

A SERRA DO JAPI: PRESERVAÇÃO E INTERAÇÕES ENTRE GEOMORFOLOGIA, PRECIPITAÇÃO E VEGETAÇÃO ATRAVÉS DO ENHANCED VEGETATION INDEX (EVI)

Felipe Costa Abreu Lopes ¹
Anderson Luiz Godinho Belém ²

INTRODUÇÃO

A Serra do Japi guarda uma história geológica-geomorfológica e ambiental rica e representa um importante remanescente de floresta do que foi um dia a paisagem do interior de São Paulo antes da ocupação pelos europeus. Essa serra é registro vivo das grandes mudanças que ocorreram no planeta nos últimos 200 milhões de anos, portanto, desde o grande Gondwana (AB'SABER, 1992). Atualmente a diversidade única presente na Serra do Japi contrasta com a especulação imobiliária e as atividades industriais e turísticas (em menor porte) realizadas dentro de seu território e no entorno, o que justifica, cada vez mais, atividades de pesquisa nesse ambiente a fim de preservar esse importante remanescente paisagístico.

Sua história para se tornar uma área protegida por Lei remonta os anos 70 do século XX com pesquisadores e ambientalistas ativamente envolvidos, entre esses o professor Aziz Ab'Saber, que com muita persistência conseguiram tornar a maior área contínua de mata nativa do interior paulista tombada pelo Condephaat (Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Artístico, Arquitetônico e Turístico) do estado de São Paulo no ano de 1983 (JOLY, 1992).

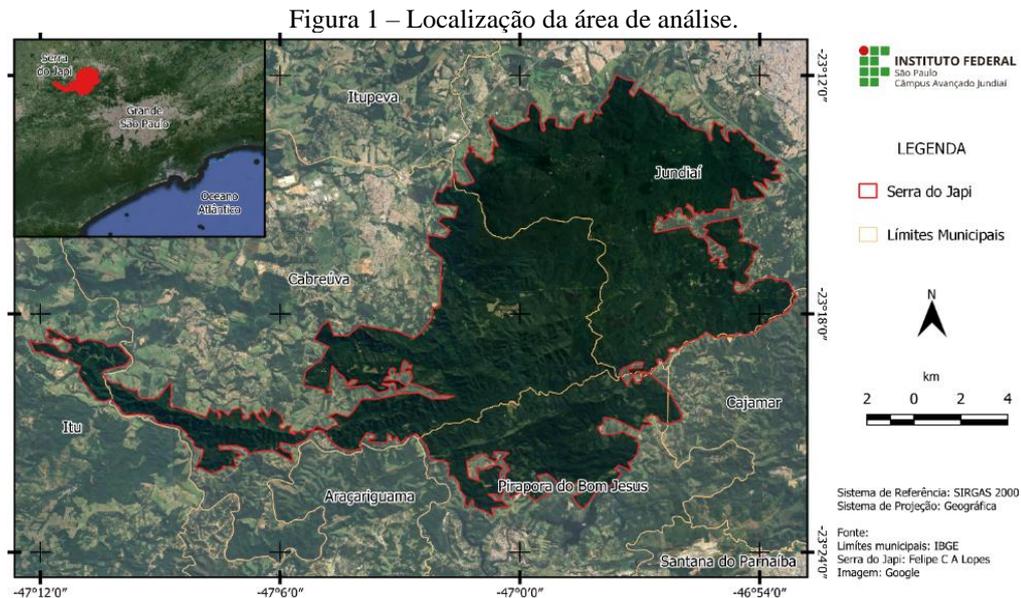
Devido à sua localização no ecótono da Mata Atlântica para a mata semidecídua do interior, a Serra do Japi concentra 86,6% das famílias de espécies arbóreas desta (LEITÃO-FILHO, 1992), além de apresentar lajeados rochosos com relictos de vegetações testemunhas de épocas mais secas do Quaternário (AB'SABER, 1992).

O delineamento da Serra do Japi acompanha o eixo WSW–ENE e constitui uma barreira orográfica significativa para a umidade proveniente do oceano Atlântico influenciando a região de Jundiaí. Prova disso é a presença de vegetação característica de matas do litoral em suas vertentes mais altas, que podem ser consequência da umidade barrada a barlavento, nevoeiros e maior quantidade de precipitação (LEITÃO-FILHO, 1992). Soma-se a isso a quantidade de precipitação e de dias de chuva por ano, que apresentam uma grande diferença em sua face oceânica, com 1907mm de precipitação e 226 dias de chuva por ano, enquanto a face interiorana, apresenta 1367mm anuais distribuídos em 95 dias por ano (PINTO, 1992).

¹ Docente EBTT do IFSP – Câmpus Jundiaí - SP, fcalopes@ifsp.edu.br;

² Docente EBTT do CMC – Curitiba – PR, anderson.belem@cmc.eb.mil.br.

Visando compreender melhor a dinâmica climática e suas consequências geradas na região pela presença da Serra do Japi (Figura 1), esta pesquisa usou o Enhanced Vegetation Index (EVI) para caracterizar a vegetação da serra e assim adicionar mais um elemento que comprove e atualize a sua importância ambiental para o estado de São Paulo.



Fonte: os autores, 2024.

O EVI foi postulado buscando avançar na detecção e caracterização da vegetação proposta no Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). Deste modo EVI utiliza a razão entre a reflectância no vermelho e no verde, e a reflectância no azul, para indicar a quantidade e o vigor da vegetação presente em uma determinada área (HUETE *et al.* 2002).

Dentre as principais diferenças entre os dois índices é possível destacar a redução da influência do solo exposto ou com vegetação herbácea ou, ainda, a menor saturação em áreas com alta biomassa tornando melhor a detecção de diferentes estágios de desenvolvimento ou de diferentes coberturas vegetais em florestas. Esses processos melhoram a sensibilidade do índice frente a pequenas mudanças como em ciclos sazonais (BOURSCHEIDT *et al.*, 2023).

Considerando a diversidade de formações vegetais e biomas encontrados no Brasil, o EVI tem sido aplicado em diferentes contextos. Zhong *et al.* (2021) apontam os impactos das mudanças na precipitação e temperatura ao longo do tempo na aplicação do EVI e como o comportamento do índice evidencia mudanças na vegetação amazônica. Considerando florestas semidecíduais aluviais e savana florestada (cerradão) no bioma do Pantanal, Luz *et al.* (2021) demonstram a necessidade de atenção à conservação frente às mudanças na cobertura e uso da terra. Enquanto Haddad *et al.* (2022), demonstram como o EVI em conjunto com outros índices e métricas fenológicas auxiliam o mapeamento das feições de cerrado ao longo do ciclo anual.

Por ser calculado com base na banda do infravermelho próximo, o EVI é afetado diretamente por variações sazonais e suas implicações na altura do sol, bem como pela disposição do relevo em relação ao sol. Todavia, é possível destacar a eficiência do Índice de Vegetação Melhorada (EVI) quando aplicado em áreas com relevo acidentado (MATSUSHITA *et al.* 2007; TELES, 2015; OLIVEIRA; GALVÃO; PONZONI, 2019).

METODOLOGIA

A pesquisa passou por quatro fases durante seu desenvolvimento: verificação de dados relativos à meteorologia, aquisição e tratamento de dados topográficos, cálculo do EVI e posterior análise das fases anteriores para o estabelecimento da relação entre elas e demonstração da influência da Serra do Japi como influenciadora da flora local.

Os dados meteorológicos são representados pelas direções predominantes do vento na região. Esses dados foram obtidos a partir do Monitoramento da qualidade do ar de Jundiá (2002) e do Atlas Eólico de São Paulo (2012). De acordo com essas fontes, os ventos predominantes na região são SE e SSE, o que denota sua origem oceânica e, portanto, portadores de umidade que contribui para a diferença na quantidade de precipitação e de dias de chuva entre barlavento e sotavento da Serra do Japi

Os dados topográficos foram obtidos através do *plugin opentopography* do *software* QGIS 3.28.11 e consistem de um Modelo Digital de Elevação SRTM com 30 metros de resolução espacial e de seu processamento para a obtenção da orientação das vertentes. As orientações obtidas foram agrupadas obedecendo o sentido horário: Grupo NE-SO e Grupo SO-NE. Esses grupos foram formados de acordo com o alinhamento da Serra do Japi em relação ao oceano Atlântico, sendo o primeiro voltado para o oceano (barlavento) e o segundo para o interior (sotavento). Dessa modo possibilitando a relação entre a posição da serra, a distribuição da precipitação e seu reflexo sobre a flora (por meio do EVI).

O cálculo do EVI foi obtido por meio da equação abaixo (equação 1):

$$\text{EVI} = 2.5 * ((\text{Banda } 5 - \text{Banda } 4) / (\text{Banda } 5 + 6 * \text{Banda } 4 - 7.5 * \text{Banda } 2 + 1)) \quad \text{Equação 1}$$

Onde: Banda 2 é o espectro azul, Banda 4 é o espectro vermelho e Banda 5 é o infravermelho próximo (USGS).

As bandas indicadas na equação 1 foram obtidas de imagens LANDSAT 9 da data de 02/05/2024, selecionadas a partir da baixa presença de nebulosidade, horário de tomada da imagem e da data de sua aquisição. O intervalo de dados do índice foi dividido de acordo com

as características da vegetação e identificação de algumas espécies observadas em trabalhos de campo.

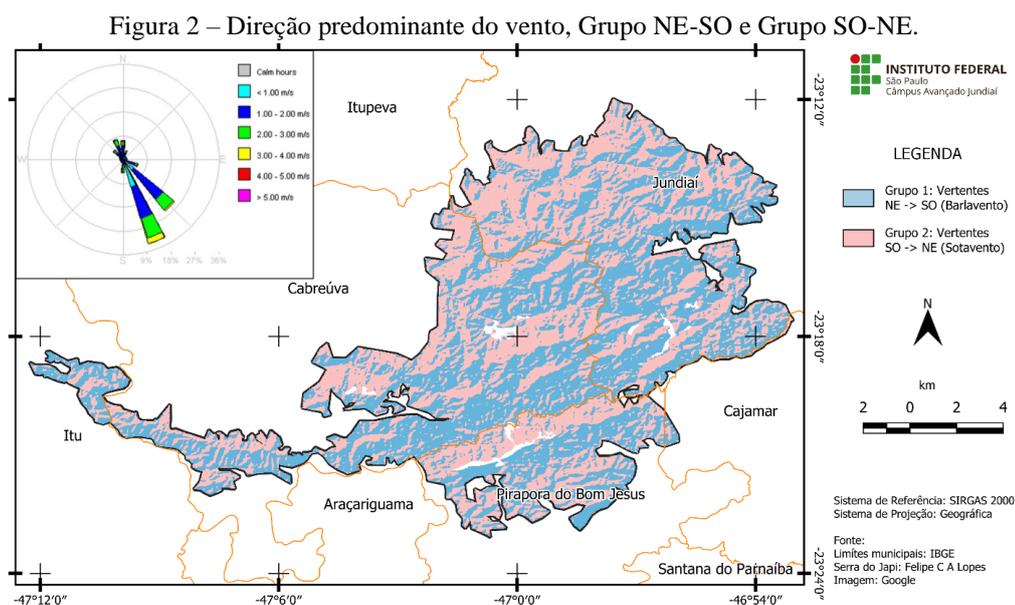
A relação entre as informações apresentadas acima foi feita com o uso das classes do EVI atreladas aos Grupo NE-SO e Grupo SO-NE para mostrar a influência orográfica da Serra do Japi evidenciando sua relevância ambiental para a região.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os dados levantados, foi possível verificar a direção predominante dos ventos para a região da Serra do Japi. O levantamento oficial encontrado mais próximo da área foi do Aeroporto de Jundiaí, porém sem uma série histórica. Dados do Atlas Eólico de São Paulo (2011) e do Monitoramento da qualidade do ar de Jundiaí (2002) confirmam essas direções com poucas variações tanto para áreas próximas da Serra (São Roque) como no bairro Vianelo próximo ao centro da cidade de Jundiaí.

A identificação da direção predominante do vento, somadas ao subproduto topográfico representado pelas orientações das vertentes, foi importante para a definição dos dois grupos (Grupo NE-SO e Grupo SO-NE), que apontam os flancos a barlavento e a sotavento (Figura 2).

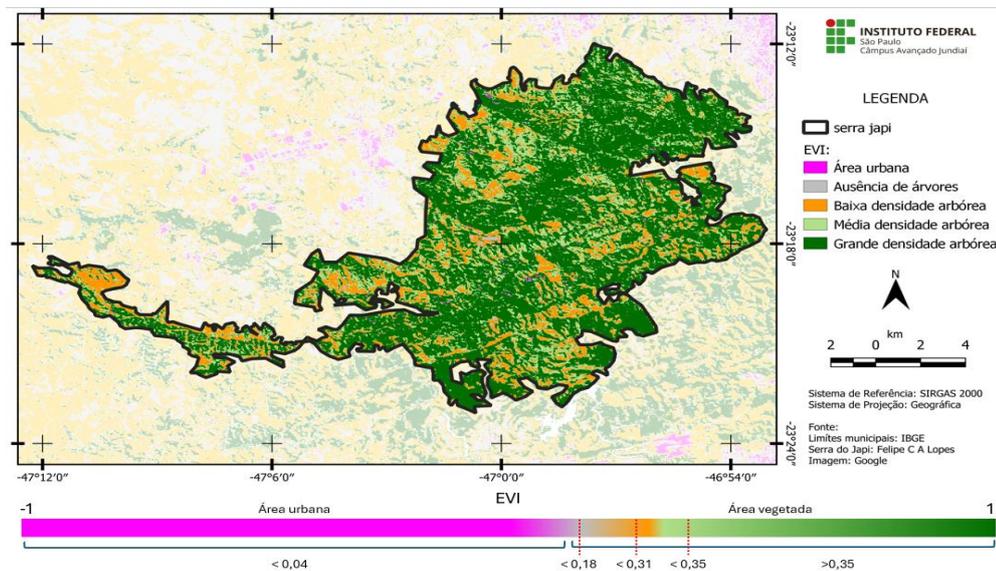
Esses grupos foram a base para a análise da variação dos valores de EVI e vão ao encontro dos dados climatológicos da área levantados nos anos 90 do século passado, que identificaram as regiões sudeste da serra com maior quantidade de precipitação anual acumulada e dias de chuva em detrimento das áreas localizadas a noroeste (PINTO, 1992).



Fonte: os autores, 2024.

A distribuição espacial do EVI na Serra do Japi destaca a influência do relevo no padrão de distribuição dos valores conforme apresentado na Figura 3.

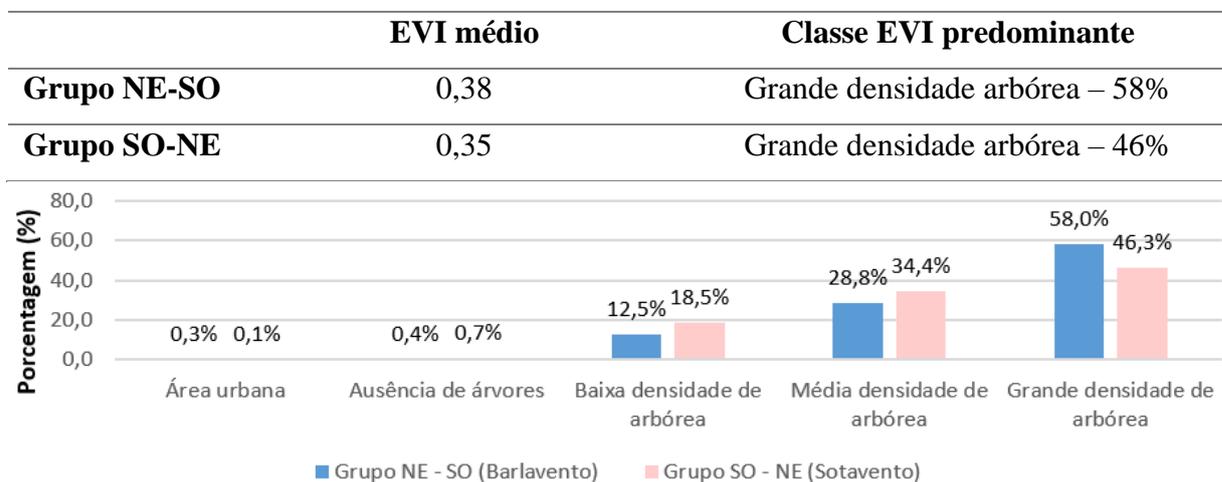
Figura 3 – Distribuição espacial do EVI e classificação de acordo com a cobertura vegetal



Fonte: os autores, 2024.

Os valores do EVI para a Serra do Japi refletem a diversidade florística da área, típica de zonas de ecótono (Figura 4). Esses valores variam quando comparados entre os dois grupos definidos pela direção predominante do vento e corroboram à tese da influência climática.

Figura 4 – Valores médios e proporcionais de EVI para a cada classe de análise.



Fonte: os autores, 2024.

Constatou-se que o Grupo NE-SO alcançou média superior e, apesar da diferença absoluta entre os valores médios ser pequena, proporcionalmente a variação entre os grupos (Grupo NE-SO e Grupo SO-NE) chega a 5% dentro do intervalo representativo da área vegetada (classes dois, três, quatro e cinco – Figura 4).

Conforme a análise do EVI, um valor superior é sinal de vegetação mais desenvolvida e densa, o que destaca o Grupo NE-SO (barlavento). Esse grupo possui maior representatividade na classe de Grande densidade arbórea, com 58,8% ante 46,3% do grupo de vertentes a sotavento, porém apresenta valores menores nas outras classes de áreas vegetadas. Essa distribuição mostra a influência direta do fator orográfico na quantidade e concentração superiores de precipitação anual nessas vertentes da serra.

Considerando o Grupo SO-NE (Sotavento) constatou-se menor valor médio de EVI, evidenciando estágios de desenvolvimento menor da vegetação. Essa constatação pode ser verificada na superioridade dos valores relativos às classes Baixa densidade arbórea e Média densidade arbórea, o que reflete a distribuição da precipitação para a região e corrobora a pesquisa de Pinto (1992), com dados muito inferiores para as vertentes posicionadas a sotavento da Serra do Japi.

A divisão dos intervalos dos valores do EVI em cinco classes (área urbana, ausência de árvores, baixa, média e grande densidades arbóreas) feita de acordo com observações em campo corrobora com a relação entre a precipitação orográfica e a vegetação. As classes de legenda um e dois, representando área urbana e ausência de árvores (vegetação rasteira) respectivamente, têm presença insignificante na serra (Figura 4), enquanto os outros três aparecem em maior quantidade, especialmente o que representa grande densidade arbórea.

Feições vegetacionais específicas foram notadas nas três últimas classes. A classe três apresentou vegetação mais esparsa e presença de espécies do bioma Cerrado, a exemplo da Angico do Cerrado (*Anadenanthera peregrina* var. *falcata* (Benth.) Altschul). Verificou-se em campo que as espécies de Cerrado ocorrem em locais com a existência de lajeados e solos menos desenvolvidos, o que somado ao bloqueio orográfico torna a presença dessa classe superior nas vertentes mais secas da Serra do Japi.

A classe quatro foi representada pelas formações arbóreas menos desenvolvidas verificadas em campo em áreas de maior altitude e topo com presença de espécies heliófilas, a Exemplos das plantas dos gêneros *Clusia* (*Clusiaceae*) e *Richeria* (*Phyllanthaceae*). Assim como a classe três, sua representatividade foi maior nas vertentes do Grupo SO-NE (sotavento) destacando mais uma vez a influência orográfica sobre a maior área ocupada por esse tipo de vegetação nos locais de menor precipitação.

A grande densidade arbórea representada pela classe 5 é a mais presente nos dois grupos de análise, porém com destaque para o Grupo SO-NE (barlavento) resultante da maior umidade a qual essas vertentes da serra estão expostas. Espécies de plantas relacionadas à umidade mais elevada aparecem em maior quantidade como o *Eryngium horridum* Malme - Gravatá

As análises dos dados de EVI e sua espacialização na área de interesse mostraram a influência orográfica do relevo sobre a vegetação. Essa constatação corrobora e adiciona informações às pesquisas de Zhong *et al.* (2021) e Haddad *et al.* (2022), que mostraram a eficiência do índice para diferenciar mudanças na vegetação de acordo com a variação sazonal da precipitação, enquanto esta pesquisa expôs que para além disso, o EVI tem potencialidade para expressar a variação de vegetação por influência orográfica.

A variabilidade significativa da quantidade de precipitação e dias de chuva anuais expostas por Pinto (1992) é fator determinante para a grande variação florística na Serra do Japi evidenciada pela concentração de famílias arbóreas da mata semidecídua destacada por Leitão-Filho (1992), o que resultou na variação do EVI. Isso traz à tona outra possível potencialidade do índice como dado indireto para variações nos padrões espaciais e temporais de precipitação.

Dessa maneira foi possível mostrar que o Enhanced Vegetation Index (EVI) obteve resultados positivos demonstrando a dinâmica climática e suas consequências para a região, assim como relacioná-lo à orografia proveniente da presença da serra e demonstrar a grande variabilidade de flora da área indo ao encontro das lutas pela preservação da serra realizadas por Ab'Saber (entre outros) para mostrar a importância da preservação da Serra do Japi como local de grande relevância ecológica para o estado de São Paulo, como exposto por Joly (1992).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da coleta, tratamento e relação entre os dados, os resultados da pesquisa trouxeram elucidaciones para as questões levantadas. Foi possível perceber a clara influência orográfica da Serra do Japi na região de Jundiaí e municípios próximos. O resultado do EVI deixou ainda mais clara essa influência e traz mais uma ferramenta para a verificação da dinâmica climática para regiões no entorno de serras.

Fica patente a necessidade da realização de trabalhos de campo na região para a identificação de espécies de flora e fauna em ambos os flancos da Serra do Japi a fim de corroborar com as análises feitas nessa pesquisa.

AGRADECIMENTOS

À Fundação Serra do Japi pelo apoio às pesquisas realizadas na região.

REFERÊNCIAS

AB'SABER A. N. A Serra do Japi, sua origem geomorfológica e a teoria dos refúgios. In: MORELLATO, L. P. C. **História Natural da Serra do Japi**. Campinas: UNICAMP, 1992. Cap 1, p.12 – 23.

Atlas Eólico do Estado de São Paulo. – São Paulo : Governo do Estado de São Paulo. Secretaria de Energia, 2012.

BOURSCHEIDT, V.; BREUNIG, F. M.; EARTHAL, D. A.; FERLA, A.; OSLO, J. D.; BALBINOT, R. Cálculo das variações de índices de vegetação com cenas PlanetScope adquiridas no mesmo dia e efeito sobre a análise de séries temporais. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, XX, 2023, Florianópolis. Anais [...]*, Florianópolis: INPE, 2023.

CETESB. Monitoramento da Qualidade do Ar em Jundiaí – SP maio/2001 a março/2002. São Paulo, 2002.

HADDAD, I.; GALVÃO, L. S.; BREUNIG, F. M.; DALAGNOL, R.; BOURSCHEIDT, V.; JACON, A. D. On the combined use of phenological metrics derived from different PlanetScope vegetation indices for classifying savannas in Brazil, *Remote Sensing Applications: Society and Environment*. V.26, 2022.

HUETE, A.; DIDAN, K.; MIURA, T.; RODRIGUEZ, E.P.; GAO, X.; FERREIRA, L. G. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. **Remote Sensing of Environment**. v.83, 2002.

JOLY, C. A. A preservação da Serra do Japi. *In: MORELLATO, L. P. C. História Natural da Serra do Japi*. Campinas: UNICAMP, 1992. Cap 4, p.40 – 63.

LEITÃO-FILHO, H. F. A flora arbórea da Serra do Japi. *In: MORELLATO, L. P. C. História Natural da Serra do Japi*. Campinas: UNICAMP, 1992. Cap 4, p.40 – 63.

LUZ, C. C. DA S.; RAMOS, A. W. P.; BARROS, C. A. DE; NEVES, S. M. A. DA S.; SILVA, J. DOS S. V.; GALVANIN, E. A. DOS S. NDVI e EVI Aplicados à Análise da Dinâmica Temporal da Cobertura Vegetal e Usos da Terra da Bacia do Córrego Padre Inácio – Mato Grosso, Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências da UFRJ**. V. 44, 2021.

MATSUSHITA, B.; YANG, W.; CHEN, J.; ONDA, Y.; QIU, G. Sensitivity of the Enhanced Vegetation Index (EVI) and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to topographic effects: a case study in high-density Cypress Forest. **Sensors**. v. 7, 2007.

OLIVEIRA, L. M. DE.; GALVÃO, L. S.; PONZONI, F. J. Topographic effects on the determination of hyperspectral vegetation indices: a case study in southeastern Brazil. **Geocarto International**. v. 36, 2019.

PINTO, H. S. Clima na Serra do Japi. *In: MORELLATO, L. P. C. História Natural da Serra do Japi*. Campinas: UNICAMP, 1992. Cap 3, p.30 – 39.

TELES, T. S. **Relações de métricas fenológicas EVI/modis do timesat com sombreamento e padrões atípicos de temperatura em floresta estacional decidual**. 2015.144 f. Dissertação (Mestrado Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2015.

ZHONG, R. WANG, P.; MAO, G.; CHEN, A.; LIU, J. Spatiotemporal variation of enhanced vegetation index in the Amazon Basin and its response to climate change. **Physics and Chemistry of the Earth**. v. 123, 2021.

United States Geological Survey (USGS). **Landsat Enhanced Vegetation Index**. Disponível em: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-enhanced-vegetation-index>. Acesso em: 10 de junho de 2024.