

# IDENTIFICAÇÃO DE *PROXIES* DE DEGRADAÇÃO PELA ANÁLISE DA RESPOSTA VEGETACIONAL, HÍDRICA E TERMAL, NOS BIOMAS CAATINGA E CERRADO

Paloma Genú da Silva Paiva<sup>1</sup>, Gustavo Felipe Baluê Arcoverde<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 12227-010 – São José dos Campos – SP, Brasil, palomagenu70@gmail.com; <sup>2</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 12227-010 – São José dos Campos – SP, Brasil, Gustavo.arcoverde@inpe.br

## RESUMO

Os biomas Cerrado e Caatinga apresentam grande vulnerabilidade no que se diz respeito à conservação e à degradação. A degradação destes biomas tem sido cada vez mais presente, trazendo riscos e prováveis indícios de desertificação e até mesmo extinção de ecossistemas e da biodiversidade existente. Desta forma, o presente trabalho teve como finalidade identificar *proxies* de degradação destes biomas. Para tanto, foram selecionados pontos específicos dos dois biomas que apresentaram classes de vegetação natural e pastagem que permaneceram ao longo de 18 anos. Nestes pontos foram obtidas as respostas da vegetação em razão da precipitação e temperatura de superfície ao longo deste período. Foram observados dados orbitais (EVI, LST e TMPA) e de estações meteorológicas para então gerar gráficos de correlação e dispersão entre as variáveis em estudo. Verificou-se pontos com desequilíbrio entre os índices vegetativos / precipitação, precipitação / temperatura e entre índices vegetativos / temperatura, indicando *proxies* de degradação.

**Palavras-chave** — Degradação, resiliência, eficiência da chuva, sensoriamento remoto, análise.

## ABSTRACT

*The Cerrado and Caatinga biomes present great vulnerability in terms of conservation and degradation. The degradation of these biomes has been increasingly present, bringing risks and probable indications of desertification and even extinction of ecosystems and existing biodiversity. Thus, the present work had the purpose to analyze proxies of degradation of these biomes. For this purpose, specific points were selected from the two biomes that showed classes of natural vegetation and pasture that remained over 18 years. At these points were obtained the vegetation response due to precipitation and surface temperature over that period. Orbital data (EVI, LST and TMPA) and meteorological stations were used to run correlation and dispersion graphs between the variables under study. There were unbalanced points between vegetative indexes / precipitation, precipitation / temperature and between vegetative indexes / temperature, indicating proxies of degradation.*

**Key words** — *Degradation, resilience, rain use efficiency, remote sensing, analysis.*

## 1. INTRODUÇÃO

A degradação dos biomas brasileiros, em especial no Cerrado e na Caatinga se proliferou de forma assustadora durante os últimos anos, tendo 47,5% de área do Cerrado preservada e 7,5% de preservação da Caatinga [1], o que demonstra que ambos os biomas estão suscetivelmente vulneráveis. A degradação do solo e da vegetação desses têm trazido verdadeiros problemas, tornando solos férteis ricos em matéria orgânica, em solos pobres e sem o poder de produção, iniciando assim estágios de desertificação.

O desmatamento e a ação humana são dois dos principais fatores que causam essas consequências negativas, por explorar inapropriadamente a madeira para a obtenção do carvão vegetal e pela atividade pecuária e agrícola realizadas de forma não sustentável, modificando a paisagem natural destes ecossistemas.

A desertificação é definida como a degradação dos solos, dos recursos hídricos e da biodiversidade, nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultantes de fatores climáticos e atividades antrópica [2].

As respostas fenológicas desses dois biomas tendem a ser variante em razão da variabilidade climática de ambos, o sensoriamento remoto é uma importante fonte de informação para o monitoramento de comportamento sazonal vegetacional e interanual da vegetação em escalas regional e global, considerando a alta resolução temporal de alguns sensores [3].

O objetivo deste estudo foi identificar *proxies* de degradação nos biomas do Cerrado e Caatinga a partir da análise do comportamento fenológico da vegetação passível de degradação - vegetação natural e pastagens – juntamente com o comportamento da precipitação e da temperatura de superfície, considerando um amplo espaço temporal possível.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo abrange parte do nordeste, centro-oeste e sudeste do Brasil, correspondente ao bioma Caatinga e boa parte do Cerrado. Foram consideradas áreas específicas de cada região dos biomas, onde possuía permanência de classes pastagem e vegetação natural, a partir do

mapeamento do dado do Mapbiomas 2.0 [4] desde o ano de 2000 até o ano de 2017 ininterruptamente (classes alvo). Para a elaboração da classe pastagem, foram reunidas as classes originais “Pastagem”, “Pastagem em campos naturais” e “Outras pastagens”. Para a elaboração da classe vegetação natural, foram reunidas as classes originais “Formações Naturais Não Florestais”, “Áreas úmidas naturais não florestais”, “Vegetação Campestre” e “Outras formações naturais não florestais”. Os pontos selecionados para análise foram definidos conforme o critério de permanência citado juntamente com o fator de proximidade às estações meteorológicas em um máximo de cinco quilômetros de distância das classes alvo. Foram consideradas áreas que tivessem predomínio das classes de pastagem e vegetação natural, o que permitiu selecionar ao todo 33 pontos para análise de pastagem e 9 para vegetação natural.

Os dados necessários para a análise foram extraídos a partir dos produtos MOD 13 - Gridded Vegetation Indices (NDVI&EVI) e o MOD 11 – Surface Reflectance, do imageamento orbital a do sensor Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) a bordo da plataforma TERRA. Para a pesquisa, os dados específicos utilizados foram o Enhanced Vegetation Index - EVI (MOD 13) com resolução espacial de 250 m e composição de 16 dias, o LST\_Day (MOD11) com resolução espacial de 250 m e composição de 8 dias. Os produtos NDVI e EVI do MODIS têm como objetivo principal caracterizar efetivamente os estados e processos biofísicos/bioquímicos da vegetação em escala global [5]. Foram adquiridas no site da NASA - National Aeronautics and Space Administration -, as imagens EVI e LST que recobriam boa parte de ambos os biomas (Tiles H13V9/H13V10 e H14V9/H14V10 – Figura 1), para o período de 2000 a 2017, correspondendo a uma série temporal de 18 anos de dados. A abrangência geográfica dos citados Tiles configuraram a área de estudo deste trabalho (Figura 1).

Em relação à precipitação, foram adquiridos dados tabulares diários das estações meteorológicas do banco de dados do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). Dada a irregularidade comum aos dados das estações meteorológicas, e com o intuito de recobrimento de dados de precipitação faltantes, também foram considerados e processados os dados de precipitação aferidos pelo produto TMPA - Precipitation Measurement Missions, com resolução espacial de 25 quilômetros e composição diária.

Todas as imagens foram reprojadas do sistema sinusoidal para o geográfico, reamostradas e mosaicadas, ambos os processos foram feitos via R Script e também no software MRT – MODIS Reproject Tools, obtendo as imagens EVI (MOD13) e LST\_Day (MOD11). As imagens LST\_Day foram convertidas em valores de temperatura de superfície (Celsius), através da equação [1]:

$$PgC = (B1 * 0.02) - 273 \quad (1)$$

Onde, PgC é a temperatura em graus Celsius, B1 é o digital number ou valor original do pixel e o 0,02 é o fator de conversão.

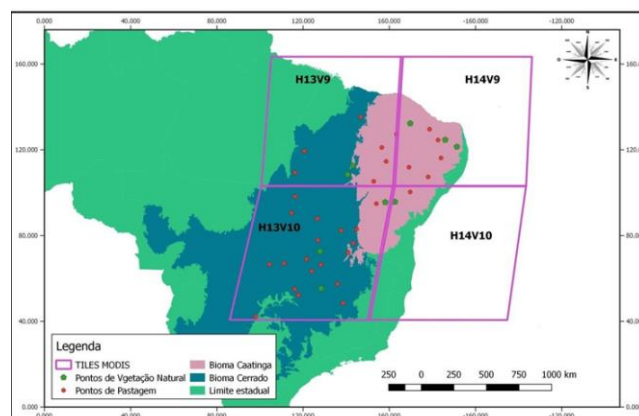


Figura 1. Mapa de localização das áreas de estudo.

Outro ponto a se destacar é que tanto os dados LST quanto os de precipitação apresentam composições diferentes ao do dado EVI, considerando que para realizar uma correlação entre ambos é necessário que todos apresentem composições iguais, com isso foram convertidos as composições de 8 dias do LST e diária da precipitação para 16 dias cada. Tais processos foram realizados a partir da extração dos pontos médios de cada mês anual dos dados de temperatura (LST) e da somatória das precipitações médias. Com isso todas as três variáveis foram classificadas por biomas (Cerrado/Caatinga) e por áreas de pastagem e vegetação natural (Figura 1).

A partir destes dados devidamente ajustados, foi possível realizar uma análise estatística, foram adquiridas todas as médias anuais das 33 áreas de pastagem e das 9 de vegetação, separadas por biomas e por variáveis (EVI, LST e Precipitação), para ter o conhecimento dos pontos em que há desequilíbrio entre as repostas entre os índices vegetativos/precipitação, precipitação/temperatura e índices vegetativos/temperatura, e então, gerar os gráficos demonstrando tal análise por bioma e área de estudo.

Após a obtenção de todos os dados, os mesmos passaram por uma padronização, para que assim pudessem ser comparados em uma mesma escala numérica entre 0 e 1, mas contudo, respeitando suas amplitudes. Tal padronização foi realizada a partir da equação [2], onde Z é o valor padronizado, X é o valor atual a ser modificado,  $\mu$  é média aritmética e  $\sigma$  é o desvio padrão. Após isso foi realizada uma análise estatística para que se tivesse a relação entre as variáveis (EVI, precipitação e LST) e também a correlação de ambas nas áreas em estudo.

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma} \quad (2)$$

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados estão organizados em gráficos multitemporais e de dispersão para cada associação de variáveis, por tipo de classe e bioma. Foram escolhidos apenas alguns dos resultados obtidos durante a pesquisa, em razão da disponibilidade de apresentação dos mesmos neste artigo. O gráfico da (Figura 2a) apresenta o comportamento entre o EVI e a precipitação para a vegetação natural na Caatinga. Percebe-se que, de forma geral, há aumento da resposta do EVI com o aumento da precipitação ao longo do tempo, o que denota certa correlação entre eles. Porém, possível notar que os dados de vegetação não se comportaram de forma linear com a precipitação em certos períodos de tempo, sobretudo nas observações compreendidas dos anos de 2012 a 2017, com uma variação muito alta no ano de 2016, onde é observado que existe um pico alto de precipitação, contudo não se vê nenhum indicio de resposta de vegetação equivalente nos anos anteriores em relação a isso.

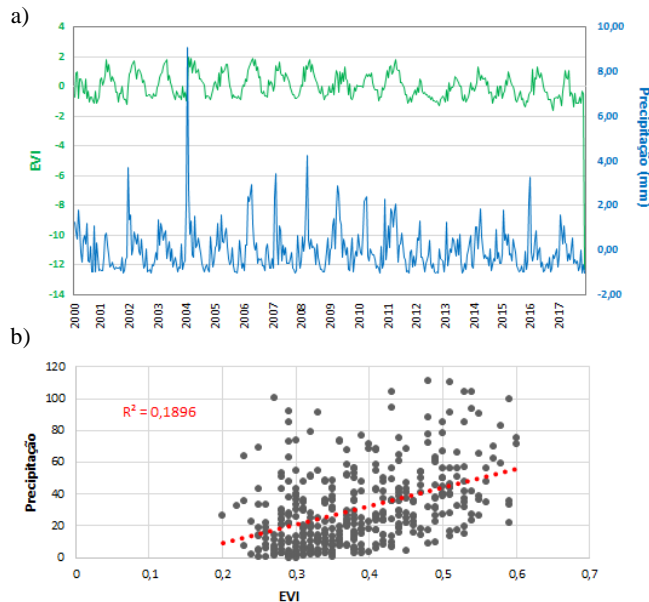


Figura 2. Gráfico de resposta multitemporal (a) e gráfico de dispersão (b) do EVI e Precipitação no bioma Caatinga em áreas de vegetação natural.

No segundo gráfico da (Figura 2b) é notável e comprovada a correlação entre as duas variáveis (EVI/Precipitação), entretanto existem certos pontos dispersos e o valor da regressão linear é de 0,1896, mostrando fraca correlação.

Mas devido ao nível baixo de regimes de chuvas e as altas temperaturas, a vegetação demonstrou uma baixa correlação entre as duas variáveis, conforme (Figura 2 e Figura 3).

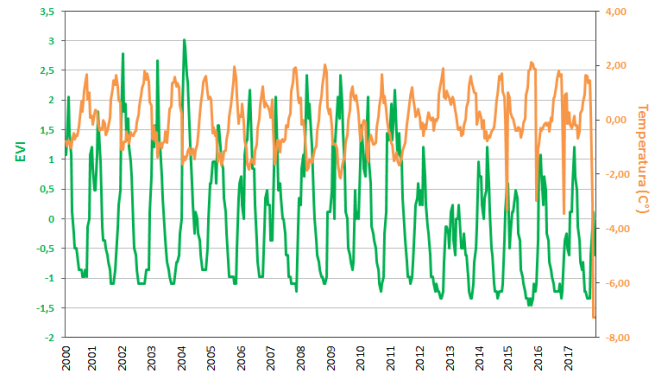


Figura 3. Gráfico de resposta multitemporal do EVI e Temperatura no bioma Caatinga em áreas de pastagem.

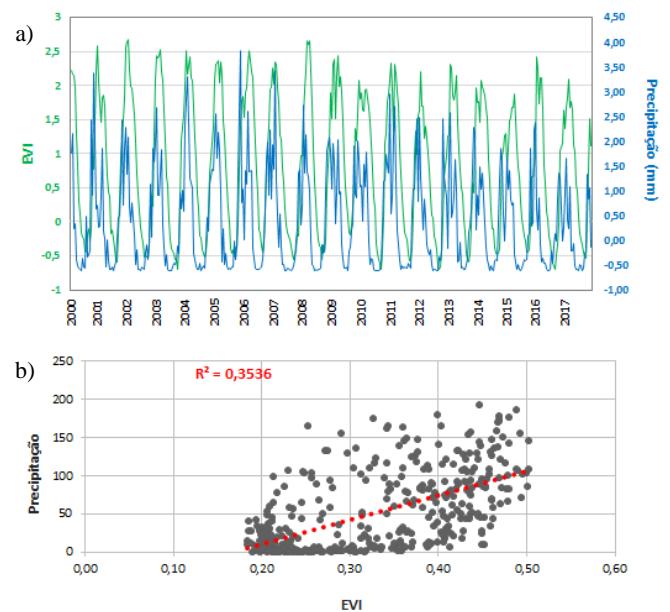


Figura 4. Gráfico de resposta multitemporal (a) e gráfico de dispersão (b) do EVI e Precipitação no bioma Cerrado em áreas de pastagem.

No Cerrado a vegetação se apresenta de forma oscilatória, em períodos de estiagem, ela se retrai apresentando um nível baixo de sua resposta conforme no primeiro gráfico da (figura.4a), enquanto que em épocas de grande volumes de precipitação os mesmos ostentam valores positivos e de grande significância analítica. Já a temperatura é considerada neste estudo como tendo uma correlação inversamente proporcional ao EVI, isto é confirmado nos gráficos da (figura.3), onde é visível que quando uma tende a subir a outra tende a descer e assim sucessivamente, quando se tem altos níveis de temperatura, a vegetação não responde de forma equivalente, tendo seus estados de queda da mesma, isto ocorre nos dois biomas e nas duas áreas de estudo (pastagem/vegetação natural).

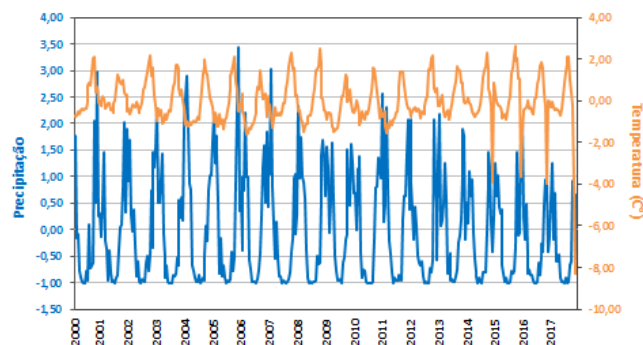


Figura 5. Gráfico de resposta multitemporal do EVI e Precipitação no bioma Cerrado em áreas de pastagem.

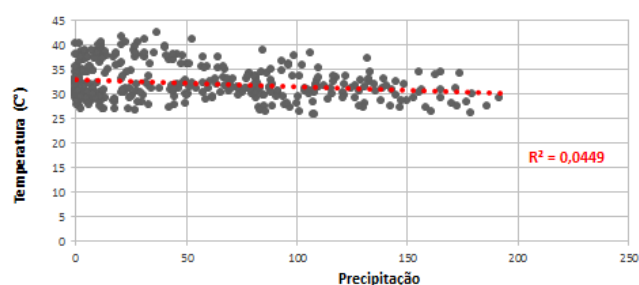


Figura 6. Gráfico de dispersão entre precipitação e temperatura no bioma Cerrado em áreas de pastagem.

Ao contrário dos dados da Caatinga, a relação entre a precipitação e temperatura no Cerrado mostrou uma forte correlação conforme nas (Figuras 5 e figura 6), seus índices foram variados conforme o passar dos anos, porém pode se entender que alta temperatura pode acarretar uma rápida evaporação e assim gerar a precipitação, por isso é evidente que os altos picos de precipitação estão relacionados aos altos níveis de temperatura.

Tanto Cerrado quanto Caatinga teve uma resposta de sua análise estatística positiva, isto é, teve a comprovação de que todas as variáveis são correlacionáveis entre si, pode ser notado na (Figura 7) onde foram analisadas as médias dos valores das variáveis de ambos os biomas unificados, presenciando ótimos valores da regressão linear variando de 0,3514 a 0,5023. Os padrões encontrados de quebra de resposta da vegetação frente à precipitação, ou de relação inversa da temperatura frente à precipitação, podem estar associados ao início de um novo estágio de equilíbrio, alcançando um *tipping point*. Contudo, como estes padrões ocorrem em anos recentes, devido à longa estiagem de 2012 a 2015 (sobretudo no nordeste brasileiro), ainda não é possível verificar se haverá um novo padrão de comportamento. É preciso que haja o retorno do padrão das precipitações de anos anteriores para verificar se o retorno da vegetação e temperatura de superfície corresponderão aos padrões históricos. Caso contrário podemos afirmar início de degradação conforme os gráficos apresentados.

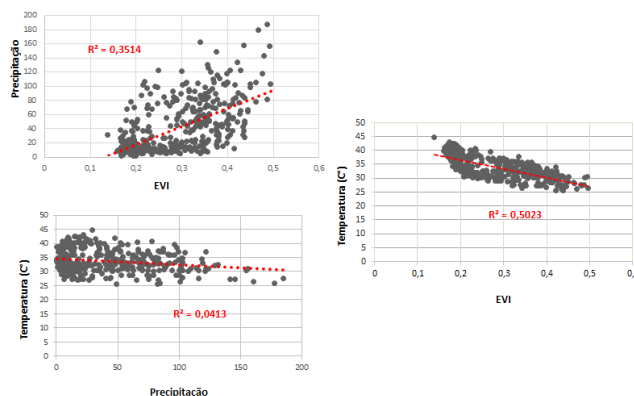


Figura 7. Gráfico de dispersão entre os dois biomas em conjunto em áreas de vegetação natural.

#### 4. CONCLUSÃO

Mesmo tendo o seu poder de resiliência maior do que os demais biomas, a Caatinga é a mais devastada, esse estudo está abrangendo apenas áreas específicas, o que levou a uma preocupação sobre as demais, relativo ao estágio de degradação ou preservação. Essas perguntas cabem a nós responde-las, identificando suas possíveis razões de degradação e as soluções para reverter estes processos. Uma possível solução para as áreas em risco é o aumento da preservação permanente das mesmas e a criação de novos parques ecológicos, preservando da ação antrópica seus ecossistemas e sua biodiversidade, pois tanto Cerrado quanto Caatinga apresentam poucos pontos existentes de áreas protegidas, deixando acessível à destruição. Esta pesquisa não acaba aqui, novos processos irão ser estudados, a partir de ferramentas como o TIMESAT/MatLab, em que pretende-se espacializar esses pontos e correlacionar essa análise já realizada aos focos de queimadas em ambos os biomas.

#### 6. REFERÊNCIAS

- [1] Biomas. Disponível em: <www.mma.gov.br/biomas>. Acesso em: 13.jun.2018.
- [2] UNITED NATIONS. Agenda 21, Brasília: Senado Federal, p. 360, 1994.
- [3] Correia, A. H.; Formaggio, A. R.; Shimabukuro, Y. E.; Duarte, V. “Avaliação de índices de vegetação MODIS para detecção de desmatamentos na Amazônia.” Ambiente & Água 1 (2006): 52-64.
- [4] Coleções MapBiomas. Disponível em: <http://mapbiomas.org/pages/database/mapbiomas\_collection>. Acesso em: 11.set.2017.
- [5] Gao, X.; Huete, A. R.; Ni, W.; Miura, T. Optical–Biophysical Relationships of Vegetation Spectra without Background Contamination. Remote Sensing of Environment, n. 74, p. 609–620, 2000.