ÍNDICE DE VEGETAÇÃO DE DIFERENÇA NORMALIZADA (NDVI) NA RESEX DO RIO CAJARI, APÓS O MAIS FORTE EL NIÑO (2015/2016) DA AMAZÔNIA

Larissa S. Sarges[1]*, Daniele A. Gonçalves[2], Marcelino C. Guedes[3]
1. Universidade Federal do Amapá;2. Universidade Federal do Amapá / PPGBio; 3. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.
*lapes.sarges28@gmail.com

Introdução

A produção de castanha-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonp.) é muito importante nas comunidades amazônidas que vivem de extrativismo. A partir dela, as famílias recebem renda considerável, pois esse produto tem sido cada vez mais valorizado no mercado. A castanha também é utilizada na alimentação das famílias, como aquelas moradoras na reserva extrativista do rio Cajari (Resex Cajari). Na Resex Cajari, localizada no sul do Amapá, na maioria das comunidades, o agroextrativismo é a principal atividade econômica produtiva (RODRIGUES; GUEDES, 2017).

Na Resex Cajari, a produção de castanha vem sendo monitorada desde o ano de 2007, em parcelas permanentes da rede Kamukaia (GUEDES et al., 2017). No monitoramento de 2017, a produção de castanhas foi a menor entre os períodos que ocorreram o monitoramento das parcelas permanentes (2007-2018). Isso ocorreu devido a um evento que aconteceu em todos os países que se localizam na Bacia Amazônica, chamado "*El Niño*". Devido a essa anomalia climática, em anos que antecederam a safra de 2017 (2015 e 2016), houve um aumento no período seco, de 3 meses para 6 meses, e um aumento também na temperatura máxima. Assim, isso pode ter prejudicado o início da formação da safra do ano posterior (PASTANA, 2019).

O "El Niño" é o aquecimento da temperatura na superfície do mar Oceano Pacifico Tropical. Ele também pode ocorrer no Oceano Atlântico Norte Tropical, causando anomalias na precipitação das chuvas e na temperatura (ARAGÃO, 2007). Em anos de *El niño*, as temperaturas máximas podem aumentar entre 1ºC e 2ºC, mas afetam expressivamente o comportamento das plantas. O monitoramento da vegetação e seu ambiente, inclusive alterações relacionadas às anomalias climáticas, pode ser realizado via remota. Com isso, é possível reduzir o esforço de campo e ampliar as áreas monitoradas, alcançando, inclusive, áreas remotas com florestas amazônicas de difícil acesso.

Com o auxílio de técnicas de sensoriamento remoto, é possível monitorar extensas regiões, para verificar a qualidade das plantas, associada, por exemplo, ao déficit hídrico ou deficiência nutricional. Podem ser calculados índices, por ex., como o NDVI, para detectar variações na produção ou perda de biomassa. Assim, ferramentas como imagens ópticas ou de radar, obtidas em sobrevoos ou em satélites orbitais, podem colaborar para identificação de atributos da floresta e eventos que ocorrem nela.

Atualmente, desde o lançamento de satélites com imagens disponíveis gratuitamente, muitos trabalhos para monitoramento e mapeamento terrestre têm surgido. Um desses satélites é o europeu Sentinel-2, lançado em junho de 2015 pela empresa European Space Agency (ESA) (HANSEN & LOVELAND, 2012, apud MAIA, 2019). Por meio dele, é possível processar imagens de alta resolução (10 m), que podem auxiliar no monitoramento da vegetação.

Portanto, esse trabalho tem o objetivo de utilizar as imagens do Sentinel-2 para visualizar mudanças na dinâmica temporal da vegetação onde ocorrem as castanheiras no sul do Amapá. Se buscará encontrar relações entre alterações visualizadas nas imagens da floresta com variáveis climáticas que caracterizam o evento "*El Niño*".

Material e métodos

O trabalho foi realizado a partir de imagens do satélite RapidEye e do satélite Sentinel-2, da unidade de conservação de uso sustentável, Resex Cajari. Essa UC fica localizada no sudoeste do

Estado do Amapá, nos municípios de Laranjal do Jari, Vitória do Jari e Mazagão. A Resex Cajari possui área aproximada de 532.397,20 hectares (ICMBIO, 2007) e possui acesso por meio da BR 156, que liga Macapá a Laranjal do Jari.

As imagens para a realização deste trabalho foram obtidas nos dias 01 e 02 de outubro de 2020 dos satélites RapidEye e Sentinel-2 (**Tabela 1**), nos sites do Geo Catálogo do Ministério do Meio Ambiente e do EarthExplorer. Foram priorizadas imagens do período conhecido como verão amazônico (setembro a novembro). Nesse período, as imagens têm menos cobertura de nuvens, facilitando a visualização e uma melhor análise. Foi obtida também uma imagem no início do ano de 2018, período chuvoso em que foi verificado em campo a ocorrência de seca fisiológica em grandes castanheiras.

Tabela 1. Dados das imagens dos anos de 2015 a 2018 dos satélites RapidEye e Sentinel-2 utilizadas no trabalho.

Ano das Imagens	Data da Imagem	Plataforma	Bandas
2015	30/09/2015	RapidEye	B3 e B5
2016	18/11/2016	Sentinel-2A	B4 e B8
2017	18/11/2017	Sentinel-2B	B4 e B8
2018	06/02/2018	Sentinel-2B	B4 e B8

Fonte: MMA e EarthExplorer.

Após a obtenção das imagens, foi realizado no ArcGis 10.3, o processamento das imagens para obtenção do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI).

O NDVI é obtido através da razão entre a diferença das reflectâncias do infravermelho próximo (ρiv) e do vermelho (ρv), e a soma das mesmas. Desenvolvido por Rouse et al. (1973), o índice indica que valores próximos de 1 (verde mais intenso), representam vegetação mais densa, e valores próximos de 0 (zero), são os que compreendem superfícies abertas e valores negativos correspondem a água (BEZERRA et al. 2019).

Isso ocorre pelo fato do infravermelho próximo ser muito refletido pela vegetação, e da luz vermelha ser mais absorvida pela vegetação. Assim, o índice se torna bom para a avaliação da qualidade da vegetação (ESA, 2015).

A ferramenta *Raster Calculator* foi utilizada para a realização do cálculo de NDVI, com as bandas 3 e 5 do ano de 2015, e as bandas 4 e 8 dos outros anos. Também com o auxílio da ferramenta Pixel Inspector, pode-se obter uma melhor visualização das áreas de estudo.

As imagens foram cortadas dando enfoque nas áreas onde o evento EN teve maior intensidade (oeste da Resex Cajari), em locais próximos às castanheiras com sintomas de seca fisiológica (**Figura 1**). Assim, as imagens, pontos e polígonos foram georreferenciados com projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), Datum WGS84, Zona 22 S.

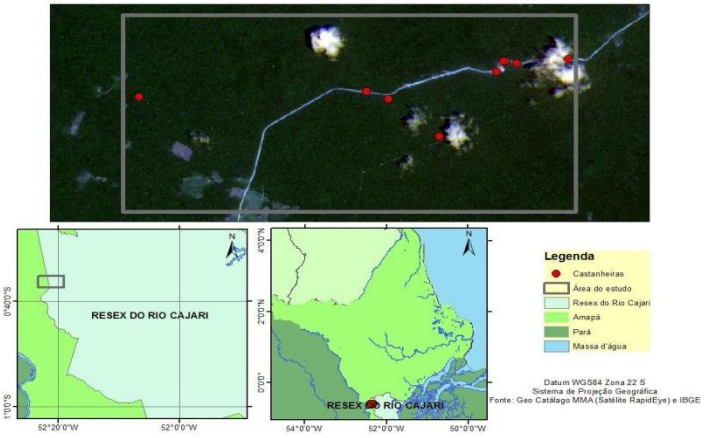

Figura 1. Mapa de localização das castanheiras na Reserva do Cajarí.

Resultados e discussão

A **Figura 2** mostra os resultados de NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) para o ano de 2015, ano em que o evento climático EN foi mais intenso no verão amazônico. É possível observar em destaque duas castanheiras, uma na localidade Centrinho e outra na comunidade Retiro. Para os parâmetros de comparação de NDVI, os valores estão aparentemente normais para a época do ano. Por serem espécies decíduas (que perdem as folhas nos meses sem chuva), as castanheiras sofrem um pequeno estresse hídrico (0.78-0.38, planta moderadamente saudável), porém não muito significativo, pois o período da imagem corresponde ao verão amazônico de 2015.

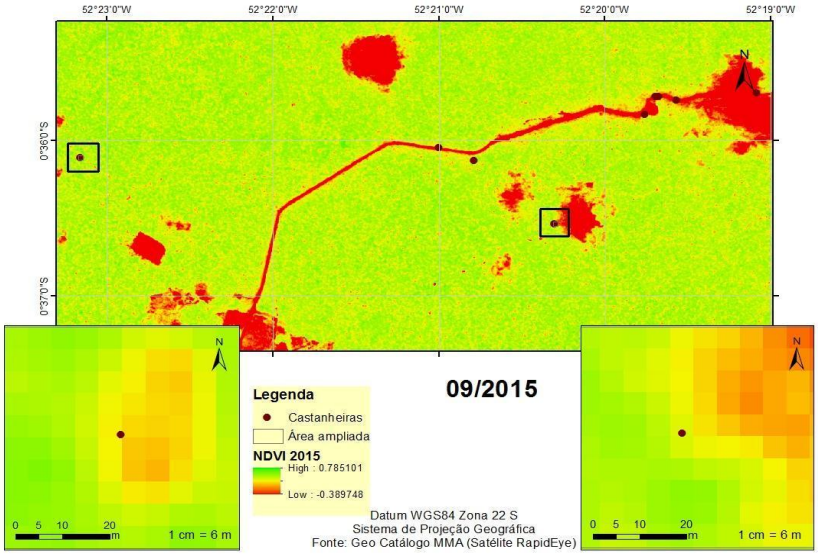

Figura 2. NDVI 2015.

Na **Figura 3**, são apresentados resultados do ano de 2016. Os valores de NDVI (0.74-0.13) caracterizam plantas moderadamente saudáveis, similar às análises de 2015. Porém, com uma diferença no gradiente de cor, em 2016 as castanheiras em destaque estão mais verdes, enquanto que 2015 estão mais amarelas. Usando como comparação os parâmetros de gradiente de cor do NDVI, podemos concluir que o estresse hídrico é mais visível em 2015, mas não com valores significativos, e isso o torna como normal para o período estudado.

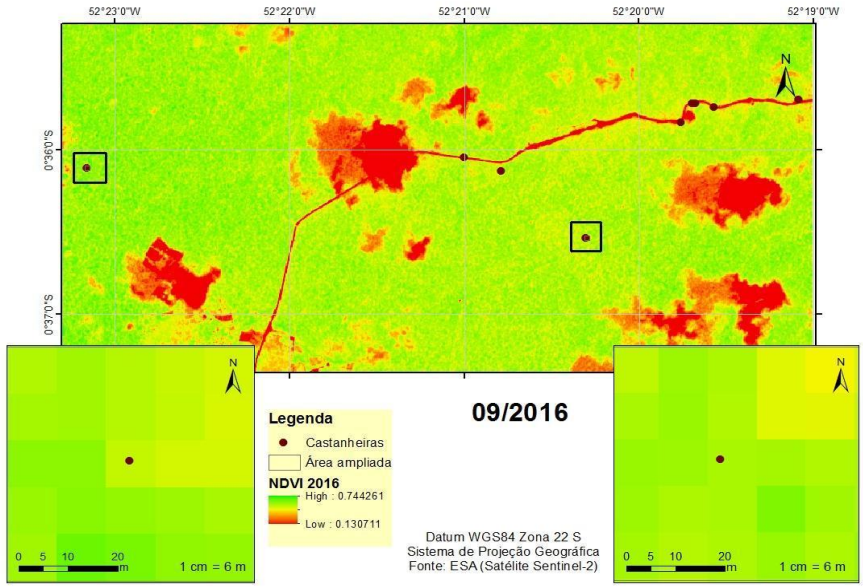

Figura 3. NDVI 2016.

Na **Figura 4**, os resultados mostram o NDVI (0.69-0.12) do ano de 2017. De acordo com os parâmetros, os valores caracterizam plantas moderadamente saudáveis até plantas não saudáveis. Em comparação com os outros anos, o NDVI de 2017 é mais baixo, indicando um estresse hídrico mais alto do que o ocorrido nos anos anteriores. Isso mostra que os efeitos da anomalia climática ocorrida em 2015 apareceram nas castanheiras após dois anos do ocorrido, como também constatado em observações de campo. Isso prejudicou completamente a produção deste ano, que foi o de menor produção durante todo o período monitorado (PASTANA, 2019). É possível observar também que as outras vegetações no entorno não sentiram os efeitos na mesma intensidade que as castanheiras. As árvores maiores e mais velhas, e emergentes como as castanheiras, são mais sensíveis aos aumentos na temperatura e déficit hídrico.

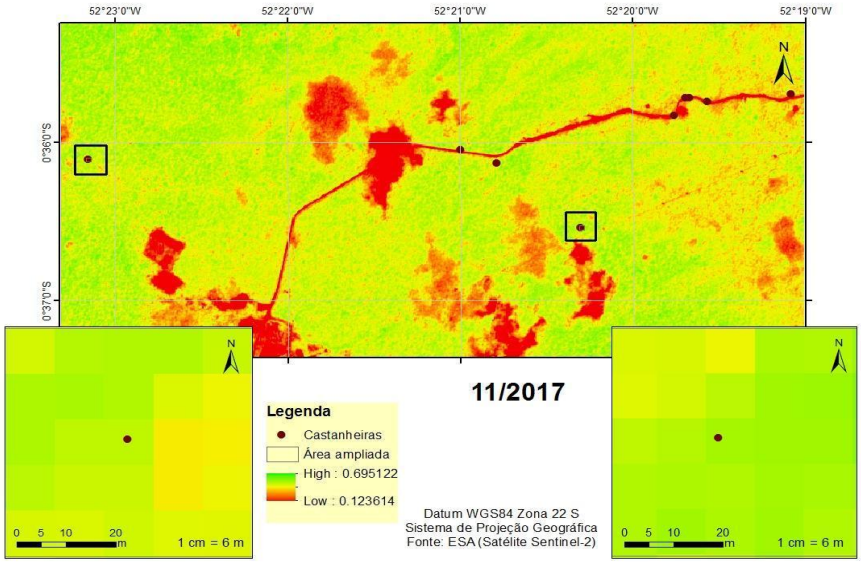

Figura 4. NDVI 2017.

Na **Figura 5**, observa-se que os efeitos da anomalia climática ainda estão sendo visíveis, e ainda mais forte no ano de 2018. Os valores do NDVI (0.55-0.07) caracterizam plantas não saudáveis, indicando o estresse hídrico intenso. Vale ressaltar que a imagem utilizada para as análises de 2018 são de fevereiro, período do inverno amazônico, ou seja, as castanheiras não poderiam estar com estresse hídrico devido à falta de água no solo. Isso indica que os efeitos do EN começaram a interferir nas castanheiras no período seco de 2017 e se prolongaram até o começo do ano seguinte.

O efeito mais intenso da seca das copas e das folhas nas grandes castanheiras foi no início de 2018, caso que foi comprovado com visitas in loco no período. As maiores árvores que ficam emergentes do dossel foram as que mais sofreram com esses efeitos, por serem árvores muito altas, velhas e ocadas.

É importante destacar que os alvos nos mapas que se encontram em vermelho (valores negativos) são corpos d'água. Portanto as manchas encontradas nos mapas são nuvens, pois a região de estudo tem uma frequência elevada delas.

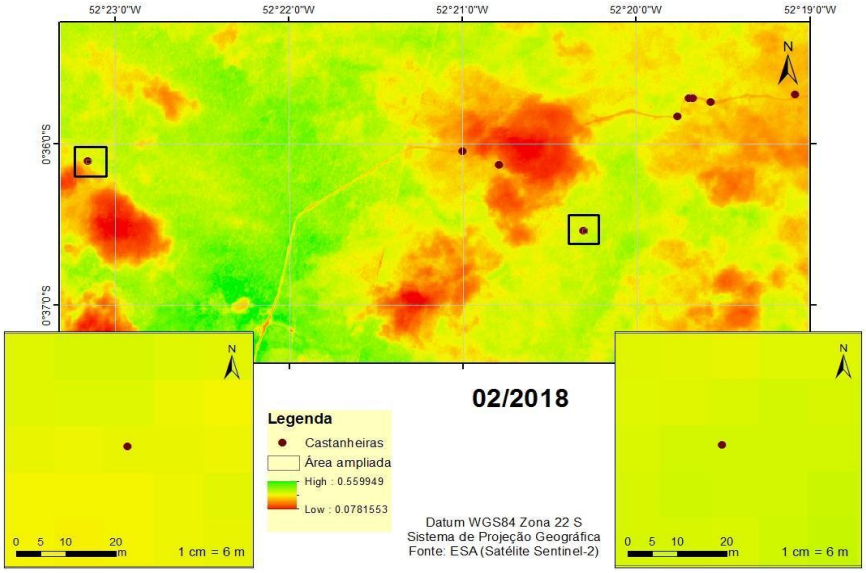

Figura 5. NDVI 2018.

Alves et al. (2018), também encontrou uma correlação significativa entre o fenômeno ENOS de 2015 e a queda da produção de 2017/2018, em um estudo realizado em Tefé-AM. Como o ciclo de formação do fruto da castanheira dura cerca de 15 meses, a produção monitorada no início de 2017 foi formada a partir da floração no segundo semestre de 2015, quando a anomalia climática estava acontecendo. Kafer et al. (2016) também estudou o NDVI para espécies florestais das famílias Fabaceae, Myrtaceae, Rutaceae e Salicaceae, porém utilizando o sensor Landsat 8. Esse sensor também mostrou-se como uma boa ferramenta para detecção de mudanças na vegetação, sendo sensíveis às variações da estrutura vegetal.

Conclusões

Os resultados obtidos nesse trabalho mostraram que o NDVI pode auxiliar na verificação da qualidade da floresta e monitoramento de efeitos de anomalias climáticas na vegetação. Apesar dele ser bastante utilizado na agricultura, mostrou um resultado satisfatório para monitoramento também em área de floresta.

O sensoriamento remoto se torna cada vez mais uma alternativa para monitoramento e gestão florestal. É importante ressaltar que as imagens obtidas dos satélites Sentinel-2 e o RapidEye são de boa resolução espacial e estão disponíveis gratuitamente.

Estudos complementares devem continuar sendo feitos para verificar as relações entre produção e clima, usando também outras ferramentas remotas como o radar. O monitoramento das condições fisiológicas das castanheiras, assim como da própria capacidade produtiva dos castanhais, é importante para auxiliar as comunidades que necessitam dessa produção.

Agradecimentos

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária do Estado do Amapá.À Universidade Federal do Amapá.

Referências

ALVES, T. C. V.; SILVA, K. E.; AGUIAR, A. L. da S.; LIMA, R. M. B. **Análise da influência do El Niño Oscilação-Sul (ENOS) na produção de castanha-da Amazônia (Bertholletia excelsa Bonpl.) em uma comunidade agroextrativista no município de Tefé – AM**. In: BELTRAN-PEDREROS, Sandra; GODINHO, Jones (Org). Anais **3° Congresso Amazônico de Iniciação Científica. Rios da Amazônia, caminhos de saber e de cultura: FACULDADE LA SALLE MANAUS**. Manaus-AM, p. 94/97, 2018.

ARAGÃO, L., MALHI, Y., ROMAN-CUESTA, R. M., SAATCHI, S., ANDERSON, L. O. & SHIMABUKURO, Y. E. **Spatial patterns and fire response of recent Amazonian droughts.**Geophysical Research Letters. v. 34, L07701, doi:10.1029/2006GL028946, 2007.

BEZERRA, U. A.; de OLIVEIRA, L. M. M.; CANDEIAS, A. L. B.; da SILVA, B. B.; LEITE, A. C. L. D. S.; SILVA, L. T. M. D. S. Comparativo do Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI) entre os Sensores OLI-Satélite Landsat-8 e MSI–Satélite Sentinel-2 em Região Semiárida. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 41, n. 3, p. 167-177, 2019.

EUROPEAN SPACE AGENCY (ESA). SUHET. **Sentinel-2 User Handbook**. ESA Standard Document: 24 jul. 2015. p. 64. ver. 2. Disponível em: <https://sentinel.esa.int/documents/247904/685211/Sentinel-2_User_Handbook>. Acesso em: 5 out. 2020.

GUEDES, M.C., TONINI, H. WADT, L.H.O., SILVA, K.E. **Instalação e medição de parcelas permanentes para estudos com produtos florestais não madeireiros**. P. 13-32. In: Wadt, L.H.O, Santos, L.M.H., Bentes, M.P.M., Oliveira, V.B. (eds). Produtos florestais não madeireiros- Guia Metodológico da Rede Kamukaia. 133 p. 2017.

ICMBio, INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE – ICMBio**. Unidades de conservação: RESEX do Rio Cajari**. Brasília-DF: Ministério do Meio Ambiente, 2007. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/biomas-brasileiros/amazonia/unidades-de-conservacao-amazonia/2038-resex-do-rio-cajari. Acesso em: 30 set. 2020.

KÄFER, P. S.; REX, F. E.; SANTOS, M. S.; SEBEM. E. **Caracterização espectral e ndvi de espécies florestais das famílias fabaceae, myrtaceae, rutaceae e salicaceae**. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.13 n.23; p. 2016

MAIA, F. C. O. **Utilização de índices de vegetação para identificação de ambientes de produção de cana-de-açúcar**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2019, 86 p. Dissertação de Mestrado.

PASTANA, D. N. B. **Produção de frutos da castanheira-da-amazônia no Amapá - 12 anos de monitoramento e as relações com anomalias climáticas.** 57 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade do Estado do Amapá, Curso de Engenharia Florestal, 2019.

RODRIGUES, F.L.M.; GUEDES, M. C. **Registro de experiência do projeto carbono cajari: caracterização social das comunidades e castanheiros do sul do Amapá e de seus sistemas produtivos**. In: DIAS, T.; EIDT, J. S.; UDRY, C.. (Org.). Diálogos de saberes: relatos da Embrapa. 1ed.Brasília: Embrapa. v. 2, p. 313-325. 2017. Disponivel em: < https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1077956/registro-de-experiencia-do-projeto-carbono-cajari-caracterizacao-social-das-comunidades-e-castanheiros-do-sul-do-amapa-e-de-seus-sistemas-produtivos>. Acessado em: 5 out. 2020.