



XIX CBMET

CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA

JOÃO PESSOA PB | 07 A 11 DE NOVEMBRO DE 2016

METEOROLOGIA: TEMPO, ÁGUA E ENERGIA



ANALYSIS OF THE RELATIONSHIP BETWEEN VEGETATION INDEX EVI AND PRECIPITATION IN THE AMAZON-SAVANNA TRANSITION REGION

R. G. N. Silva ⁽¹⁾, F. A. Ferreira ⁽¹⁾, M. L. Prado ⁽¹⁾, J. A. B. Becerra ⁽²⁾

(1) Earth System Science Center of Nacional Institute for Space Research, Cachoeira Paulista, Brazil (re-bio@hotmail.com), (2) Earth System Science Center of Nacional Institute for Space Research, São José dos Campos, Brazil.

ABSTRACT: Amazon-Savanna transition region represents 4.85% of the country. The aim of this study is to analyze the relationship between the annual cycle of vegetation growth measured by remote sensing and its relationship with pluvial indexes in the Amazon-Savanna transition region. For the analysis we elaborated MOD13A2 product database (temporal resolution of 16 days and spatial resolution of 1km) and MERGE precipitation database (observed data/ TRMM). The area of data analysis is located within a quadrant in which are contained eight conservation units (CUs) of full protection. This quadrant is located between coordinates: latitude -13.5 to -8.3 and longitude -60 to -49.5. Within each CU it was randomly selected a sample (10x10 km) for the analysis and calculated the average of the variables within these areas to check the influence of rainfall in the annual development and interannual vegetation. Spatially it was observed that the region with savanna vegetation loses more green mass during the dry season, therefore decreasing the value of EVI vegetation index, whereas over rainforest region (evergreen) keeps its leaves and the index does not show great changes. For the five analyzed years, the current dynamics of EVI showed similarity in all samples with greater variation during the rainy season and constancy during the dry season. It was observed that the maximum and minimum values are between November and April, with exceptions found in other months, which can be explained by the influence of the rainy season. Oscillating peaks are produced by rainy season and consequently interfere reading the data by satellite. The A07 sample showed the lowest rates of vegetation and rainfall, is represented by a more savanna-like vegetation, limited by water availability. The correlations between EVI and precipitation were not high, which showing indexes with high variability. The A03 and A07 samples were those that had a better relationship between the variables, $r = 0.41$ and $r = 0.31$, respectively. According to the presented results it has been found a link between rainfall and EVI vegetation index during some periods, however these results were not enough to present a significant statistical correlation.

Keywords: EVI vegetation index, precipitation, Amazon-Savanna transition.



XIX CBMET

CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA

JOÃO PESSOA PB | 07 A 11 DE NOVEMBRO DE 2016

METEOROLOGIA: TEMPO, ÁGUA E ENERGIA



ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE O ÍNDICE DE VEGETAÇÃO EVI E PRECIPITAÇÃO NA REGIÃO DE TRANSIÇÃO AMAZÔNIA-CERRADO

RESUMO: A região de transição Amazônia e Cerrado representa 4,85% do país. O objetivo deste estudo visa analisar uma relação entre o ciclo anual de crescimento da vegetação medidos através de sensores remotos e os índices pluviométricos na região da transição Amazônia-Cerrado. Para as análises foi elaborado um banco de dados do produto MOD13A2 (resolução temporal de 16 dias e espacial de 1km) e um banco de dados de precipitação MERGE (dados observados/TRMM). A região para análise dos dados localiza-se dentro de um quadrante, no qual estão contidas oito unidades de conservação (UCs) de proteção integral. Este quadrante situa-se entre as coordenadas latitude -13.5 a -8.3 e longitude -60 a -49.5. Para as análises foi selecionada aleatoriamente uma amostra (10x10 km) dentro de cada UC e calculada a média das variáveis dentro destas áreas para verificar a influência da precipitação no desenvolvimento anual e interanual da vegetação. Espacialmente foi possível observar que a região com vegetação savânica perde mais massa verde no período da seca, consequentemente diminuindo assim o valor do índice de vegetação EVI, já a região de floresta tropical (perenifólias) mantém suas folhas e o índice não apresenta alterações marcantes. Para os cinco anos analisados, a dinâmica anual do EVI apresentou similaridade em todas as amostras, com maior variação na estação chuvosa e constância na estação seca. Observou-se que os valores máximos e os valores mínimos estão entre os meses de novembro a abril, com exceções encontradas em outros meses, o que pode ser justificado pela influência da estação chuvosa, conferindo assim picos oscilando e consequente interferência na leitura dos dados pelo satélite. A amostra A07, foi a que apresentou os menores índices de vegetação e precipitação, sendo representada por uma vegetação mais savânica, limitada pela disponibilidade de água. As correlações entre o EVI e a precipitação não foram altas, mostrando índices com alta variabilidade. As amostras A03 e A07 foram as que demonstraram melhor relação entre as variáveis, com $r = 0.41$ e $r = 0.31$, respectivamente. De acordo com os resultados apresentados, foi verificado em alguns períodos uma relação entre a precipitação e o índice de vegetação EVI, porém estes não foram suficientes para que ambos apresentassem uma correlação estatística significativa.

Palavras-chave: índice de vegetação EVI, precipitação, transição Amazônia-Cerrado.



INTRODUÇÃO

Regiões de transição como a Amazônia e Cerrado são fundamentais para a compreensão da influência de variáveis ambientais na distribuição dos principais tipos de vegetação que compõem os diferentes biomas ao longo do tempo. Assim, avaliar o funcionamento e comportamento das fitofisionomias existentes nestas áreas contribui com informações que permitem uma previsibilidade, vulnerabilidade e adaptabilidade, diante de questões como mudanças climáticas e mudanças de uso da terra (Tannus, 2004).

Os mecanismos de retroalimentação entre clima e vegetação tem um papel importante na dinâmica da interação biosfera-atmosfera. Contudo, com as alterações e impactos devido às ações antrópicas como mudança do uso e cobertura do solo, atrelada com a aceleração do desmatamento de regiões naturais na região de transição dos biomas Amazônia e Cerrado, tem levado a diversas alterações, como nos ciclos biogeoquímicos naturais, balanços de massa e especialmente os balanços de carbono e água e de energia. Variações na quantidade e duração da precipitação podem afetar a atividade fotossintética e o funcionamento da floresta, que por sua vez, pode afetar no balanço geral do fluxo de carbono para atmosfera (Atkinson et al., 2011).

Nas florestas mais ao Sul da Amazônia e região de transição com o Cerrado, onde a fisionomia da vegetação tem característica semidecidual, o padrão sazonal do dossel das florestas é distinto (Liesenbergh et al., 2007), sendo possivelmente limitado pela disponibilidade de água no solo no período da estação seca.

Nas últimas décadas, o sensoriamento remoto tornou-se uma importante fonte de informações para monitorar os recursos naturais da Terra, devido à possibilidade de se adquirir dados sobre grandes extensões geográficas, e assim, os processos que ocorrem nestas áreas podem ser mais bem compreendidos a partir destes monitoramentos (Anderson et al., 2005). Instrumentos de satélite oferecem uma perspectiva global sobre mudanças sazonais e interanuais na produtividade da vegetação (Morton et al., 2014).

Os efeitos sazonais da vegetação podem ser observados pelas alterações na biomassa foliar, podendo ser monitorados utilizando-se índices de vegetação derivados de dados obtidos por sensores remotos que verificam a dinâmica da vegetação ao realçar a resposta da vegetação fotossinteticamente ativa em relação aos demais alvos da superfície terrestre (Espig et al., 2006). Para observação remota da estrutura e arquitetura da vegetação, bem como sua distribuição espacial e temporal, foram desenvolvidos índices de vegetação sensíveis a estas variações. Dentre os produtos disponibilizados pelo sensor Modis (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), destaca-se o Índice de Vegetação Melhorado (*Enhanced Vegetation Index*, EVI), proposto por Huete et al., (1999).

Desta forma, o objetivo central do presente estudo visa analisar uma relação entre o ciclo anual de crescimento da vegetação medidos através de sensores remotos e os índices pluviométricos na região da transição Amazônia-Cerrado.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

A região de transição Amazônia e Cerrado representa 4,85% do país (Filho, 2006), e é uma das regiões que mais sofre com a ação humana, devido ao seu grande potencial econômico, situação hoje agravada pelo avanço da fronteira agrícola, que resultou em dramática fragmentação de seus últimos remanescentes, especialmente, em Mato Grosso (Marimon et al., 2014).

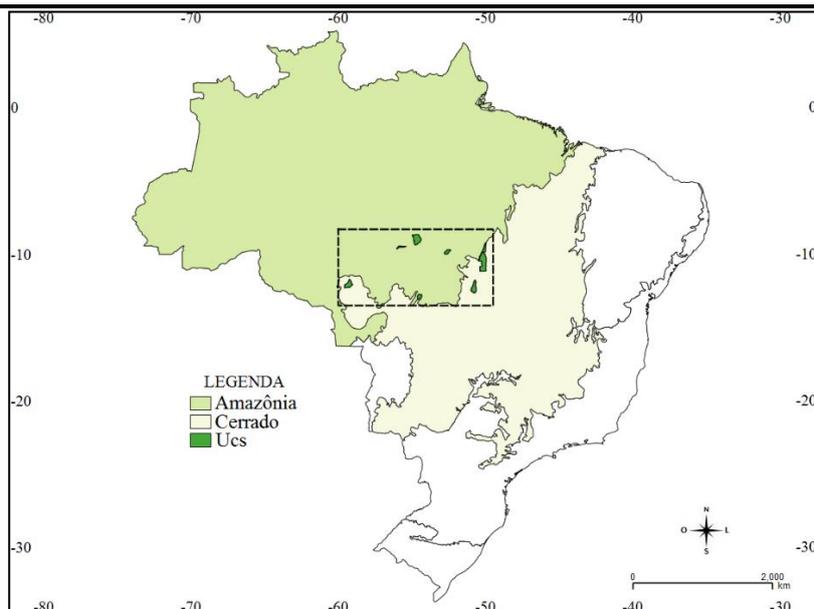


Figura 1: mapa representando os biomas brasileiros, enfatizando a região da área de estudo, a transição entre os biomas Amazônia-Cerrado.

O cerrado é um bioma que apresenta uma elevada complexidade em sua formação vegetal, apresentando um mosaico de fitofisionomias, desde formações campestres (campo limpo), savânicas (campo sujo, campo cerrado e cerrado *sensu stricto*) até formações florestais (cerradão), florestas decíduas e matas de galeria. Possui clima estacional, caracterizado por invernos secos e verões chuvosos classificado com (AW) segundo KÖPPEN (tropical chuvoso).

A Amazônia pode ser classificada como Floresta Tropical, Floresta Ombrófila ou Floresta Pluvial Perenifólia, caracterizada por pouca variação sazonal, elevadas taxas de precipitação e umidade relativa, composta por 83,78% de formações florestais que variam de florestas decíduas a florestas ombrófilas densas e abertas (Filho, 2006), e com precipitações médias de aproximadamente 2300 mm.

Tabela 1: Descrição das fitofisionomias das Unidades de Conservação (UCs) (IBGE, 2010).

| Amostras | Unidade de Conservação | Formações (%) |
|----------|---|--|
| A01 | Estação Ecológica de Iquê | Contato Savana-Floresta Estacional (100) |
| A02 | Parque Estadual Cristalino | Contato Savana-Floresta Estacional (47.95); Contato Savana-Floresta Ombrófila (52.05) |
| A03 | Reserva Biológica Nascentes Serra do Cachimbo | Contato Savana-Floresta Estacional (83.44); Contato Savana-Formações Pioneiras (0.40); Floresta Ombrófila Aberta (16.16) |
| A04 | Parque Estadual do Xingu | Contato Savana-Floresta Ombrófila (18.13); Contato Savana-Formações Pioneiras (81.87) |
| A05 | Parque Estadual do Cantão | Contato Savana-Formações Pioneiras (94.90); Contato Savana-Floresta Ombrófila (5.10) |
| A06 | Parque Nacional do Araguaia | Contato Savana-Formações Pioneiras (91.66); Floresta Estacional Semidecidual (7.49); Floresta Ombrófila Aberta (0.85) |
| A07 | Parque Estadual do Araguaia | Contato Savana-Formações Pioneiras (57.85); Savana (42.15) |
| A08 | Estação Ecológica do Rio Ronuro | Contato Floresta Ombrófila-Floresta Estacional (63.55); Formações Pioneiras (36.45) |



Conjunto de dados

Para as análises foi elaborado um banco de dados com “tiles” da América do Sul contendo o índice de vegetação EVI (*Enhanced vegetation index*) e pixel reliability (dados de confiabilidade) com dados adquiridos no site da NASA do sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), do produto MOD13A2, o qual contém resolução temporal de 16 dias (23 datas por ano) e espacial de 1km, para a série temporal entre os anos de 2000 a 2014. O conjunto de dados foi mosaicado em geotiff e posteriormente convertidos para netcdf, formando um banco com 345 imagens de EVI e 345 imagens do pixel reliability. O pixel reliability fornece informações sobre a qualidade radiométrica dos índices de vegetação em que cada pixel é classificado em até cinco categorias: -1 (sem dados); 0 (bom); 1 (marginal ou periférico); 2 (neve/gelo) e 3 (nuvem), desta forma, o EVI destas imagens foram filtrados pelo pixel reliability gerando um novo banco de dados contendo os dados espaciais do índice de vegetação EVI relacionados ao pixel reliability 0 e 1, descartando os valores associados ao 3 (nuvens).

Para a precipitação também foi gerado um banco de dados com dados obtidos do CPTEC/INPE, denominados de MERGE, o qual é uma combinação dos dados de satélite TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) e dados observados de estações meteorológicas. Estes dados diários foram acumulados para o período de 16 em 16 dias, compatibilizando-os para a mesma resolução temporal da vegetação e interpolado para a resolução espacial da vegetação (1km), para o período de 2000 a 2014.

Análise dos dados

A região para análise dos dados localiza-se dentro de um quadrante (demonstrado na Figura 1), o qual foi determinado de forma que enquadrasse oito unidades de conservação (UCs) de proteção integral na região de transição Amazônia-Cerrado. O quadrante localiza-se entre as coordenadas latitude -13.5 a -8.3 e longitude -60 a -49.5. A partir deste quadrante definido, calculou-se para a região a média dos meses chuvosos dezembro, janeiro e fevereiro (DJF), com as respectivas datas correspondentes 337 e 353 (D), 001 e 017 (J) e 033 e 049 (F); e meses secos junho, julho e agosto (JJA), das seguintes datas 161 e 177 (J), 193 e 209 (J) e 225 e 241 (A) para o índice EVI e para precipitação. Posteriormente foi selecionado aleatoriamente uma amostra dentro de cada UC (Tabela 2) e calculada a média das variáveis dentro destas áreas para análise da influência da precipitação no desenvolvimento da vegetação, sendo que cada uma contém uma área de 10X10 km (ou seja, 100 pixels). A seleção das amostras dentro de UCs foi pelo fato de ser uma área com menor interferência antrópica, representando assim a vegetação natural da região.

Tabela 2: Delimitações das 8 amostras e a unidade de conservação na qual cada uma está inserida, sendo Esec = Estação Ecológica; Parna = Parque Nacional; Resec = Reserva Ecológica; Pes = Parque Estadual.

| Amostra | Lon 1 | Lon 2 | Lat 1 | Lat 2 | Unidade de Conservação |
|---------|---------|---------|---------|---------|-------------------------|
| A01 | -59.383 | -59.308 | -11.967 | -12.042 | ESEC IQUÊ |
| A02 | -55.900 | -55.825 | -9.442 | -9.517 | PARNA CRISTALINO |
| A03 | -54.600 | -54.525 | -8.817 | -8.892 | RESEC SERRA DO CACHIMBO |
| A04 | -52.633 | -52.558 | -9.808 | -9.883 | PES XINGU |
| A05 | -50.142 | -50.058 | -9.758 | -9.842 | PES DO CANTÃO |
| A06 | -50.275 | -50.192 | -10.867 | -10.950 | PARNA DO ARAGUAIA |
| A07 | -50.717 | -50.642 | -12.383 | -12.458 | PES DO ARAGUAIA |
| A08 | -54.458 | -54.383 | -12.817 | -12.892 | ESEC RIO RONURO |



RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 2 abaixo indica a diferença no rubor/atividade fotossintética da vegetação entre o período chuvoso (Figura 2a) e seco (Figura 2b) dentro do quadrante recortado contendo as oito Unidades de Conservação, mostrando também os contornos com os índices pluviométricos para a região. Foi possível observar que a região com vegetação savânica/cerrado, a leste da figura, perde mais fitomassa foliar no período da seca (Figura 2b), conseqüentemente diminuindo assim o valor do índice de vegetação EVI, já a região de floresta tropical (perenifólias) mantém suas folhas e o índice não apresenta alterações marcantes espacialmente. No caso da floresta, a pequena queda da fitomassa foliar pode ser justificada pela disponibilidade hídrica atingida pelas raízes profundas destas árvores e/ou pela proximidade de cursos de rios (mata ciliar). Segundo Huete et al. (2006), a disponibilidade hídrica nos solos das áreas de floresta favorece uma estabilidade na atividade fotossintética e conseqüente produção de fitomassa foliar mantida (ou com pequena queda) na época seca.

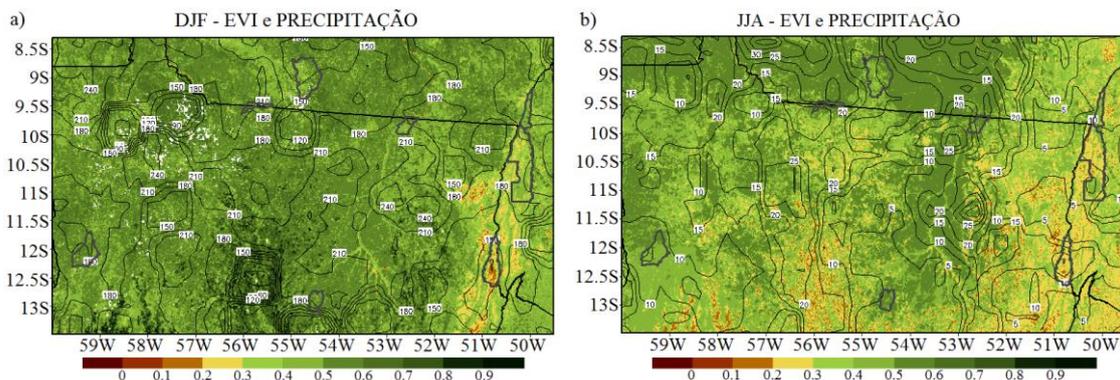


Figura 2: ano 2013-2014 a) média do índice de vegetação EVI juntamente com a precipitação nas datas correspondentes aos meses chuvosos DJF; b) média da vegetação e precipitação nos meses secos JJA.

Nos gráficos adiante (Figura 3) é mostrado a dinâmica anual e interanual do índice de vegetação EVI filtrado e a precipitação ao longo do período dos últimos cinco anos da série temporal de dados analisados, 2010 a 2014, para cada unidade amostral, temporalmente de 16 em 16 dias. Nota-se que em todas as amostras a vegetação decresce juntamente com a redução das chuvas, e que no período chuvoso a resposta da vegetação é relativamente rápida, podendo-se concluir com base nesses gráficos a relação entre o EVI e a precipitação, visto que o índice de vegetação variou juntamente com a sazonalidade da precipitação. Para os cinco anos analisados, a dinâmica do EVI apresentou similaridade em todas as amostras, com aumento deste índice entre os meses de outubro a fevereiro, na estação chuvosa. Para o período seco, tem-se que a atividade fotossintética é reduzida em torno de 20% em todos os anos, mantendo-se mais constante até o próximo período de chuva, onde os índices de vegetação retornam a elevar-se. A dinâmica do EVI está relacionada com a dinâmica da cobertura do dossel da floresta, que é composto por folhas de diferentes idades (Xiao et al., 2005).

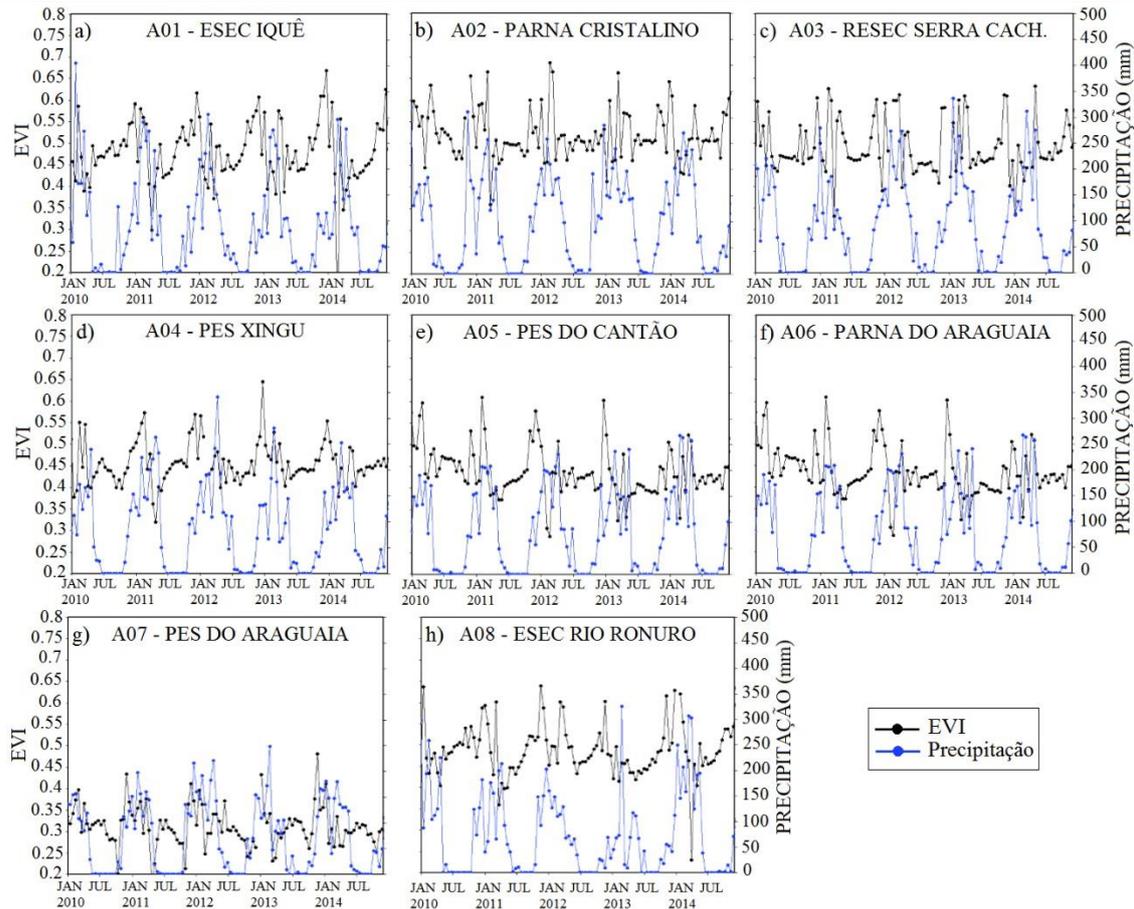


Figura 3: índice de vegetação EVI e precipitação nas amostras para o período de 2010 a 2014.

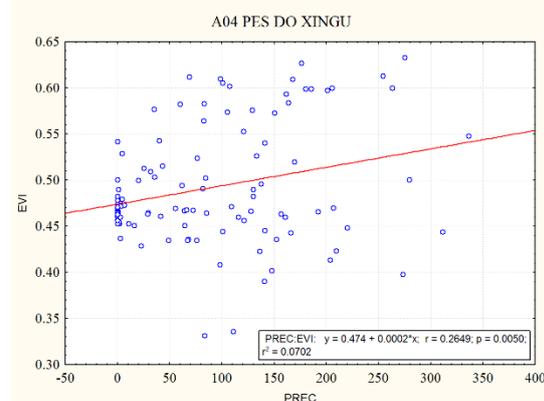
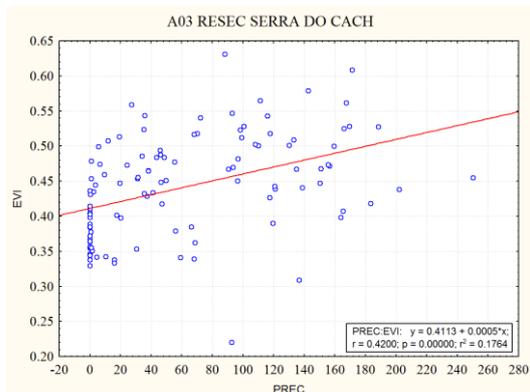
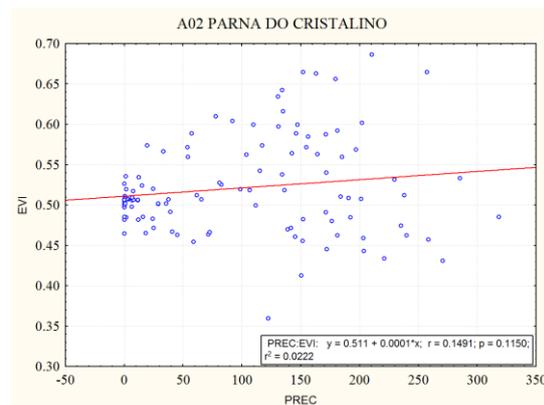
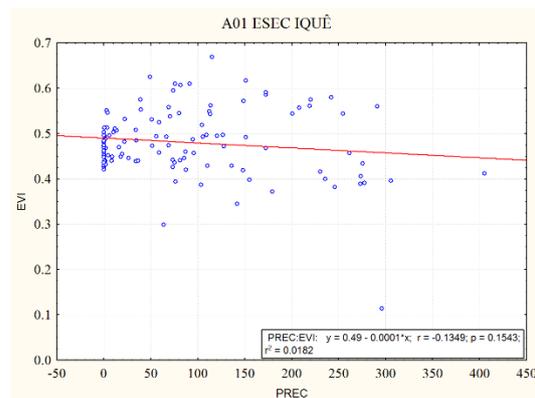
A Tabela 3 mostra os índices de vegetação extraídos anualmente, com os máximos e mínimos dos gráficos acima. Observa-se que os valores máximos e os valores mínimos estão entre os meses de novembro a abril, com poucas exceções encontradas em outros meses, o que pode ser justificado pela influência da estação chuvosa, conferindo aos dados picos que oscilam e consequente interferência na leitura espectral dos dados pelo satélite. A amostra A07, localizada no Parque Estadual do Araguaia é a que apresenta os menores índices de vegetação e precipitação, sendo representada por uma vegetação mais savânica, limitada pela disponibilidade de água, atingindo seu valor máximo (0.48) no mês de novembro de 2013. A amostra A06 teve como valores médios de EVI para série temporal oscilando entre 0,34 a 0.57, valores estes dentro do limiar verificado por Linares (2012), 0.20 a 0.65 em formações florestais e savânicas no Parque Nacional do Araguaia.



Tabela 3: valores máximos e mínimos verificados anualmente para o índice de vegetação e seu respectivo mês de observação.

| | | A01 | A02 | A03 | A04 | A05 | A06 | A07 | A08 |
|-------|-----|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 2010 | Max | 0.59(fev) | 0.66(dez) | 0.56(jan) | 0.61(dez) | 0.55(fev) | 0.60(mar) | 0.43(dez) | 0.64(jan) |
| | Min | 0.39(mar) | 0.45(mar) | 0.33(set) | 0.42(jan) | 0.38(jan) | 0.41(nov) | 0.20(out) | 0.40(abr) |
| 2011 | Max | 0.62(dez) | 0.66(mar) | 0.53(fev) | 0.63(fev) | 0.57(fev) | 0.61(fev) | 0.41(dez) | 0.64(nov) |
| | Min | 0.3(abr) | 0.36(mar) | 0.34(set) | 0.33(mar) | 0.32(abr) | 0.37(mai) | 0.17(abr) | 0.36(mar) |
| 2012 | Max | 0.61(dez) | 0.69 (fev) | 0.55(abr) | 0.61(mar) | 0.65(dez) | 0.60(dez) | 0.40(jan) | 0.60(mar) |
| | Min | 0.37(mar) | 0.46(mai) | 0.31(dez) | 0.40(abr) | 0.40(abr) | 0.29(fev) | 0.24(out) | 0.43(jun) |
| 2013 | Max | 0.67(dez) | 0.66(mar) | 0.63(mar) | 0.61(mar) | 0.55(dez) | 0.52(jan) | 0.48(nov) | 0.63(dez) |
| | Min | 0.38(mar) | 0.41(jan) | 0.22(fev) | 0.40(dez) | 0.40(abr) | 0.32(mar) | 0.23(mar) | 0.41(fev) |
| 2014 | Max | 0.62(nov) | 0.62(dez) | 0.54(mai) | 0.63(abr) | 0.51(jan) | 0.52(abr) | 0.41(jan) | 0.63(dez) |
| | Min | 0.11(fev) | 0.43(mar) | 0.35(set) | 0.34(jan) | 0.38(fev) | 0.33(fev) | 0.25(out) | 0.23(mar) |
| MÉDIA | | 0.62 | 0.66 | 0.56 | 0.62 | 0.57 | 0.57 | 0.43 | 0.63 |
| | | 0.31 | 0.42 | 0.31 | 0.38 | 0.38 | 0.34 | 0.22 | 0.37 |

As correlações entre o EVI e a precipitação não são altas, os valores encontram-se bastante dispersos e com alta variabilidade (conforme Figura 4). As amostras A03, A04 e A07 demonstraram melhor relação entre as variáveis, com $r = 0.41$, $r = 0.26$ e $r = 0.31$, respectivamente. As amostras A01e A08 apresentaram correlações negativas, $r = -0.14$ e $r = -0.08$.



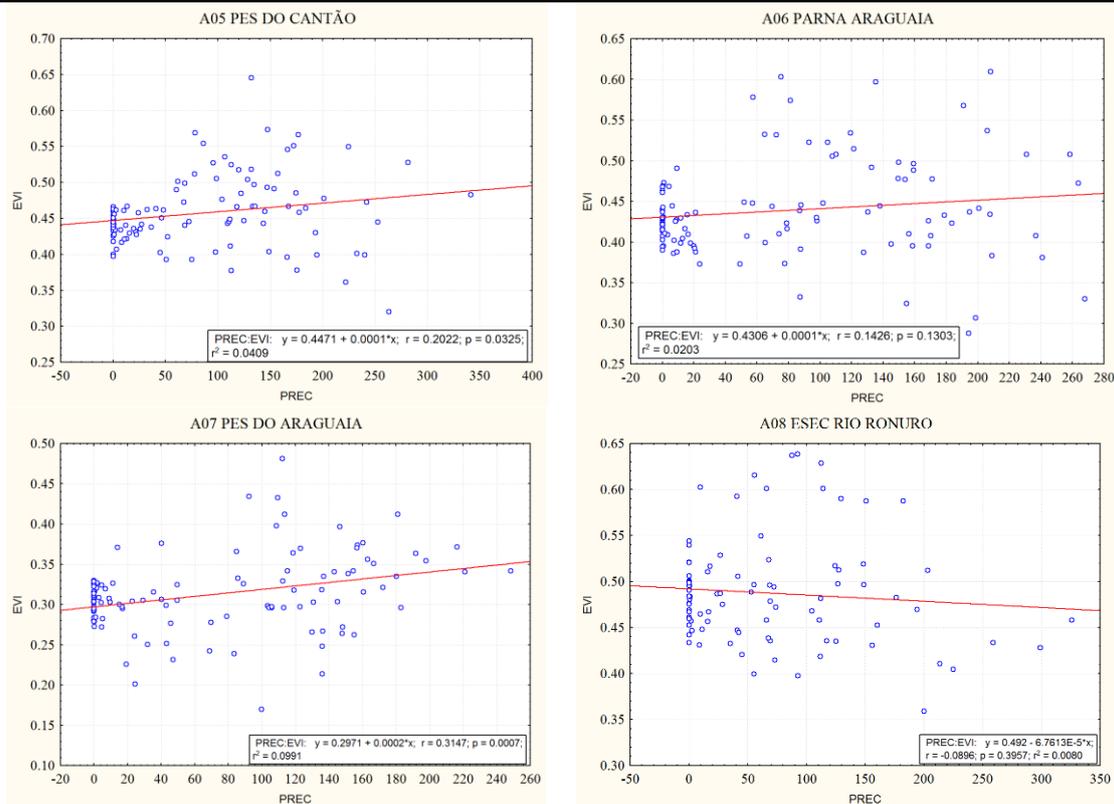


Figura 4: Scatterplots entre EVI e precipitação.

A Tabela 4 mostra mais detalhadamente as correlações anuais e por estação seca e chuvosa. As estações foram definidas com base na análise dos dados de chuva obtidos, sendo o período seco determinado por índices consecutivos (pelo menos três) e inferiores a 100 mm, valor utilizado por Restrepo-Coupe et al. (2013), e superiores a 100 mm sendo o período chuvoso. Desta maneira, a estação seca se deu entre os meses de abril a outubro, e a estação chuvosa entre os meses de novembro a março. As correlações encontradas em cada amostra, anualmente e em cada estação, como já verificado no gráfico de dispersão, tem alta variabilidade entre si, impossibilitando a determinação de um padrão entre elas, e esta complexidade das relações identificadas está relacionada ao fato das análises serem em uma região de transição entre biomas, onde existem climatologias e fitofisionomias distintas, isto possivelmente pode explicar tantas diferenças nas correlações (Becerra et al., 2010).

Tabela 4: correlações das amostras anual e nos períodos de seca e chuva.

| | | A01 | A02 | A03 | A04 | A05 | A06 | A07 | A08 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | ANUAL | -0.36 | 0.30 | 0.19 | 0.13 | 0.31 | 0.43 | 0.51 | -0.36 |
| 2010 | SECA | -0.17 | 0.16 | 0.10 | -0.37 | 0.09 | -0.02 | -0.50 | -0.52 |
| | CHUVA | -0.48 | -0.39 | -0.31 | -0.14 | 0.15 | 0.31 | 0.01 | -0.48 |
| 2011 | ANUAL | 0.29 | 0.46 | 0.62 | 0.34 | -0.09 | 0.32 | 0.39 | -0.13 |
| | SECA | 0.38 | -0.84 | 0.71 | 0.66 | -0.67 | -0.85 | -0.80 | -0.63 |
| | CHUVA | 0.17 | 0.40 | 0.37 | 0.25 | -0.69 | -0.18 | 0.38 | -0.60 |
| 2012 | ANUAL | -0.16 | 0.27 | 0.28 | 0.48 | 0.32 | -0.07 | 0.27 | 0.21 |
| | SECA | 0.58 | -0.19 | 0.36 | 0.64 | 0.27 | 0.40 | -0.25 | -0.01 |
| | CHUVA | -0.49 | 0.07 | -0.16 | -0.06 | -0.04 | -0.14 | 0.54 | -0.13 |



| | | | | | | | | | |
|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | ANUAL | 0.02 | 0.05 | 0.53 | 0.30 | 0.55 | 0.12 | 0.31 | 0.03 |
| 2013 | SECA | 0.13 | 0.12 | 0.54 | -0.18 | 0.57 | -0.50 | -0.28 | -0.45 |
| | CHUVA | -0.38 | -0.36 | 0.34 | 0.11 | 0.26 | -0.12 | 0.21 | -0.02 |
| | ANUAL | -0.54 | -0.32 | 0.47 | 0.03 | 0.02 | 0.20 | 0.14 | -0.32 |
| 2014 | SECA | -0.33 | 0.48 | 0.43 | 0.18 | 0.49 | 0.20 | -0.37 | 0.15 |
| | CHUVA | -0.74 | -0.80 | 0.24 | 0.10 | -0.40 | -0.24 | 0.19 | -0.59 |

No que se refere à completa compreensão dos dados de índices de vegetação do MODIS e de precipitação (TRMM), bem como suas relações, ocorrem divergências de estudos, como: Saleska et al. (2007) utilizando dados MODIS-EVI, concluiu que houve um aumento significativo do esverdeamento da vegetação da Amazônia durante a seca de 2005; um pouco depois Samanta et al. (2010) contrapôs estes resultados dizendo que o aumento no EVI estaria associado a uma mudança estrutural do dossel e não ao aumento da atividade fotossintética; Segundo Becerra et al. (2009), em um estudo em área de cerrado da Amazônia Legal, seus resultados indicam uma relação positiva entre a variável precipitação e o EVI das principais classes de vegetação que caracterizam o Cerrado e das classes de uso da terra, agricultura e pastagem, ao longo de um ciclo anual. Já para a classe floresta a análise do índice EVI indica que não houve decréscimos significativos na estação seca. Resultados similares obteve Linares (2012), em estudo conduzido nos Parques Nacionais do Cerrado localizados em diversos estados brasileiros. Este concluiu que o acúmulo de biomassa verde (representada pelos valores máximos encontrados nas séries EVI) está relativamente sincronizado com a precipitação e que estes dados multitemporais MODIS-EVI e TRMM, foram eficientes na caracterização da dinâmica espectral e de precipitação. Revela também que houve forte redução da atividade fotossintética durante a estação mais severa, convergidas pelas tendências exibidas pelos índices de vegetação e com as variações de precipitação.

CONCLUSÕES

Foi possível verificar a existência de uma tênue relação entre o desenvolvimento e queda foliar da vegetação juntamente com os índices pluviométricos para as áreas amostradas, porém isto não foi suficiente para que ambos apresentassem uma correlação estatística significativa, sendo necessária a inclusão de novas variáveis, tais como índices de umidade do solo e evapotranspiração, e/ou outras técnicas estatísticas para explorar os resultados atuais para compreender melhor o comportamento sazonal da vegetação.

AGRADECIMENTOS

A Rede GEOMA, no componente Modelagem Climática para Amazônia, pela concessão da bolsa PCI (Programa de Capacitação Institucional) do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) para o desenvolvimento deste trabalho e ao Dr. Jorge Bustamante pela oportunidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Anderson, L. O. et al. 2005. Utilização de dados multitemporais do sensor MODIS para mapeamento da cobertura e uso da terra. In: **XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Goiânia, 16-21 ab 2005, INPE, p 3443-3450.
2. Atkinson, P. M. 2011. Amazon vegetation greenness as measured by satellite sensors over the last decade. **Geophysical Research Letters**, v. 38, doi:10.1029/2011GL049118.



3. Becerra, J. A. B. et al. 2010. Transição Floresta-Savana: relação de variáveis ambientais e fitofisionomias. In: **3º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal**, Cáceres, 16-20 out 2010, p. 381-390.
4. Becerra, J. A. B.; Shimabukuro, Y. E.; Alvalá, R. C. dos S. 2009. Relação do padrão sazonal da vegetação com a precipitação na região de cerrado da Amazônia Legal, usando índices espectrais de vegetação. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24, n. 2, p.125-134.
5. Espig, S. A. et al. 2006. Variações sazonais do EVI e NDVI em áreas do semi-árido brasileiro. In: **VII Seminário em Atualização em Sensoriamento Remoto e Sistemas de informações geográficas aplicados a Engenharia Florestal**, São José dos Campos, INPE, p. 219-226.
6. Filho, J. M. 2006. **O livro de ouro da Amazônia**. Ed. Ediouro, 442 p.
7. Huete, A. R.; Justice, C.; Leeuwen, W.V. **MODIS vegetation index (MOD 13) algorithm theoretical basis document**. 1999. Disponível em: http://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/atbd_mod13.pdf. Consultado em 07 de julho de 2016.
8. Huete, A. R.; Didan, K.; Miura, T.; Rodriguez, E.P.; Gao, X.; Ferreira, L.G. 2002. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. **Remote Sens. Environ**, v. 83, 195-213.
9. IBGE. 2010. **Biomass e Fitofisionomias**. Disponível em: <https://uc.socioambiental.org/>.
10. Liesenberg, V. et al. 2007. Análise da dinâmica sazonal e separabilidade espectral de algumas fitofisionomias do cerrado com índices de vegetação dos sensores MODIS/TERRA e ACQUA. **Revista Árvore**, v. 31, n. 2, p. 295-305.
11. Linares, J.A.H. 2012. Análise multitemporal de imagens MODIS dos Parques Nacionais do Cerrado: EVI como uma das ferramentas para seleção de áreas de conservação. 104p. **Dissertação de Mestrado**, Universidade de Brasília, Distrito Federal.
12. Marimom, B. S. et al. 2014. Disequilibrium and hyperdynamic tree turnover at the forest-cerrado transition zone in southern Amazonia. **Plant Ecology & Diversity**, p. 37-41.
13. Morton, D. C. et al. 2014. Amazon forests maintain consistent canopy structure and greenness during the dry season. **Nature**, v. 506, pag. 221-236, doi:10.1038/nature13006.
14. Restrepo-coupe, ; Rocha, H. R. D.; Hutyrá, L. R.; Araujo, A. C. D.; Borma, L. S.; Christoffersen, et al. 2013. What drives the seasonality of photosynthesis across the Amazon basin? A cross-site analysis of eddy flux tower measurements from the Brasil flux network. **Agricultural and Forest Meteorology**, 2013. 128-144.
15. Saleska, S.R.; Didan, K.; Huete, A.R.; da Rocha, H.R. 2007. Amazon forests green-up during 2005 drought. **Science**, v. 318, n. 612, doi:10.1126/science.1146663.
16. Samanta, A., S. Ganguly, H. Hashimoto, S. Devadiga, E. Vermote, Y. Knyazikhin, R. R. Nemani, and R. B. Myneni. 2010. Amazon forests did not green-up during the 2005 drought, **Geophys. Res. Lett.**, 37, L05401, doi:10.1029/2009GL042154.
17. Tannus, R. N. 2004. Funcionalidade e sazonalidade sobre cerrado e sobre ecótono Floresta-Cerrado: uma investigação com dados micrometeorológicos de energia e CO². **Dissertação de mestrado**. Esalq, Piracicaba, 92 p.
18. Vilani, M. T. et al. 2006. Sazonalidade da radiação, temperatura e umidade em uma floresta de transição Amazônia-Cerrado. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, n. 3b, 331-343.
19. Xiao, X.; Zhang, Q.; Saleska, S.; Hutyrá, L.; Camargo, P. D.; Wofsy, S. et al. 2005. Satellite-based modeling of gross primary production in a seasonally moist tropical evergreen forest. **Remote Sensing of Environment**, 105-122.