Análise de mudanças na cobertura vegetal do Pará utilizando o Google Earth Engine[1]

Analysis of changes in the vegetation cover of Pará using the Google Earth Engine

Análisis de cambios en la cobertura vegetal de Pará mediante Google Earth Engine

Eixo temático: Engenharia Civil, Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Saneamento

AZEVEDO, Laízy de Santana, UFPE, laizy_azevedo@hotmail.com;
NASCIMENTO, Evely Ferreira, UFPE, evelyfnascimento@hotmail.com;
BARBOSA, Leonardo Carlos, Unifesspa, leonardocarlos21@gmail.com;
FERREIRA, Willian dos Santos, Unifesspa, willian969santos@gmail.com;
SILVA, José Rubens Scatimburgo, Unifesspa, jrubino159@gmail.com;
BORGES, Karoline, Unifesspa, karoline.borges@unifesspa.edu.br.

Resumo: Nos últimos anos o processo de desmatamento na Floresta Amazônica vem se intensificando. Entre as principais causas, destacam-se o estímulo a políticas de ocupação territorial, exploração madeireira e aumento das áreas destinadas a pecuária e cultivos agrícolas. No Brasil, a Floresta envolve nove Estados que fazem parte da Bacia amazônica cada um deles possuindo porções da Floresta Amazônica. Dentre esses Estados, o Pará é o que mais contribuiu para o aumento do desflorestamento. Neste sentido, este trabalho tem como objetivo analisar a dinâmica da cobertura vegetal do Pará entre os anos de 1989 e 2019 por meio do processamento de imagens de satélite na plataforma Google Earth Engine (GEE). Para a execução deste trabalho foi calculado, através de programação em linguagem JavaScript no GEE, o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). Foram utilizadas imagens do satélite Landsat-5/TM e Landsat-8/OLI-TIRS. Os resultados mostraram uma redução significativa na cobertura vegetal entre 1989 e 2019 principalmente na região leste do Estado. Destaca-se a importância do GEE e do NDVI no monitoramento e controle ambiental pois através dos resultados obtidos foi possível constatar mudanças na cobertura vegetal que a Floresta vem sofrendo ao longo dos anos.

Palavras-chaves: Sensoriamento remoto. NDVI. Vegetação. Google Earth Engine.

Abstract *In recent years, the process of deforestation in the Amazon Forest has intensified. Among the main causes, we highlight the encouragement of policies of territorial occupation, timber exploitation and increase of areas destined for livestock and agricultural crops. In Brazil, the Forest involves nine states that are part of the Amazon Basin, each of them having portions of the Amazon Forest. Among these states, Pará is the one that most contributed to the increase in deforestation. In this sense, this work aims to analyze the dynamics of the vegetation cover of Pará between the years 1989 and 2019 through the processing of satellite images on the Google Earth Engine (GEE) platform. For the execution of this work, the Normalized*

[1]AZEVEDO, Laízy de Santana *et al.* Instruções para a preparação do artigo completo ou resumo expandido para o II CONARA 2020. In: CONGRESSO ARAGUAIENSE DE CIÊNCIAS EXATA, TECNOLÓGICA E SOCIAL APLICADA, p. 1-12, 2020, Santana do Araguaia. **Anais**... Santana do Araguaia: II CONARA, 2020.

Difference Vegetation Index (NDVI) was calculated using JavaScript language programming in GEE. Images from the Landsat-5 / TM and Landsat-8 / OLI-TIRS satellites were used. The results showed a significant reduction in vegetation cover between 1989 and 2019 mainly in the eastern region of the state. The importance of GHG and NDVI in environmental monitoring and control is highlighted because through the results obtained it was possible to verify changes in the vegetation cover that the Forest has been suffering over the years.

***Keywords**: Remote sensing. NDVI. Vegetation. Google Earth Engine.*

***Resumen:** En los últimos años se ha intensificado el proceso de deforestación en la Selva Amazónica. Entre las principales causas, destacamos el impulso de políticas de ocupación territorial, aprovechamiento maderero y aumento de áreas destinadas a ganadería y cultivos agrícolas. En Brasil, la Selva involucra a nueve estados que son parte de la Cuenca Amazónica, cada uno de los cuales tiene porciones de la Selva Amazónica. Entre estos estados, Pará es el que más contribuyó al aumento de la deforestación. En este sentido, este trabajo tiene como objetivo analizar la dinámica de la cubierta vegetal de Pará entre los años 1989 y 2019 a través del procesamiento de imágenes satelitales en la plataforma Google Earth Engine (GEE). Para la ejecución de este trabajo se calculó el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) utilizando programación en lenguaje JavaScript en GEE. Se utilizaron imágenes de los satélites Landsat-5 / TM y Landsat-8 / OLI-TIRS. Los resultados mostraron una reducción significativa en la cobertura vegetal entre 1989 y 2019 principalmente en la región oriental del estado. Se destaca la importancia de GEI y NDVI en el monitoreo y control ambiental porque a través de los resultados obtenidos fue posible verificar los cambios en la cobertura vegetal que viene sufriendo el Bosque a lo largo de los años.*

***Palabras clave:** Detección remota. NDVI. Vegetación. Motor de Google Earth.*

1 Introdução

De acordo com Domingues e Bermann (2012), as florestas tropicais globais vêm sofrendo grandes alterações em suas paisagens por causa da exploração dos recursos naturais e conversão da floresta em outros usos. Oliveira *et al.,* (2011) afirmam que a contínua incorporação de áreas florestais ao processo produtivo muitas vezes ocorre de maneira indevida porque não são planejadas previamente e nem levam em consideração o uso sustentável adequado do espaço.

Mudanças ambientais na cobertura vegetal da Floresta Amazônica afetam negativamente não só a população e ecossistema da região, mas também, o de outros locais. Estas mudanças incluem: a perda da capacidade produtiva dos ecossistemas, redução de ciclagem d'água devido à perda de evapotranspiração e consequentemente de precipitação, tanto na Amazônia como nas partes não-amazônicas do Brasil que atualmente sofrem de precipitação insuficiente, e exploração madeireira, levando a severos danos à floresta e aumento do perigo da ocorrência de incêndios florestais (FEARNSIDE, 2003).

A Amazônia Legal é uma delimitação que envolve nove Estados que fazem parte da Bacia amazônica e possuem porções da Floresta Amazônica. Ela cobre uma área de aproximadamente 5 milhões de km², o que corresponde a quase 60% do território brasileiro, dos quais 4,2 milhões km² eram florestados. Até o ano de 2014 cerca de 25% das áreas florestais haviam sido convertidas em outros usos (GAVLAK,2011; INPE, 2016).

Segundo o Censo do IBGE (2010), esta região abriga cerca de 24 milhões de pessoas, distribuídas em 775 municípios, nos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins, Maranhão e Goiás. Além de conter 20% do bioma cerrado, a

região abriga todo o bioma Amazônia, o mais extenso dos biomas brasileiros, que corresponde a 1/3 das florestas tropicais úmidas do planeta, detém a mais elevada biodiversidade, o maior banco genético e 1/5 da disponibilidade mundial de água potável. Além disso, é responsável por 15% de toda fotossíntese terrestre global e é um ambiente complexo com formações de diversas áreas de transição entre ecossistemas vizinhos (DINIZ *et al.*, 2015).

Quando se trata da Amazônia Legal, o tema cobertura vegetal aparece como a principal preocupação. Nesta região predomina um relevo suavemente ondulado, em grande parte com densa cobertura vegetal, cuja manutenção é fundamental para o equilíbrio da atuação dos processos erosivos. A manutenção da vegetação também tem papel importante nas áreas sujeitas a inundações, que correspondem a 12,4% do território da Amazônia Legal, como as planícies fluviais, marinhas e lacustres- que margeiam lagos (GAVLAK,2011).

Dados do INPE (2016) apontam que o Estado do Pará tem uma contribuição significativa para o desflorestamento da floresta amazônica. Isso ocorre, principalmente, devido a junção de três grandes fatores, sendo eles: criação e pavimentação de rodovias, com objetivo principal de aumentar o escoamento de produtos (NEPSTAD *et al*., 2001); Fonte de exploração de matéria-prima com alto valor agregado, como exemplo a madeira e o minério (NEPSTAD *et al.*, 2000) e políticas de incentivo a ocupação territorial (SILVA *et al.*, 2013).

Dessa maneira, a análise da dinâmica da cobertura vegetal dessa região é uma medida essencial para melhorar a eficiência da gestão territorial. Nesse contexto, geotecnologias, especificamente o Sensoriamento Remoto (SR) aliado com Sistema de Informações Geográficas (SIG) tem se destacado como ferramenta fundamental no auxílio à pesquisa em suas diversas áreas (FITZ, 2008; LO e YEUNG, 2008, COELHO, 2010;). Destaca-se o SR que ao longo dos anos vem ganhando grande aceitação no meio acadêmico em função do acesso a hardwares, softwares e produtos gratuitos como as imagens de satélites, entre outros, complementando as análises e aplicações (COELHO & CORREA, 2013).

O uso de geotecnologias para monitorar o território possibilita detectar e avaliar as mudanças no espaço territorial da Amazônia, sendo uma importante ferramenta no combate ao desmatamento e desenvolvimento de políticas ambientais sustentáveis. Uma ferramenta que vem otimizando tempo e custo e auxiliando no desenvolvimento de pesquisas é o Google Earth Engine (GEE) que é uma plataforma online do Google que detém informações globais que auxiliam na detecção de mudanças na superfície terrestre, oceanos e atmosfera (VALE, 2019).

Neste contexto, este trabalho tem como objetivo analisar a dinâmica da cobertura vegetal do Estado do Pará durante os últimos 30 anos, por meio de processamento de imagens dos satélites Landsat 5 e Landsat 8 na plataforma GEE. As alterações na cobertura vegetal foram identificadas através da utilização do índice físico NDVI que destaca características da vegetação possibilitando identificar mudanças no seu desenvolvimento.

2 Referencial teórico

2.1 Detecção remota e detecção de mudanças

De acordo com Novo (2010), o SR remete a utilização de sensores para a aquisição de informações sobre objetos ou fenômenos da superfície, sem que haja contato direto entre eles. A obtenção de dados da superfície terrestre por meio do SR facilita o acompanhamento e avaliação da evolução da paisagem, permitindo consequentemente, o seu monitoramento no longo prazo. Segundo Ferreira Júnior e Dantas (2018), com a evolução da tecnologia, o uso de satélites tornou-se essencial para estudos sobre a configuração da superfície terrestre. Esses

estudos possibilitam identificar e monitorar mudanças, permitindo dessa forma, uma melhor manipulação e gestão dos recursos naturais como o solo, vegetação e corpos hídricos.

2.2 NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada)

O NDVI é um bom indicador de alterações na vegetação, pois apresenta grande sensibilidade tanto para a vegetação esparsa quanto para a vegetação mais densa. Este índice foi proposto por Rouse et al. (1973) e combina informações espectrais da banda do vermelho e do infravermelho próximo. O índice é obtido pela expressão abaixo onde NIR representa o infravermelho próximo e Red o vermelho. O NDVI apresenta resultados com variação de -1 a 1.

$$NDVI = \left(\frac{NIR-Red}{NIR+Red}\right) \quad (1)$$

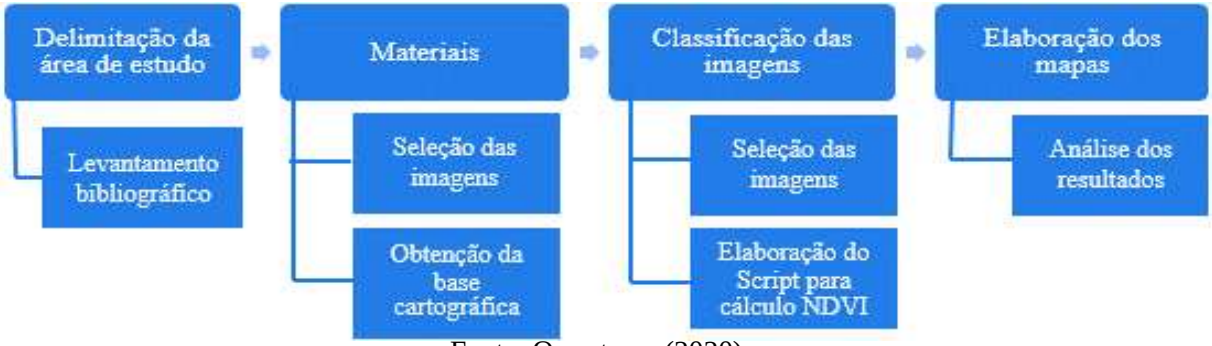
2.3 Google Earth Engine (GEE)

O GEE é uma PaaS (Platform as a Service), baseada em nuvem, que possui um ambiente de programação e um conjunto de dados para implementação de aplicações geoespaciais, principalmente para dados em formato raster. O acesso a plataforma é realizado por meio do browser: https://earthengine.google.com/ (Ganem, 2017). De acordo com Gorelick (2017), essa plataforma engloba dados geoespaciais com cobertura global, a alta capacidade de armazenamento e processamento em nuvem, possibilitando a implementação de algoritmos de análise e processamento de dados geoespaciais nas linguagens Java Script e Python.

3 Metodologia

As etapas metodológicas envolvidas na elaboração deste trabalho estão descritas na Figura 1.

Figura 1 – Fluxograma da metodologia



Fonte: Os autores (2020)

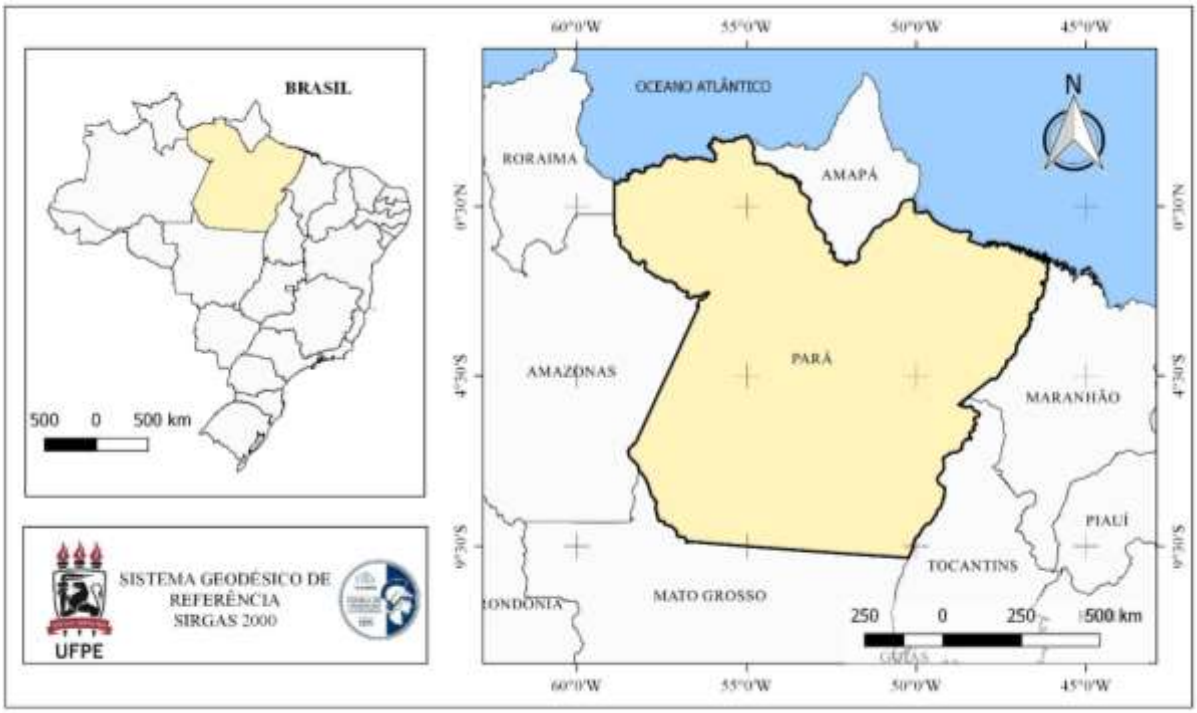
3.1 Área de estudo

A área de estudo compreende ao Estado do Pará que fica localizado na região norte do Brasil (Figura 2). Segundo o IBGE (2019), o Estado do Pará tem uma população estimada de 8.602.865 milhões de habitantes distribuídos em uma área de 1.247.955,238 km². É o segundo maior Estado do Brasil em extensão territorial sendo constituído por 144 municípios que são agrupados em 6 mesorregiões e 22 microrregiões.

No Estado do Pará, a principal atividade econômica é a indústria de mineração, seguida das indústrias madeireira, alimentícia, a agricultura, a pesca e a pecuária. A fim de integrar a Amazônia e o Pará, ao desenvolvimento do Brasil, ao longo dos anos foram construídas

rodovias para conectar esta região as demais regiões do Brasil. Em 2004 segundo o PROBIO, a cobertura vegetal do Estado era constituída por formações florestais e não florestais, onde a primeira correspondia a 73% e a segunda, a 27% da área total do Estado.

Figura 2 – Mapa de localização da área de estudo



Fonte: Os autores (2020)

3.2 Materiais e métodos

Para analisar as mudanças na cobertura vegetal do Estado do Pará foram utilizadas imagens do satélite Landsat-5/TM dos anos de 1989, 1999 e 2009, e imagens do satélite Landsat-8/OLI-TIRS do ano de 2019 todas disponíveis em coleções do GEE. A base cartográfica utilizada para delimitação da área de estudo é disponibilizada em formato shapefile pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). O processamento dos dados foi executado na área de edição de códigos do GEE a partir de scripts desenvolvidos em linguagem JavaScript. A produção dos mapas foi feita utilizando o software QuantumGis versão 2.18.16.

Na área de edição de códigos do GEE foi implementado uma programação para cálculo do índice espectral de vegetação resultante de operações matemáticas entre valores numéricos dos pixels de bandas de imagens obtidas por SR. O script foi desenvolvido na linguagem Java em que inicialmente foi realizado o cálculo do NDVI aplicado as imagens do Landsat 5 e 8. As imagens foram filtradas de acordo com o ano de estudo e em seguida foram calculadas as médias do NDVI de cada ano. Após isso, delimitou-se a área de estudo importando a base cartográfica em formato shapefile do Estado do Pará e em seguida foram atribuídas cores as imagens resultantes que foram exportadas para o google drive possibilitando a geração de mapas temáticos no QuantumGIS.

A partir dos scripts desenvolvidos na plataforma do GEE foi possível obter imagens de satélite que cobrem todo o Estado do Pará para um período de estudo de 30 anos com intervalo de estudo a cada 10 anos, ou seja, os anos estudados foram 1989, 1999, 2009 e 2019.

4 Resultados

Após a obtenção das imagens NDVI, foram atribuídas cores as diferentes classes que correspondem ao intervalo de NDVI variando de -1 a 1. A estatística dos resultados obtidos é detalhada na Tabela 1, em que é possível perceber que existe coerência entre os valores mínimos, máximos, média e desvio padrão para os diferentes anos de estudo.

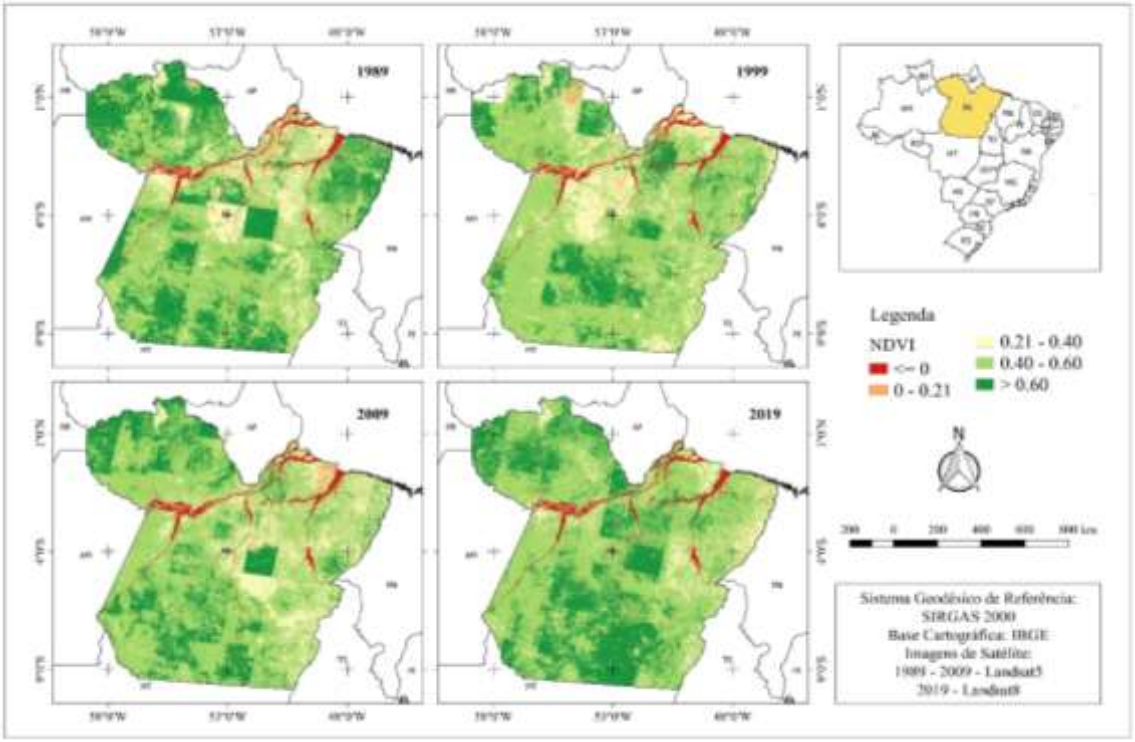
Tabela 1 – Estatística do NDVI

Ano	Mínimo	Máximo	Media	Desvio padrão
2019	-0,54344	0,84074	0,5107	0,14362
2009	-0,56422	0,85286	0,47966	0,1424
1999	-0,45756	0,8268	0,45868	0,1426
1889	-0,48576	0,91396	0,5114	0,15528

Fonte: Autores (2020)

O NDVI foi reclassificado em 5 classes. Os intervalos de classificação podem identificar diferentes usos do solo, como a classe que pertence ao intervalo de NDVI entre 0.60 e 0.90, que de acordo com Othman *et. al* (2018) representa a floresta tropical e temperada, vegetação densa e culturas em seu pico de crescimento. Porém, identificando alguns pontos da floresta para a área de estudo nas imagens de NDVI, encontrou-se valores maiores de 0.90, então o intervalo de classificação utilizado para representar as florestas foi de 0.60 a 1.0. Segundo o mesmo autor, arbustos e pastagens encontram-se nos intervalos de 0.20 a 0.50 e os valores menores que 0.10 são representantes de rocha, areia ou neve/água. Valores de NDVI de solo exposto são geralmente assumidos próximo de zero e geralmente escolhido entre os valores mais baixos observados de NDVI, enquanto a água dará valores negativos. A Figura 3 mostra a distribuição de Classes de valor do NDVI na região do estudo para os anos observados.

Figura 3 – NDVI do Estado do Pará



Fonte: Autores (2020)

Em ordem crescente dos intervalos, a classe 1 representa corpos hídricos e rochas, a classe 2 representa solo exposto e vegetação rasteira ou mais esparsa, a classe 3 arbustos e pastagens, as classes 4 e 5 representam floresta tropical e temperada e outras vegetações sendo a classe 5, vegetação mais densa e culturas em seu pico de crescimento.

É possível observar que as áreas ocupadas por corpos hídricos apresentam valores negativos e que algumas áreas tiveram uma queda no NDVI seguidas de um aumento enquanto que outras não. Esses valores indicam a saúde da vegetação, que está altamente relacionada com variabilidade da água para a região, ou seja, com a precipitação. A Tabela 2 apresenta as áreas correspondentes a cada classe para cada ano.

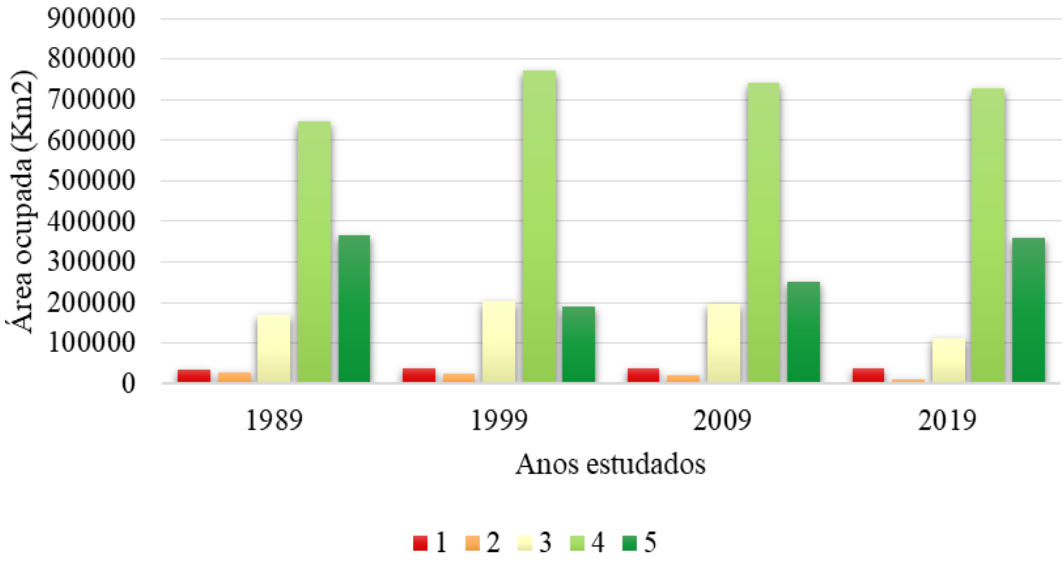
Tabela 2 – Área das classes NDVI em Km²

Classe/Ano	1989	1999	2009	2019
1 (<=0)	35498,53	36241,11	37872,78	37173,66
2 (0-0.21)	26134,18	23758,06	19496,59	10890,76
3 (0.21-0.40)	170692,25	204248,14	197503	113088,14
4 (0.40-0.60)	648190,96	772962,96	742177,2	727536,67
5 (>0.60)	365085,75	190811,19	251139,31	359499,6

Fonte: Autores (2020)

Observa-se que a classe com menor variação é a 1, que corresponde em sua maioria a regiões de corpos hídricos, e que a maior parte do território em todos os anos é ocupada pela classe 4. Esses mesmos resultados podem ser vistos de maneira mais clara no gráfico da Figura 4.

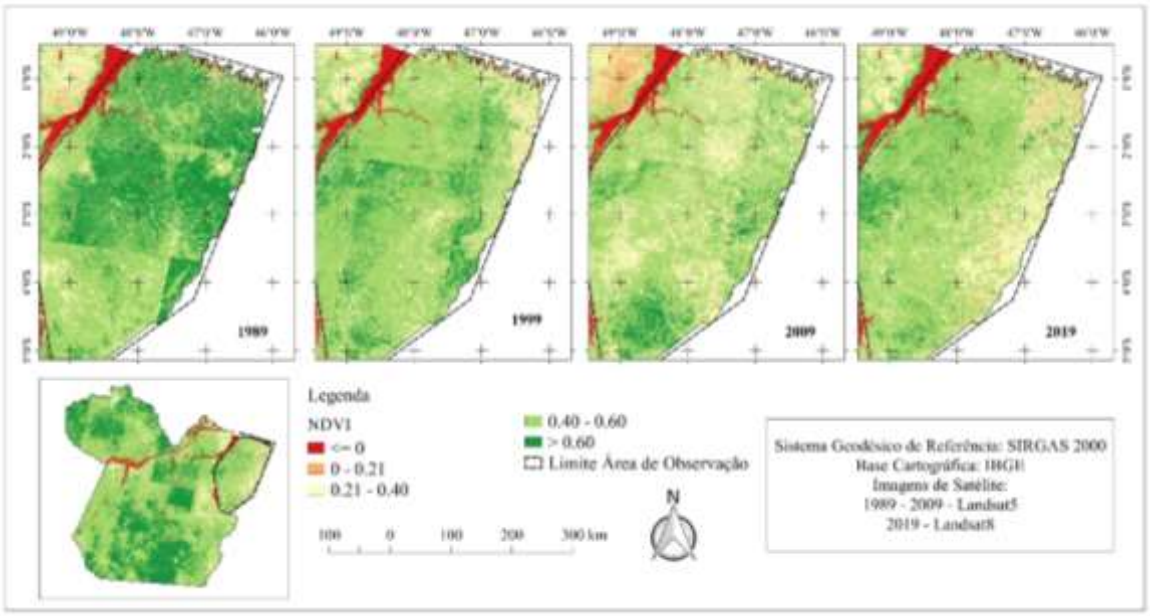
Figura 4 –Gráfico das áreas NDVI do Estado do Pará.



Fonte: Autores (2020)

Na Figura 5 é possível identificar, ao Leste do Estado do Pará, mais necessariamente na parte superior, uma queda no índice em todos os anos em relação ao ano de estudo anterior.

Figura 5 – NDVI da região Leste do Estado do Pará.



Fonte: Autores (2020)

A área total da classe 5, que representa valores de NDVI maiores que 0.60, diminuiu a cada ano, como observado na Figura 5 e também na Tabela 3. Apesar da queda destes valores, estas informações devem ser confirmadas com outras fontes de dados para identificação das possíveis causas que levam a esses resultados, podendo estar relacionado a exploração ilegal e queimadas.

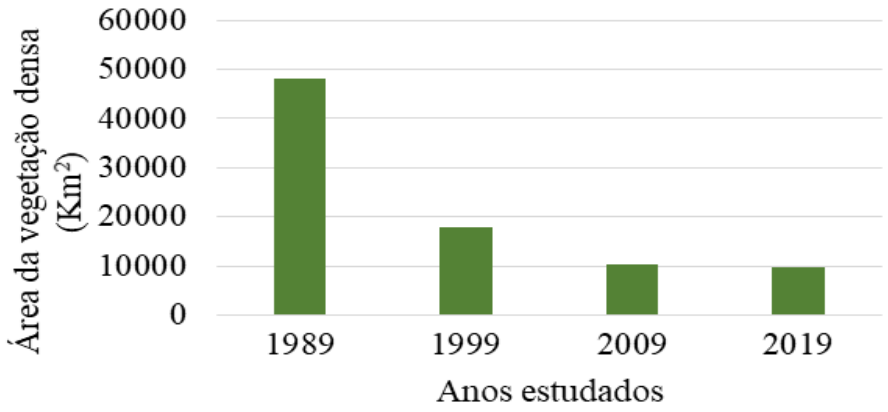
Tabela 3 – Área das classes NDVI > 0.60 (vegetação densa) em Km² na região Leste do Pará

Ano	1989	1999	2009	2019
Área (Km²)	48081,03	17748,57	10368,31	9787,89

Fonte: Autores (2020)

Os resultados mostram uma redução de 79,64% da área da classe 5 do ano de 2019 em relação ao ano de 1989. O gráfico abaixo mostra que o intervalo de maior redução foi o primeiro intervalo de 10 anos, ou seja, entre os anos de 1989 a 1999 (Figura 6).

Figura 6 – Gráfico da área das classes NDVI > 0.60 (vegetação densa) em Km² na região Leste do Pará.



Fonte: Autores (2020)

5 Discussões

De acordo com Jensen (2000), a vegetação ocupa quase 70 % da superfície dos continentes, sendo considerada um dos ecossistemas mais importantes do nosso planeta. A partir desta pesquisa, foi possível analisar as mudanças ocorridas na cobertura vegetal do Pará nos últimos 30 anos utilizando recursos gratuitos e técnicas simples. Jensen (2009), afirma que as informações derivadas dos dados de sensores remotos, geralmente são apresentadas como uma imagem realçada, um mapa temático, arquivos espaciais em banco de dados, estatísticas ou gráficos. Neste trabalho os resultados foram apresentados através de mapas temáticos, tabelas e gráficos, a fim de contribuir da melhor maneira possível para uma avaliação das mudanças na cobertura vegetal do Pará permitindo a identificação de perdas vegetativas.

Analisando-se o Estado como um todo, as regiões que correspondem a floresta tropical e temperada e outras vegetações (classes 4 e 5) apresentaram grandes modificações ao longo dos 30 últimos anos. Os resultados indicaram grandes alterações na região Leste do Estado. Resultados semelhantes foram apontados pelo Imazon. Segundo Imazon (2018), nesta região, encontram-se os municípios com maiores áreas de exploração madeireira ilegal entre 2015 e 2016, que são: Paragominas, Tomé-açu, Nova Esperança do Piriá, Tailândia e Dom Eliseu. Ainda de acordo com o Imazon, em 1998, a zona leste concentrava aproximadamente 464 (69%) das madeireiras existentes no Estado, seguida das zonas central (62), sul (63), estuarina (52) e, finalmente, da zona oeste, com apenas 35 indústrias. A maioria (53%) das indústrias foi instalada na década de 90, 39% foram estabelecidas na década de 80 e o restante nos anos 70.

O Imazon (2016) destaca que após três décadas de exploração madeireira intensa, há uma redução expressiva dos estoques naturais de madeira e ainda afirmam que houve uma redução drástica de cerca de 55% na produção de madeira em Paragominas, o maior pólo madeireiro dessa região, em relação ao auge da atividade no período 1988-1990. Os resultados apresentados mostram que a dinâmica de ocupação no Estado do Pará em 3 décadas é bastante evidente e as áreas não variaram de mesmo modo em todo o território, mas houveram mudanças significativas em diversas áreas.

6 Conclusões

O Google Earth Engine mostrou-se uma ferramenta muito útil, tornando possível processar com rapidez e precisão grandes quantidades de imagens de satélite, identificando onde e quando ocorreu mudança no uso e cobertura do solo, facilitando muito o processamento de dados principalmente em casos em que a área de estudo é grande, como no caso do Estado do Pará.

Regiões com grande cobertura de florestas está sujeita a exploração ilegal, por isso é importante o monitoramento por meio da junção de informações obtidas por meio do processamento de imagens de satélite com as informações disponíveis em sistemas oficiais de controle florestal. Este método torna-se viável por demandar pouco tempo em relação as vistorias in loco, visto que trata-se de grandes regiões, muitas delas inacessíveis. Além disso é eficaz no combate a irregularidades no setor florestal.

O uso do NDVI, mostrou-se bastante eficiente e preciso para a identificação da cobertura vegetal do Estado do Pará. O processamento de imagens para obter o índice permitiu elaborar um material importante para a análise ambiental da área, em que os níveis de cobertura vegetal representam o estado da vegetação, ou seja, as condições de conservação e de degradação ambiental dessa área.

Referências

COELHO, André Luíz Nascentes. Uso de Produtos de Sensoriamento Remoto para Delimitação de Área Efetivamente Inundável: estudo de caso do baixo curso do rio Benevente Anchieta - ES. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 4, 2010, p. 53-63. ISSN 1678-7226. Disponível em: < https://biblat.unam.mx/hevila/Revistageograficaacademica/2010/vol4/no2/5.pdf>. Acesso em 02 de julho de 2020.

COELHO, André Luíz Nascentes; CORREA, Wesley de Souza Campos. Temperatura de Superfície Celsius do Sensor TIRS/Landsat-8: metodologia e aplicações. Revista **Geográfica Acadêmica**, v. 7, n. 1, 2013, p. 31-45.Disponível em: < https://revista.ufrr.br/rga/article/view/2996>. Acesso em 01 de julho de 2020.

DINIZ, Cesar Guerreiro *et al.* The New Amazon Near Real-Time Deforestation Detection System. **IEEE Journal of selected topics in applied earth observations and remote sensing**, v. 8, n. 07, 2015, p. 3619-3628.Disponível em: < https://ieeexplore.ieee.org/document/7128317>. Acesso em 01 de julho de 2020.

DOMINGUES, Mariana Soares; BERMANN, Célio. O arco de desflorestamento na Amazônia: da pecuária à soja. **Ambiente & Sociedade**, v.15, n. 02, p. 01-22, 2012. ISSN 1809-4422.Disponível em: < https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2012000200002>. Acesso em 03 de julho de 2020.doi: https://doi.org/10.1590/S1414-753X2012000200002.

FEARNSIDE, Phillip M. A **Floresta Amazônica nas mudanças globais**. Manaus: INPA, 2003. 134p.

FERREIRA JÚNIOR, José Jeová; DANTAS, Maria Jorgiana.Ferreira. Análise do albedo da superfície e de índices de vegetação porsensoriamento remoto na bacia hidrográfica do Rio Pacoti/CE. **Revista Tecnologia**, v. 39, n. 2, 2018. ISSN: 2318-0730. Disponível em: https://periodicos.unifor.br/tec/article/view/8132. Acesso em 10 de abril de 2020. doi: http://dx.doi.org/10.5020/23180730.2018.8132.

FITZ, Paulo R. Geografia Tecnológica. In: **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Editora Oficina de Textos. São Paulo, 2008. p 19-29.

GANEM, Khalil Ali. **Classificação da cobertura do solo na caatinga a partir de imagens do landsat-8 e da ferramenta Google Earth Engine: uma comparação entre dados com e sem correção atmosférica**. 2017. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Brasília, Brasília, 2017. Disponívelem:<http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/23501/1/2017_KhalilAliGanem.pdf. Acesso em 03 de março de 2020.

GAVLAK, André Augusto **Dinâmica de padrões de mudança de uso e cobertura da terra na região do Distrito Florestal Sustentável da BR-163: população, espaço e ambiente**. 2011. 179p. Dissertação de mestrado Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. Disponível em: < http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/INPE_e55449582ad3846a7a3d62df252254e0>. Acesso em 06 de março de 2020

GORELICK, Noel *et al*. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. **Remote Sensing of Environment**, v. 202, n. 1, p. 18-27, 2017.. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425717302900>. Acesso em 30 de março de 2020. doi: https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031

IBGE- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Geoestatísticas**

revelam patrimônio ambiental da Amazônia Legal. IBGE**,**2010 . Disponível em: < https://censo2010.ibge.gov.br/noticias-censo?busca=1&id=1&idnoticia=1887&t=geoestadisticas-revelan-patrimonio-ambiental-la-amazonia-legal&view=noticia>. Acesso: 16 março 2020.

IMAZON. **Sistema de Monitoramento da Exploração Madeireira (Simex) – Estado do Pará 2015-2016**. Disponível em: < https://imazon.org.br/sistema-de-monitoramento-da-exploracao-madeireira-simex-estado-do-para-2015-2016/>. Acesso em 31 de março de 2020.

IMAZON –INSTITUTO DO HOMEM E MEIO AMBIENTE DA AMAZÔNIA. **Pólos Madeireiros do Estado do Pará**. IMAZON, 2018. Disponível em < https://imazon.org.br/polos-madeireiros-do-estado-do-para/>. Acesso em 01 de abril de 2020.

INPE- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Terraclass 2004 a 2014: Avaliação da dinâmica do uso e cobertura da terra no período de 10 anos nas áreas desflorestadas da Amazônia legal Brasileira.** INPE,2016. Disponível em: < https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1062992/terraclass-2004-a-2014-avaliacao-da-dinamica-do-uso-e-cobertura-da-terra-no-periodo-de-10-anos-nas-areas-desflorestadas-da-amazonia-legal-brasileira>. Acesso em 16 março 2020.

JENSEN, John R**. Remote Sensing of the Environment - An Earth Resource Perspective**. University of South Carolina: Pearson Prentice Hall, 2000.

JENSEN, John. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. Editora Parêntese, 2009.672 p.

LO, Chor Pang.; YEUNG, Albert K.W. **Concepts and Techniques of Geographic Information Systems**. Prentice-Hall, 2008. 492p.

NEPSTAD, Daniel *et al.* **Avança Brasil: Os custos ambientais para a Amazônia**. Belém: Gráfica e Editora Alves, 2000. 24p.

NEPSTAD, Daniel *et al* . Road paving, fire regime feedbacks, and the future of Amazon forests. **Forest Ecology and Management**, v. 154, n. 03, 2001, p. 395-407.

NOVO, Evlyn M. L. De Moraes **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. 4 ed. São Paulo: Blucher, 2010.

OLIVEIRA, Rodrigo Rafael Souza e*t al*. Análise da vulnerabilidade natural dos solos à erosão como subsídio ao planejamento territorial em área da microbacia do igarapé Peripindeua, Nordeste Paraense. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Anais...** Curitiba, 2011, p. 4783-4790.

OTHMAN, M. A. *et al*. **Tropical deforestation monitoring using NDVI from MODIS satellite: a case study in Pahang, Malaysia**. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, v. 169, n. 1, 2018, p. 012047. Disponível em: < https://www.researchgate.net/publication/326729428_Tropical_deforestation_monitoring_using_NDVI_from_MODIS_satellite_a_case_study_in_Pahang_Malaysia>. Acesso em 07 de março de 2020.

PROBIO- PROJETO DE CONSERVAÇÃO E UTILIZAÇÃO SUSTENTÁVEL DA DIVERSIDADE. **Uso e cobertura da terra na Floresta Amazônica**. PROBIO,2004. Disponível em: < https://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_chm_rbbio/_arquivos/uso_e_cobertura_da_terra_na_floresta_amaznica.pdf>. Acesso: 16 março 2020.

ROUSE, J.W. *et al*.1973. Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation. **Remote Sensing Center**. Texas A&M University, College

Station.

SILVA, Maurício *et al*. A transformação do espaço amazônico e seus reflexos na condição atual da cobertura e uso da terra. **Novos Cadernos NAEA**, v. 16, 2013, p. 229-248.

VALE, Jones Remo Barbosa. **Análise da Dinâmica do Uso e Cobertura da Terra nas Áreas Desflorestadas do Estado do Pará por meio da Plataforma Google Earth Engine**. 2019. 69p. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém. Disponível em:< http://bdta.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/654>. Acesso em 15 de março de 2020.