E, e 8550955 a 8529085 N, zona 24 Sul.

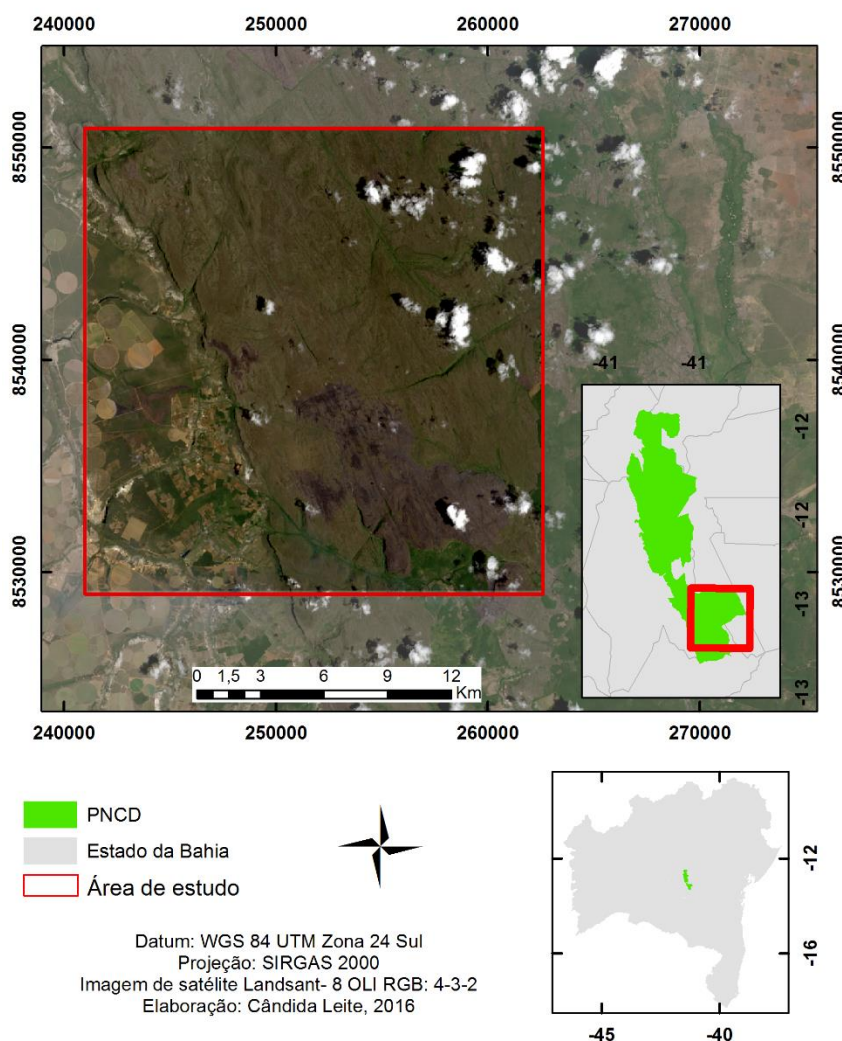


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.

A área faz parte da porção norte da cadeia de montanhas da Serra do Espinhaço, apresentando clima semiárido, característico do bioma Caatinga. A vegetação apresenta características de savana, com predominância de formações herbáceas e campos rupestres.

2. Metodologia de trabalho

Para realização deste estudo foi utilizada uma imagem do satélite Landsat-8, sensor OLI (*Operational Land Imager*), adquirida em 19 de maio de 2016 através do banco de dados do Serviço Geológico dos Estados Unidos (*United States Geological Survey- USGS*).

A imagem corresponde à órbita/ponto 217/69 e foi obtida no dia 30 de dezembro de 2015, logo após os incêndios que ocorreram, segundo a Secretaria de Meio Ambiente do Estado da Bahia, entre 11 de setembro e 4 de dezembro. Inicialmente foi realizado o pré-processamento na cena escolhida, de forma que ao recortá-la, delimitou-se a área estudada e, posteriormente, utilizou-se da função *radiometric calibration*, presente na plataforma ENVI 5.1, para transformar os números digitais (ND) da imagem em valores de radiância.

Feita essa transformação foi possível efetuar a correção atmosférica a partir do módulo FLAASH (*Fast Line of sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes*) do ENVI, método que, segundo Lima e Ribeiro (2014), auxilia na redução dos efeitos de distorções radiométricas em imagens orbitais, de forma a eliminar as principais interferências causadas pelas condições atmosféricas. O FLAASH se baseia no código MODTRAN, estimando a reflectância de superfície por meio de modelagem das condições atmosféricas e aerossóis sobre o local (Lima e Ribeiro, 2014). Os parâmetros utilizados na execução da correção atmosférica no FLAASH foram: modelo atmosférico Tropical, modelo de aerossol Rural, visibilidade de 30 km e altitude da área de 1,6 km.

Após o pré-processamento da imagem, o índice NDVI foi aplicado, de modo a constatar as áreas onde há vegetação densa e contrapor com as áreas onde há pouca ou nenhuma vegetação. O NDVI consiste em índice espectral bastante utilizado entre pesquisadores, visto que, conforme Rouse et al. (1973), reduz o efeito topográfico e apresenta uma escala de medida linear entre -1 e 1. Segundo Ramos et al. (2010), o índice de vegetação por diferença normalizada consiste no resultado da combinação dos níveis de reflectância em imagens de satélite, o qual, no caso do sensor OLI, corresponde a uma equação composta pela resposta espectral da banda 5 (Infravermelho próximo) e da banda 4 (Vermelho).

A equação 1 representa o cálculo do NDVI:

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} \text{ Equação (1)}$$

Sendo que, para o sensor utilizado, $NDVI = \frac{B5-B4}{B5+B4}$

Na qual,

B4 = Banda 4 do Landsat 8, sensor OLI;

B5 = Banda 5 do Landsat 8, sensor OLI.

Após isso foi calculado o índice NBR, o qual consiste em um método de determinação da intensidade de uma queimada a partir da diferença normalizada entre o pico de reflectância no infravermelho próximo e do infravermelho de ondas curtas (ALLEN e SORBEL, 2008). Segundo Cardozo et al. (2011) o resultado visual da imagem índice é um melhor contraste entre a vegetação queimada e a vegetação saudável. O índice NBR se baseia também em uma operação de normalização da diferença, mas que considera as bandas 5 e 7 do sensor OLI.

A equação 2 apresenta o cálculo do NBR:

$$NBR = \frac{NIR-SWIR}{NIR+SWIR} \text{ Equação (2)}$$

Sendo que, para o sensor utilizado $NBR = \frac{B5-B7}{B5+B7}$

Na qual,

R_5 = Reflectância relativa à banda 5 do Landsat 8, sensor OLI;

R_7 = Reflectância relativa à banda 7 do Landsat 8, sensor OLI.

3. Resultados e Discussão

A partir dos cálculos efetuados com as equações 1 e 2, foi possível a cicatriz de incêndio com ajuda da imagem índice, resultante da aplicação dos índices NDVI (figura 2) e NBR (figura 3).

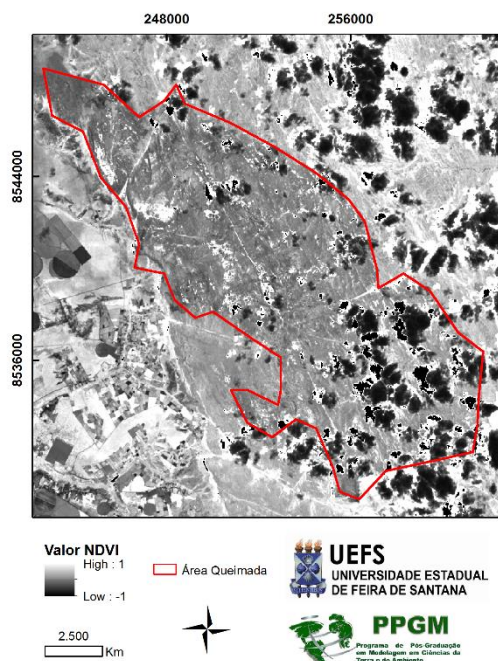


Figura 2. Imagem índice NDVI destacando área queimada.

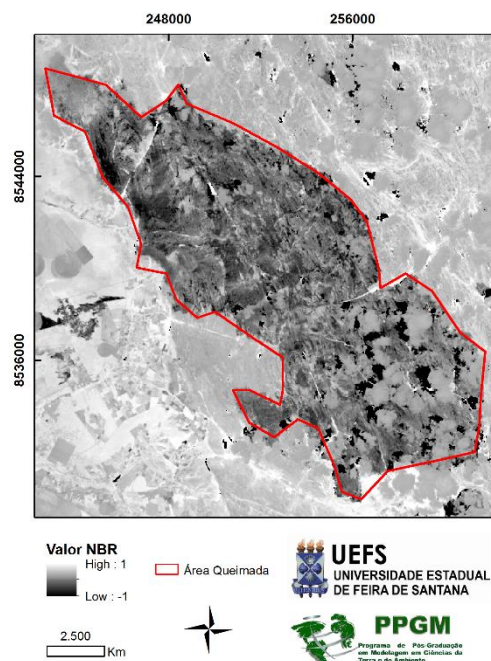


Figura 3. Imagem índice NBR destacando a área queimada

Na figura 2, é observado áreas com valores NDVI próximos a 1 (um), correspondentes a locais com vegetação densa, bem como valores próximos a 0 (zero), indicando solo exposto ou áreas com pouca vegetação. Por fim, a região com valores negativos indica locais com total ausência de vegetal, e também com nuvens (observadas com valores -1). Conforme Ramos et al. (2010), grande parte da radiação captada da vegetação pela banda 4 do sensor OLI, é absorvida pelos pigmentos fotossintetizantes das folhas, esses pigmentos são compostos principalmente por clorofila, material que apresenta um pico de reflectância em torno de 500 nm. Deste modo, os valores de NDVI, apontam diferenças na cobertura vegetal de acordo com a presença e a disponibilidade de recursos naturais para a vegetação (Gurgel, 2003).

Na figura 3, constata-se uma área significativa, bastante demarcada, com valores negativos de NBR, no entanto bem próximos a zero.

Key e Benson (2006) afirmam que o índice NBR utiliza a reflectância do material entre 850 e 880 nm (banda 5 do sensor OLI), para identificar as áreas recobertas por vegetação sadia, visto que o mesmo responde positivamente nesse intervalo espectral, e, em contrapartida, o intervalo que corresponde à banda 7, responde, do mesmo modo, às áreas com vegetação não sadia, com grande redução da clorofila, o que é o caso da área em destaque na figura 3, aspectos normalmente encontrados em áreas de vegetação queimada (Santos et al., 2016).

Desta forma, os valores negativos de NBR na imagem representam o destaque da reflectância da banda 7 em relação a reflectância da banda 5, o que indica áreas com grande

estresse hídrico e/ou acometidas por incêndios. Por outro lado, quando os valores do índice são positivos a reflectância da banda 5 se sobressai em relação a banda 7, o que demonstra cobertura vegetal sadia. De outra forma, quando os valores NBR se igualam ou se aproximam de zero, as reflectâncias das referidas bandas são semelhantes, o que ocorre principalmente em áreas com nuvens e solo exposto.

Observa-se na imagem do NBR uma área nitidamente contrastante com o restante da superfície, identificando a área queimada. Para uma melhor análise e comparação dos dois métodos, as figuras 4 e 5 mostram um perfil transversal, em cada imagem índice, afim de poder identificar melhor os valores NDVI e NBR. Esta técnica, também utilizada por Santos et al. (2016), possibilita identificar com maior clareza os valores dos índices, bem como relacioná-los à área acometida ou não pelo fogo.

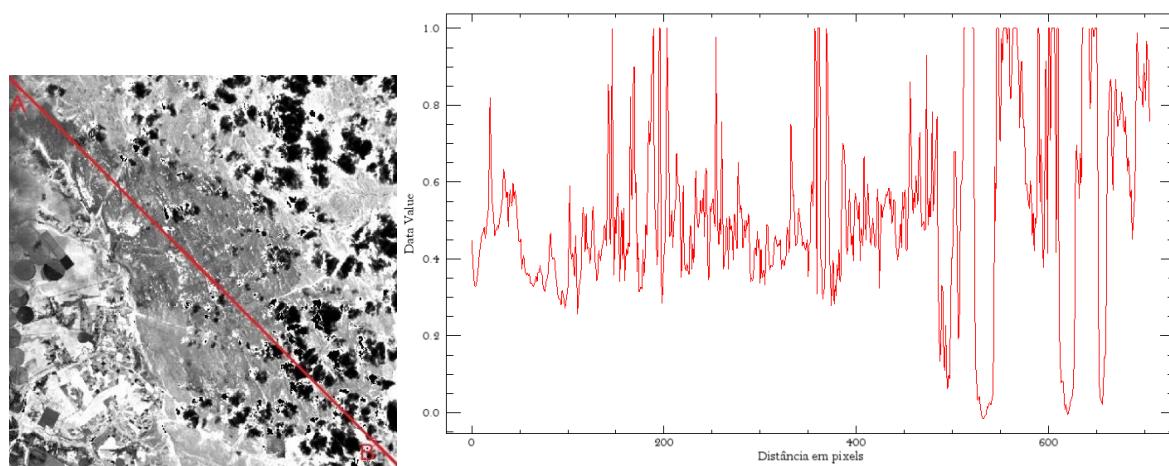


Figura 4. Perfil traçado na área queimada mostrando em detalhe os valores NDVI.

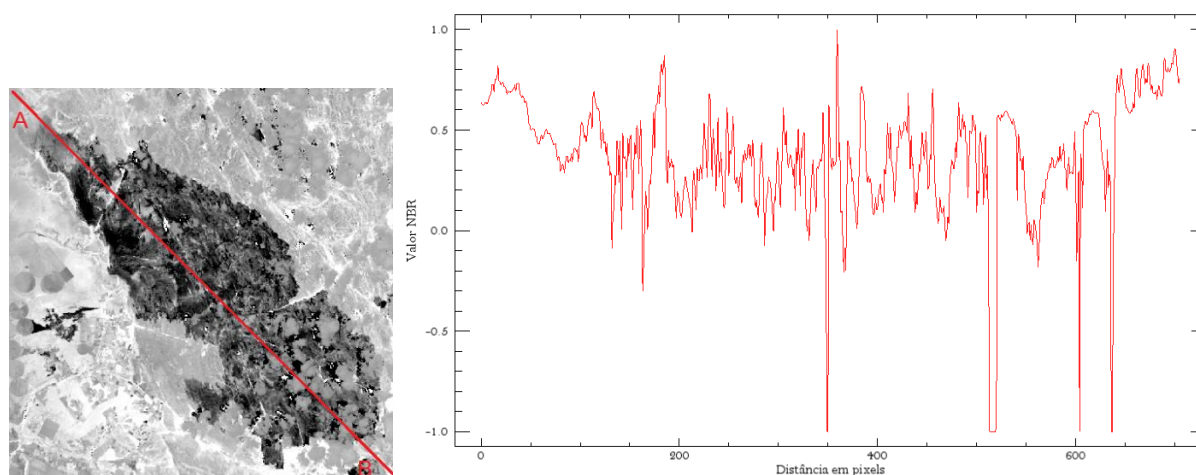


Figura 5. Perfil traçado na área queimada mostrando em detalhe os valores NBR.

É perceptível, tanto nas imagens como nos perfis traçados, o comportamento espectral da vegetação na área queimada, onde a maior parte dos pixels apresentam números digitais com valores próximos a zero. Na imagem classificada a partir do índice NDVI observa-se que os alvos que apresentam valores negativos correspondem a nuvens. Em contrapartida, na imagem resultante do NBR as nuvens foram classificadas com valores próximos a zero, ficando pouco diferenciadas da vegetação degradada pelo fogo.

O índice NBR apesar de ter classificado muitos pixels com valores próximos a zero, o que de acordo Key e Benson (2006), está relacionado a ocorrência de nuvens e solo exposto,

delimitou muito bem a área onde sabe-se que corresponde a vegetação queimada e ainda a destaca em contraste com o restante da vegetação.

Deprá et al. (2012), comparou a eficiência dos índices NVDI e NBR para identificação de queimadas e concluiu que o NBR apresentou pouca variação nos seus valores, dificultando a interpretação dos dados, em contraste com o NDVI, que se mostrou útil para a verificação tanto de queimadas recentes como antigas. Os autores alegaram ainda que o NBR não apresentou resultados satisfatórios quando aplicado em áreas pequenas.

Por outro lado, Pereira et al. (2015) testando os inúmeros índices espectrais, dentre eles NDVI e NBR, a fim de comparar a competência destes e avaliar a severidade de queimadas, apontaram, ao final do estudo, o NBR como o índice com melhor capacidade de diferenciar as queimadas de outros alvos, indicando, deste modo, tal índice para o mapeamento de áreas acometidas pelo fogo.

4. Considerações finais

A severidade do incêndio é atestada em ambos os índices utilizados. Apesar do índice NDVI ter conseguido diferenciar as nuvens dos outros alvos da imagem, observa-se uma maior eficiência de diagnóstico do índice NBR ao comparar os dois métodos, visto que este mostrou com maior clareza e destaque as áreas queimadas.

A metodologia aplicada a este trabalho permitiu comparar a eficácia dos índices espectrais que muitas vezes são utilizados em mapeamentos de incêndios, demonstrando, conforme ora descrito neste artigo, que, para a área de estudo, há uma melhor resposta do índice NBR em relação ao NDVI. Além disso, pode-se inferir ainda que os valores positivos observados no perfil de ambos os índices indicam possível rebrota da vegetação, uma vez que a imagem de satélite utilizada para o estudo foi imageada em 30 de dezembro e o fogo cessou no dia 4 do mesmo mês.

5. Referências

- ALLEN, J. L.; SORBEL, B. Assessing the differenced Normalized Burn Ratio's ability to map burn severity in the boreal forest and tundra ecosystems of Alaska's national parks. **International Journal of Wildland Fire**. 2008.
- CARDOZO, F. S.; MARTINS, F. S. R. V.; PEREIRA, L. O.; SATO, L.Y.; MOURA, Y. M.; PEREIRA, G.; SHIMABUKURO, Y. E. Avaliação de áreas queimadas a partir dos índices espectrais NDVI e NDBR. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. 2011, Curitiba. **Anais...**
- DEPRÁ, B.; KUPLICH, T. M.; MOREIRA, A.; BARBIERI, D. A. Identificação de queimadas nos Campos De Cima da Serra, RS, através dos índices NDVI e NBR. In: III Simpósio Brasileiro de Geomática. 2012, Presidente Prudente. **Anais...** p.199-202.
- GURGEL, H. da C. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**. 2003, v. 7, n.1. Campina Grande-PB.
- HOFFMANN, W.A. Fire and population dynamics of woody plants in a neotropical savanna: matrix model projections. **Ecology**. 1999 v. 80, p. 1354-1369.
- IBAMA. 2008. Parque Nacional da Chapada Diamantina – BA. **Relatório de combate ampliado**. IBAMA – PREVFOGO: Brasília. 11 fl.
- KEY, C. H.; BENSON, N. C. 2006. Landscape assessment: Sampling and analysis methods USDA Forest Service General Technical Report RMRS-GTR-164-CD.). Disponível em: <http://www.fs.fed.us/postfirevegcondition/documents/publications/FIREMON_LandscapeAssessment.pdf>. Acesso em: 10 de Out. de 2016
- Ministério do Meio Ambiente. **Plano de Manejo para o Parque Nacional da Chapada Diamantina**. Brasília, 2007.
- LIMA, R. N. DE S.; RIBEIRO, C. B. DE M. Comparação de métodos de correção topográfica em imagens Lansat sob diferentes condições de iluminação. **Revista Brasileira de Cartografia**. 2014 n. 66/5. Rio de Janeiro-RJ, p. 1097-1116.

PEREIRA, A. A.; CARVALHO, L. M. T. DE; LIBONATI, R.; ACERBI JÚNIOR, F. W.; MORELLI, F. Avaliação de nove índices espectrais quanto a separabilidade entre queimadas e outros alvos. In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. 2015, João Pessoa. **Anais...** p. 3105- 3112.

RAMOS, R. R. D.; LOPES, H. L.; MELO JÚNIOR, J. C. F. DE; CANDEIAS, A. L. B.; SIQUEIRA FILHO, J. H. Aplicação do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) na avaliação de áreas degradadas e potenciais para Unidades de Conservação. In: III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologia de Geoinformação. 2010, Recife. **Anais...** p. 001-006.

ROUSE, J.W.; HAAS, R.H.; SCHELL, J.A.; DEERING, D.W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: Earth Resources Technology Satellite- 1 Symposium. 3, 1973. **Anais...** Washington, 1973, v.1, Sec. A, p. 309-317.

SANTOS, S. M.; FRANCA ROCHA, W. DE J. S.; LEITE, C. S. DE S. Identificação de Queimadas no Parque Nacional da Chapada Diamantina e sua zona de amortecimento, através do índice espectral NBR. In: XVII Simpósio Internacional SELPER. 2016, Puerto Iguazu. **Anais em andamento.**

SILVA, T. B. Quantificação e análise espacial dos focos de calor no Parque Nacional da Chapada Diamantina – BA. In: XVI Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto. 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** INPE, São José dos Campos, SP. p. 6969-6976.