



|                                              |                                                                                                                                                                                                              |                                          |
|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| <b>PKS</b><br>PUBLIC<br>KNOWLEDGE<br>PROJECT | <b>REVISTA DE<br/>GEOGRAFIA</b><br>Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFPE<br><a href="https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia">https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia</a> | <b>OJS</b><br>OPEN<br>JOURNAL<br>SYSTEMS |
|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|

## COBERTURA VEGETAL E OCUPAÇÃO DO SOLO DE VITÓRIA DA CONQUISTA-BA: UM ESTUDO DO CRESCIMENTO URBANO E SEUS IMPACTOS NO RIO VERRUGA

Lara de Oliveira Carvalho<sup>1</sup> - Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4236-9511>  
Joseane Oliveira da Silva<sup>2</sup> - Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5927-4095>  
Jacson Tavares de Oliveira<sup>3</sup> - Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7073-5593>  
Manoel Messias Coutinho Meira<sup>4</sup> - Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6043-6370>  
Camila Nunes Dantas<sup>5</sup> - Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9404-982X>

<sup>1</sup> Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC, Ilhéus, Bahia, Brasil\*

<sup>2</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Vitória da Conquista, Bahia, Brasil \*\*

<sup>3</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Vitória da Conquista, Bahia, Brasil \*\*\*

<sup>4</sup> Universidade Estadual de Campinas, Limeira, São Paulo, Brasil \*\*\*\*

<sup>5</sup> Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, Bahia, Brasil \*\*\*\*\*

Artigo recebido em 07/08/2023 e aceito em 08/10/2023

### RESUMO

Devido ao crescimento urbano acelerado e desordenado dos municípios, a vegetação e os recursos hídricos tornaram-se cada vez mais propícios à deterioração ambiental. Por esse motivo, necessita-se de estudos que compreendam o progresso da expansão urbana, as mudanças ocorridas na paisagem, bem como, o surgimento dos impactos ocasionados ao longo do tempo. O presente artigo realizou uma análise temporal da cobertura vegetal e ocupação do solo na malha urbana da cidade de Vitória da Conquista – BA, identificando os impactos ambientais ocasionados no rio Verruga. Para o desenvolvimento do estudo foram utilizadas imagens de satélite *Landsat 5* e *Landsat 8* para os anos de 2000 e 2020, do sensor TM e OLI respectivamente, extraídas do catálogo de imagens do INPE. Ainda, usou-se dados do crescimento urbano dos bairros de Vitória da Conquista concedidos pelo IBGE e de estudos realizados para a elaboração do novo Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDDU) da cidade. O processamento das imagens foi executado no software QGIS 3.10 através da aplicação do índice espectral NDVI, categorizando as áreas vegetadas e de impermeabilização do solo. Após a análise dos resultados obtidos, diagnosticou-se as modificações provenientes da expansão urbana da área estudada por meio dos valores obtidos com os índices e avaliação dos mapas gerados. Por fim, comprovou-se a supressão da vegetação ao longo do

\* Mestre em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente pela Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC. E-mail: [laradeoc@gmail.com](mailto:laradeoc@gmail.com)

\*\* Doutora em Produção Vegetal. Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia. E-mail: [joseanepet2019@gmail.com](mailto:joseanepet2019@gmail.com)

\*\*\* Doutor em Geografia. Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia. E-mail: [jacson123@gmail.com](mailto:jacson123@gmail.com)

\*\*\*\* Mestrando em Tecnologia na Faculdade de Tecnologia (FT) da Universidade Estadual de Campinas. E-mail: [manoelcmeira@gmail.com](mailto:manoelcmeira@gmail.com)

\*\*\*\*\* Mestranda em Ciências Ambientais pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia E-mail: [camyla.lr@gmail.com](mailto:camyla.lr@gmail.com)

tempo principalmente nas zonas urbanas com ocupação de alta densidade exibindo o desaparecimento da cobertura vegetal em razão da ocupação do solo e o aumento dos impactos ambientais gerados no rio Verruga.

**Palavras-chave:** análise temporal; expansão urbana; NDVI; sensoriamento remoto;

## VEGETAL COVER AND LAND OCCUPATION OF VITÓRIA DA CONQUISTA-BA: A STUDY OF THE URBAN GROWTH AND ITS IMPACTS ON THE VERRUGA RIVER

### ABSTRACT

Due to the accelerated and disordered municipalities urban sprawl, vegetation and water resources have become increasingly prone to environmental deterioration. For this reason, studies that understand the progress of urban expansion are needed, the changes that have taken place in the landscape, as well as the emergence of impacts caused over time. This article carried out a temporal analysis of vegetation cover and land occupation in the urban area of the city of Vitória da Conquista - BA, identifying the environmental impacts caused to the Verruga River. For the study development, *Landsat 5* and *Landsat 8* satellite images were used for the years 2000 and 2020, from the TM and OLI sensors, respectively, extracted from the INPE image catalog. Furthermore, data from the urban growth of the neighborhoods of Vitória da Conquista granted by the IBGE and from studies carried out for the elaboration of the new Master Plan for Urban Development (PDDU) of the analyzed city were used. The image processing was performed in the QGIS 3.10 software through the application of the NDVI spectral index, categorizing the vegetated areas and the soil waterproofing. After analyzing the results obtained, the changes resulting from the urban expansion of the studied area were diagnosed through the values obtained with the indices and evaluation of the generated maps. Finally, the suppression of vegetation over time was verified, mainly in urban areas with high-density occupation, showing the disappearance of vegetation cover due to land occupation and the increase in environmental impacts generated in the Verruga river.

**Keywords:** temporal analysis; urban expansion; NDVI; remote sensing.

## COBERTURA VEGETAL Y OCUPACIÓN DEL SUELO EN VITÓRIA DA CONQUISTA-BA: UN ESTUDIO DEL CRECIMIENTO URBANO Y SUS IMPACTOS EN EL RÍO VERRUGA

### RESUMEN

Debido al crecimiento urbano acelerado y desordenado de los municipios, la vegetación y los recursos hídricos se han vuelto cada vez más propicios para el deterioro ambiental. Por ello, se necesitan estudios que comprendan el avance de la expansión urbana, los cambios que se han producido en el paisaje, así como el surgimiento de los impactos provocados a lo largo del tiempo. Este artículo realizó un análisis temporal de la cobertura vegetal y la ocupación del suelo en el tejido urbano de la ciudad de Vitória da Conquista - BA, identificando los impactos ambientales causados en el río Verruga. Para el desarrollo del estudio se utilizaron imágenes satelitales *Landsat 5* y *Landsat 8* de los años 2000 y 2020, de los sensores TM y OLI respectivamente, extraídas del catálogo de imágenes del INPE. Aún así, fueron utilizados datos sobre el crecimiento urbano de los barrios de Vitória da Conquista otorgados por el IBGE y estudios realizados para la elaboración del nuevo Plan Director de Desarrollo Urbano (PDDU) de la ciudad analizada. El procesamiento de imágenes se realizó en el software QGIS 3.10 mediante la aplicación del índice espectral NDVI categorizando las áreas vegetadas y las áreas de sellado del suelo. Luego de analizar los resultados obtenidos, a través de los valores obtenidos con los índices y evaluación de los mapas generados, se diagnosticaron los cambios producto de la expansión urbana del área de estudio. Finalmente, se constató la supresión de la vegetación a lo largo del tiempo, principalmente en áreas urbanas con alta densidad de ocupación, evidenciando la desaparición de la cobertura vegetal por la ocupación del suelo y el aumento de los impactos ambientales generados en el río Verruga.

**Palabras-clave:** análisis temporal; la expansión urbana; NDVI; detección remota;

## INTRODUÇÃO

O crescimento do espaço urbano ocorreu de forma rápida e inesperada na maioria das cidades brasileiras, deste modo, não houve o planejamento adequado da infraestrutura e serviços. A reconstrução da paisagem se configura horizontalmente através da implantação de novas áreas na malha urbana e verticalmente através das construções de edifícios. Assim, é perceptível que as altas taxas de migrações para as cidades, demandam a criação de novas dinâmicas no que diz respeito aos processos intraurbanos (HUFFNER; OLIVEIRA, 2017; FRANÇA *et al.*, 2014).

A expansão urbana atrelada à falta de investimentos proporciona intensas alterações no uso do solo, e ao mesmo tempo, uma série de problemáticas em seus aspectos sociais, econômicos, espaciais e ambientais. Destaca-se o descumprimento de regras que resguardam o meio ambiente e a sadia qualidade de vida do cidadão, como fator gerador de diferentes tipos de conflitos. Essas inobservâncias comprometem o uso sustentável do meio ambiente e de seus recursos naturais. Por esse motivo, há a necessidade de políticas públicas que visem a implantação de projetos de infraestruturas urbanas adequadas (MONTEIRO; VERAS, 2017; STANGANININI; LOLO, 2018).

O termo “uso do solo” deve ser entendido como a forma pelo qual o espaço tem sido ocupado pelos humanos. Este é o mais relevante dentre os instrumentos operacionais que devem ser estudados e analisados no planejamento de uma cidade. Entender a performance da divisão temporal da utilização do solo é favorável para acompanhar o dinamismo das atividades econômicas e do meio urbano de um determinado lugar. Assim, admite-se a avaliação do comportamento dos indivíduos perante o espaço físico (ASSIS *et al.*, 2014; LOPES *et al.*, 2015, TRINDADE; RODRIGUES, 2016).

Com o avanço da informática e algoritmos de processamento de imagens de satélite foi possível obter dados sensíveis à avaliação do uso do solo. Aspectos ambientais em tempo real e espaço-temporais, o processo de desenvolvimento da malha urbana de um município, bem como, os problemas ambientais decorrentes da urbanização são algumas dessas características (KOBAYASHI, 2017). Estudos como os de Pereira *et al.* (2016) e Silva e Baptista (2015), identificaram a alteração de alguns elementos da paisagem em decorrência do crescimento urbano desordenado, tais quais: a vegetação, solo, ar e clima através do mapeamento da cobertura da terra com uso de geotecnologias.

O sensoriamento remoto unido ao Sistema de Informações Geográficas (SIG) são alternativas viáveis e eficientes com aplicações em estudos em diferentes escalas. Essas tecnologias têm sido fundamentais para aquisição de informações contínuas e consistentes na dinâmica urbana. A realização de estudos atualizados,

utilizando diferentes métodos, como os índices espectrais, permitem investigar os principais motivadores e efeitos para as alterações da superfície do solo temporalmente (LI; CHEN, 2018).

Os índices espectrais vêm sendo usados cada vez mais no sensoriamento remoto, para monitorar a cobertura terrestre. Em especial, os índices são úteis para investigar a atividade fotossintética da vegetação existente na área de estudo, bem como, determinar qualitativa e quantitativamente o real estado da vegetação. O Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (IVDN) é o índice mais antigo, composto pela diferença e soma das refletividades entre duas bandas denominadas infravermelho próximo e vermelho. É um dos índices mais utilizados nas mais diversas pesquisas ambientais por sua sensibilidade e pertinência para a caracterização biofísica da cobertura vegetal (FRANCISCO *et al.*, 2012; PONZONI; SHIMABUKURO, 2010; SILVA, 2004).

Por isso, a necessidade do levantamento do uso e cobertura do solo para evitar as consequências provenientes do seu uso inadequado, que provoca a degradação no espaço. Dos efeitos destacam-se: a contaminação e alterações na qualidade da água dos recursos hídricos, a perda de seus nutrientes devido ao aporte de sedimentos, destruição das matas ciliares, e alterações no ciclo hidrológico, que, por sua vez, gera a diminuição da evapotranspiração e da alimentação de águas subterrâneas (DUPASA *et al.*, 2015; OLIVEIRA; SOUSA; SOUZA, 2018).

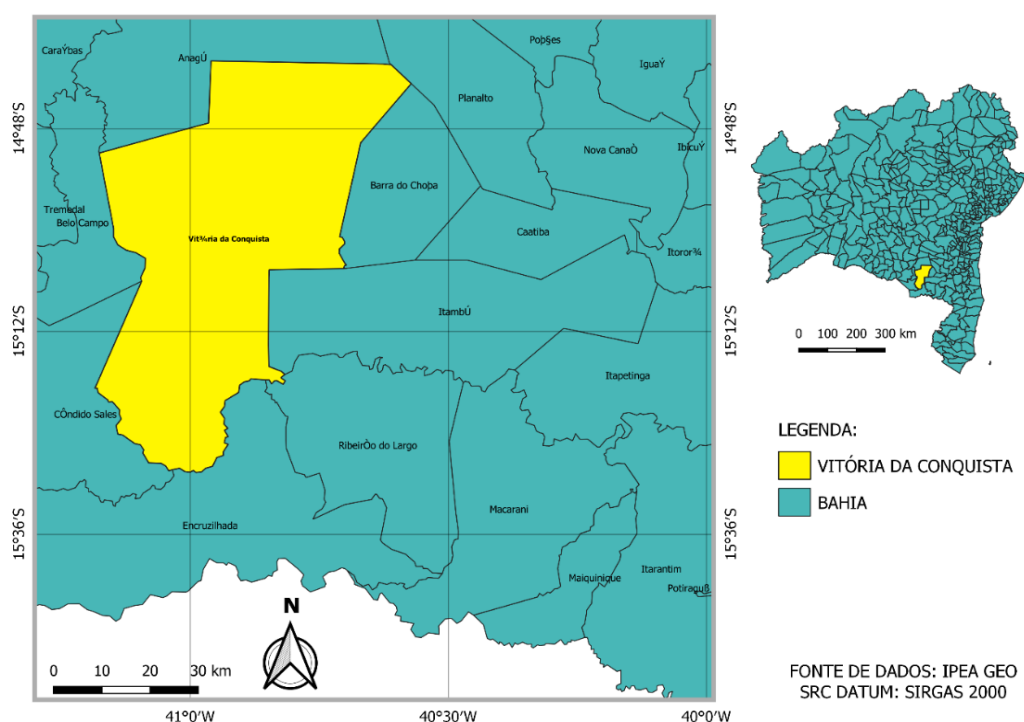
Neste sentido, a referida pesquisa buscou analisar e comparar as alterações ocorridas na malha urbana da cidade de Vitória da Conquista – BA, usando dados disponibilizados e técnicas de sensoriamento remoto, nos anos de 2000 e 2020. Além disso, realizou-se um levantamento dos principais impactos no rio Verruga, uma vez que sua nascente está localizada na área urbana, e, o processo acelerado da urbanização contribui para as alterações no ambiente natural e redução das matas ciliares.

## METODOLOGIA

### Área de estudo

O município de Vitória da Conquista (Figura 1) está situado entre as coordenadas geográficas 14° 51' 57" S e 40° 50' 20" W, localizado na região sudoeste do estado da Bahia e na mesorregião Centro Sul baiano (JESUS, 2010; MAIA, 2012).

**Figura 1** - Mapa de localização de Vitória da Conquista.

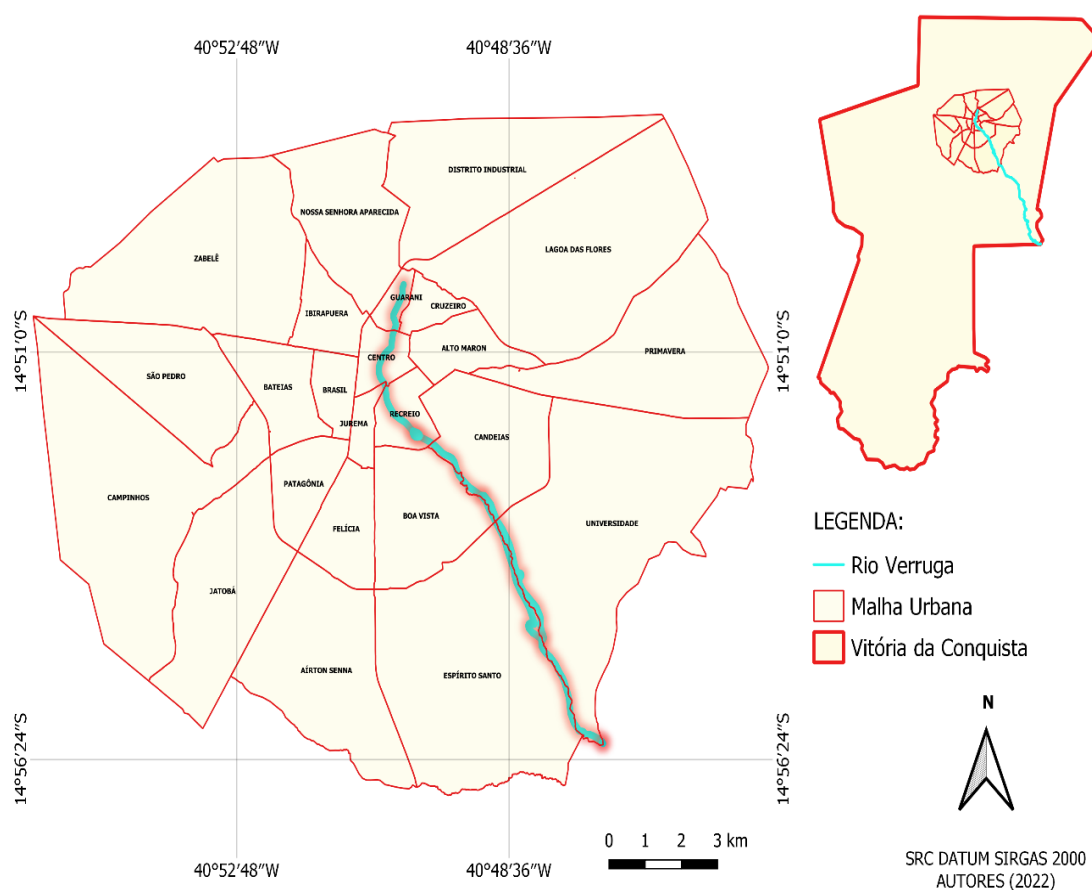


**Fonte:** Autores (2022).

A sua população, conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2022), é estimada em aproximadamente 343.643 pessoas, tornando-se a terceira maior cidade do estado. O município possui uma área de 3.204 km<sup>2</sup>, e apresenta uma densidade demográfica de 105,17 hab/km<sup>2</sup>. Possui clima semiárido com suas estações bem definidas: inverno e outono secos e frios, enquanto a primavera e verão são quentes e chuvosos. Suas médias anuais de precipitação, temperatura e umidade variam entre 600 e 1.100 mm, 15°C a 24°C e 70 a 85%, respectivamente (ROCHA, 2008).

A área urbana do município abrange um total de 24 bairros resultantes do processo de expansão da urbanização acelerada. A bacia do rio Verruga passa por 70% da zona urbana englobando os bairros: Cruzeiro, Guarani, Alto Maron, Centro, Jurema, Recreio, Boa Vista, Candeias, Universidade, Espírito Santo e, algumas fazendas localizadas em trechos rurais da cidade (Figura 2).

**Figura 2** - Mapa de localização do rio Verruga na Malha Urbana do Município de Vitória da Conquista – BA.



**Fonte:** Autores (2022).

A Bacia Hidrográfica do rio Verruga é constituída pelos seus afluentes rio Periquito, córrego Lagoa de Baixo e riacho Santa Rita. O seu rio principal é afluente do rio Pardo e possui cerca de 57,5 km. Drena uma área de aproximadamente 918 km<sup>2</sup> e engloba partes dos municípios de Barra do Choça, Itambé e sua maior parte, encontra-se no município de Vitória da Conquista. Sua nascente encontra-se em uma das Unidades de Conservação da cidade denominada Serra do Periperi, na reserva ecológica do Poço Escuro (ROCHA, 2008; ROCHA, 2011).

### **Aquisição de dados**

Para adquirir dados sobre o crescimento urbano e seus efeitos, foi realizada a busca em órgãos e sites especializados: Prefeitura Municipal de Vitória da Conquista (PMVC) e IBGE. Além disso, foram utilizados estudos realizados para a elaboração do novo Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDDU) da cidade.

Buscou-se por imagens de satélites com boa resolução da área de modo gratuito através de diferentes sites do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), ([www.dgi.inpe.br/CDSR](http://www.dgi.inpe.br/CDSR)) e (<http://www.dgi.inpe.br/catalogo>). O primeiro endereço foi utilizado para aquisição de imagens *Landsat*

5 sensor TM (do inglês *Thematic Mapper*), e o segundo para imagens *Landsat 8* sensor OLI (*Operational Land Imager*), respectivamente.

Foi selecionada uma imagem *Landsat 5* para o mapeamento do ano 2000, e uma imagem *Landsat 8* para mapeamento do ano de 2020. Ambas as imagens na órbita/ponto: 217/70, coordenadas da malha urbana de Vitória da Conquista. As datas de aquisição das imagens foram: 27 de junho de 2000 e 10 de agosto de 2020. Para a seleção foram adotados alguns parâmetros: imagens aprovadas pela plataforma com cobertura máxima de nuvens de 10%, qualidade mínima igual a 8 e intervalos de janeiro a dezembro. O parâmetro visual também foi utilizado como critério determinante para a escolha, avaliando imagens com a menor quantidade de nuvens e com cores mais vivas.

### ***Processamento dos dados***

Para o processamento das imagens *Landsat 5* e *Landsat 8*, foi utilizado o *software* gratuito QGIS em sua versão 3.10, adotando-se o sistema de coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM) com Datum SIRGAS 2000 na Zona 24 Sul. Para auxiliar na análise histórica da ocupação dos solos das imagens utilizadas foi utilizado também o *software* Google Earth Pro.

### ***Composição de bandas para detecção de alvos***

Para a análise visual prévia das áreas urbanas e vegetadas, obtiveram-se diferentes composições RGB (*Red-Green-Blue*) para cada imagem de satélite e alvo selecionado (Quadro 1). As composições coloridas foram realizadas nas imagens *raster* que estavam em escalas de cinzas com o intuito de identificar os seus diferentes aspectos.

**Quadro 1** – Composição de bandas RGB para detecção de alvos nas imagens de satélite *Landsat 5* e *Landsat 8*.

| Uso / Ênfase                     | <i>Landsat 5</i><br>(R-G-B) | <i>Landsat 8</i><br>(R-G-B) |
|----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Cor natural (verdadeira)         | 3-2-1                       | 4-3-2                       |
| Falsa cor (urbano)               | 7-5-3                       | 7-6-4                       |
| Infravermelho (vegetação/urbano) | 4-3-2                       | 5-4-3                       |
| Análise de vegetação             | 5-4-3                       | 6-5-4                       |
| Terra/Água                       | 6-5-4                       | 5-6-4                       |

Fonte: Adaptado de Rosa, Alves e Sanches (2011) e ESRI (2013).

### ***Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)***

Para análise das modificações ocorridas na cobertura do solo e da vegetação na malha urbana do município de Vitória da Conquista, utilizou-se o índice Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (do inglês *Normalized Difference Vegetation Index* - NDVI), bem como a diferença entre os NDVI resultantes. O índice possui uma razão em sua fórmula de cálculo que proporciona a diminuição das interferências multiplicativas como luminosidade, sombra de nuvens, fatores atmosféricos e outros.

Aplicou-se as operações matemáticas de diferença, soma e razão, utilizando as bandas espectrais que fornecem informações de reflectância específica mediante ao que se deseja identificar no local de estudo. O cálculo para determinar o NDVI situa-se na *Equação (1)* (TUKER, 1979).

$$NDVI = \frac{(IVP - V)}{(IVP + V)}$$

*Equação (1)*

Onde:

*IVP = Valor da reflectância na banda do Infravermelho Próximo.*

*V = Valor da reflectância na banda do Vermelho.*

Os valores de máximo e mínimo do NDVI variam em torno de 1,0 a -1,0, respectivamente. Os valores mais próximos de 1 são considerados as áreas que possuem maiores quantidades de cobertura vegetal fotossinteticamente ativas, enquanto os valores mais próximos de -1 definem áreas com menores quantidades ou ausência de vegetação.

Os pixels com valores entre 0,5 e 1,0 representam áreas com as superfícies densamente vegetadas, a vegetação esparsa os valores está entre aproximadamente 0,2 e 0,5, enquanto para solos expostos os valores encontram-se entre 0,1 e 0,2. A depender do tipo de solo, como o caso dos impermeáveis, podem alcançar valores muito próximos de zero. Já os pixels que apresentam valores negativos próximos de -1,0 compreendem alvos não-vegetais, como nuvens e superfícies d'água (TUCKER 1979; JENSEN, 2009).

### ***Evolução da área estudada pela diferença do NDVI***

Para a análise do índice espectral utilizado, buscou-se outros métodos para interpretação e visualização dos dados obtidos. Optou-se por executar a diferença do NDVI, ou seja, a subtração dos índices em anos diferentes, verificando a evolução da malha urbana entre os anos de 2020 e 2000.

A *Equação (2)* apresenta a fórmula aplicada no trabalho de Tavares *et al.* (2015) para a diferença de NDVI entre dois períodos de interesse. Segundo o autor, a utilização de operações matemáticas que fazem a subtração de índices em anos distintos contribui para a detecção das alterações nas paisagens ao longo do tempo.

$$EVOLUÇÃO\ NDVI_{2020-2000} = NDVI_{2020} - NDVI_{2000}$$

*Equação (2)*

Onde:

*NDVI<sub>2020</sub> = Corresponde ao mapa de NDVI do ano de 2020*

*NDVI<sub>2000</sub> = Corresponde ao mapa de NDVI do ano de 2000.*

### ***Análise e interpretação dos NDVI***

Para a categorização das imagens, o algoritmo utilizado possui a capacidade de definir as classes da imagem através do conjunto de informações que foram captadas pelos sensores dos satélites, sendo necessário, o processamento de cada pixel da imagem. Após a aplicação dos cálculos realizados pela calculadora *raster*, usou-se o realce dos dados por meio da atribuição de renderização banda simples falsa-cor. Os valores máximos e mínimos foram configurados para o modo cumulativo, visando melhorar a visualização dos resultados gerados.

A fim de não haver tendências após a aplicação do índice, utilizou-se as mesmas condições para todas as análises, categorizando-as em cinco classes. As classes possuem intervalos iguais, mesmo número de classes e a mesma paleta de cores. Por fim, realizou-se a comparação entre os valores dos NDVI entre as classes e entre os resultados obtidos com a evolução do índice avaliado, verificando o aumento ou redução em seus resultados.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### ***Expansão demográfica do município de Vitória da Conquista***

A expansão acentuada da cidade de Vitória da Conquista se iniciou na década de 1970, com a inserção das indústrias e fortalecimento da cafeicultura. Essas indústrias contribuíram para a subsistência dos municípios que estão no seu entorno e para o desenvolvimento da economia local e regional. Conforme Lopes (2015), o cultivo do café alavancou não somente o crescimento populacional, mas também a variedade no comércio e nos serviços oferecidos, despertando na população oportunidades de geração de empregos, renda e melhoria de vida.

Outro fator que propiciou o poderio econômico para o município é a sua malha rodoviária. Vitória da Conquista é cortada por cinco relevantes eixos rodoviários, que constitui o seu macrossistema de mobilidade: as rodovias federais BR-116 – Rio-Bahia e BR-415 – Itabuna-Conquista, e as rodovias estaduais BA-262, BA-263 e BA-265.

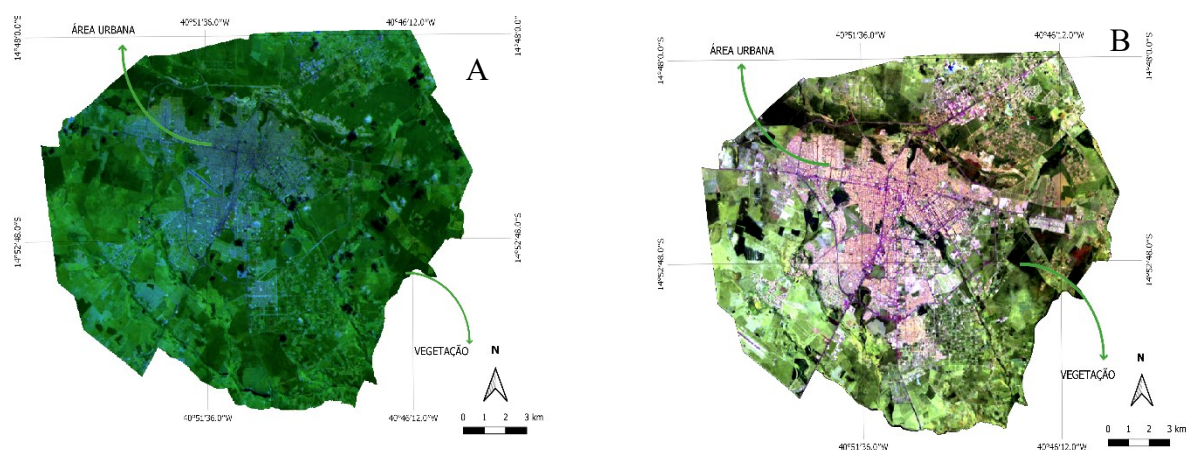
De acordo com a Fundação Escola Politécnica – FEP (2018), os dados da população disponibilizados pelo IBGE demonstram a expansão demográfica do município de Vitória da Conquista. Entre os períodos de 1970 até 2016, a população urbana aumenta a uma taxa média de 3% ao ano, e a zona rural apresentou um declínio de -0,6 % ao ano. Como consequência da diminuição da população rural, tem-se o processo de urbanização intensificado, onde o percentual de habitantes da zona urbana em relação ao número total mudou de 66,9% no ano de 1970 para 91,7 % em 2016.

A expansão demográfica e o aumento da economia de Vitória da Conquista ocasionaram alterações no espaço urbano. O crescimento retratado não ocorreu de maneira planejada, o que acarretou diversos problemas que refletem na população, incluindo a falta de investimentos nos equipamentos e infraestruturas urbanas.

### **Composição de bandas para visualização das áreas urbanas e vegetadas**

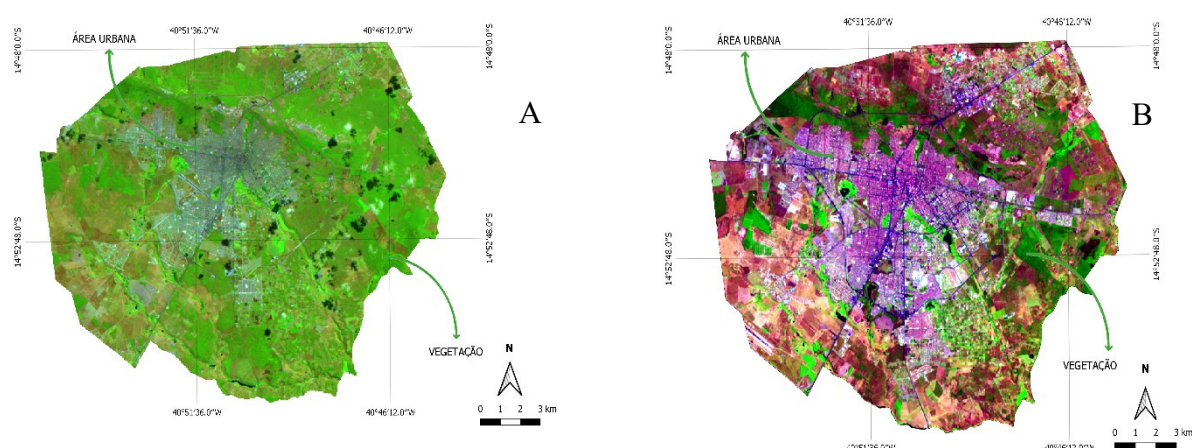
A primeira composição realizada foi a 7-5-3 para a imagem *Landsat 5* e 7-6-4 para a imagem *Landsat 8*, ambas sugeridas para uma melhor visualização das áreas urbanas, como ilustrado na Figura 3. A segunda composição (Figura 4) foi a 5-4-3 (*Landsat 5*) e a 6-5-4 (*Landsat 8*) que são utilizadas para uma maior detecção da vegetação. A terceira composição (Figura 5) definida como infravermelho com RGB 4-3-2 (*Landsat 5*) e 5-4-3 (*Landsat 8*) também auxilia no destaque de áreas vegetadas e outros alvos.

**Figura 3** - Composições de bandas para identificação da urbanização na malha urbana da cidade de Vitória da Conquista. (A) Bandas 7-5-3 (*Landsat 5* para o ano de 2000), (B) Bandas 7-6-4 (*Landsat 8* para o ano de 2020).



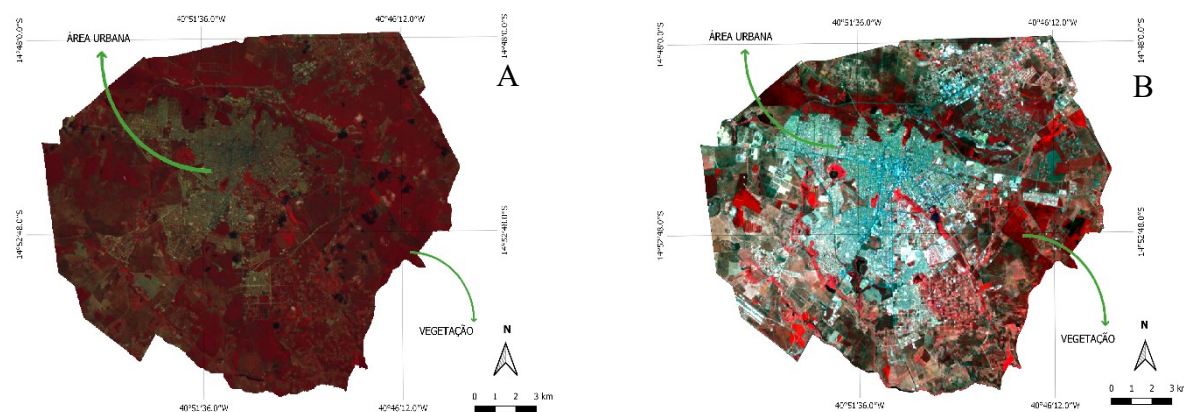
**Fonte:** Autores (2022).

**Figura 4** - Composições de bandas para identificação da vegetação na malha urbana da cidade de Vitória da Conquista. (A) Bandas 5-4-3 (*Landsat 5* para o ano de 2000), (B) Bandas 6-5-4 (*Landsat 8* para o ano de 2020).



Fonte: Autores (2022).

**Figura 5** - Composições de bandas infravermelho para identificação da vegetação e urbanização na malha urbana da cidade de Vitória da Conquista. (A) Bandas 4-3-2 (*Landsat 5* para o ano de 2000), (B) Bandas 5-4-3 (*Landsat 8* para o ano de 2020).



Fonte: Autores (2022).

Com a comparação visual entre as composições geradas para o ano de 2000 e 2020, notou-se uma redução da vegetação e aumento da urbanização ao longo do tempo. A Figura 4 oferece uma melhor diferença visual dos alvos tais quais: vegetação, urbanização, solo exposto, e até mesmo de corpos hídricos. A Figura 3 não demonstra facilmente o que seria áreas vegetadas e áreas de solo exposto ou degradado pelo fato de apresentarem tons de cores semelhantes. Em contrapartida, as áreas urbanizadas foram vistas claramente confirmando a eficiência da composição que é sugerida para detectar a urbanização.

Com relação a Figura 5 foi possível notar diferenças na identificação dos alvos entre as imagens *Landsat 5* (para o ano de 2000) e *Landsat 8* (para o ano de 2020), ou seja, a imagem *Landsat 8* possui uma maior riqueza de informações. Isso se deve pela resolução radiométrica ser de 16 *bits*, e quanto

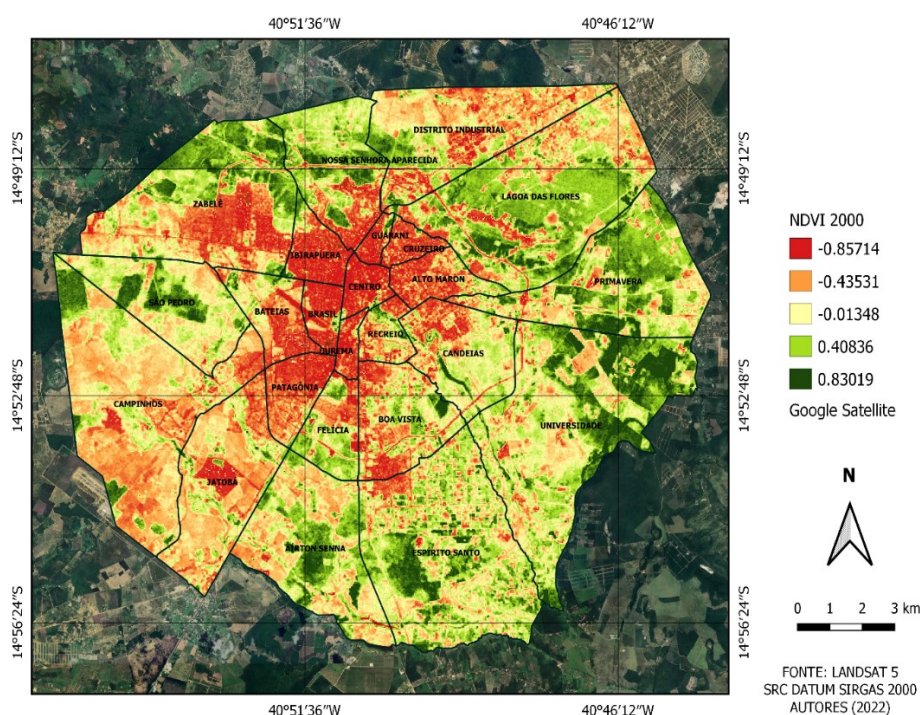
mais *bits*, maior será a sensibilidade do sensor, fornecendo uma melhor resolução. Posto isso, com a composição infravermelho para o ano de 2020 detectou-se as mudanças na vegetação e urbanização, enquanto na imagem *Landsat 5* para o ano de 2000, não foi possível diferenciar facilmente as áreas vegetadas com as de solo exposto, bem como a densidade da vegetação.

Portanto, a fim de obter uma análise mais aprofundada, utilizou-se a aplicação de um índice espectral, demonstrando as principais similaridades e diferenças entre as imagens utilizadas no referido estudo.

### ***Aplicação do índice de vegetação NDVI para análise da cobertura do solo***

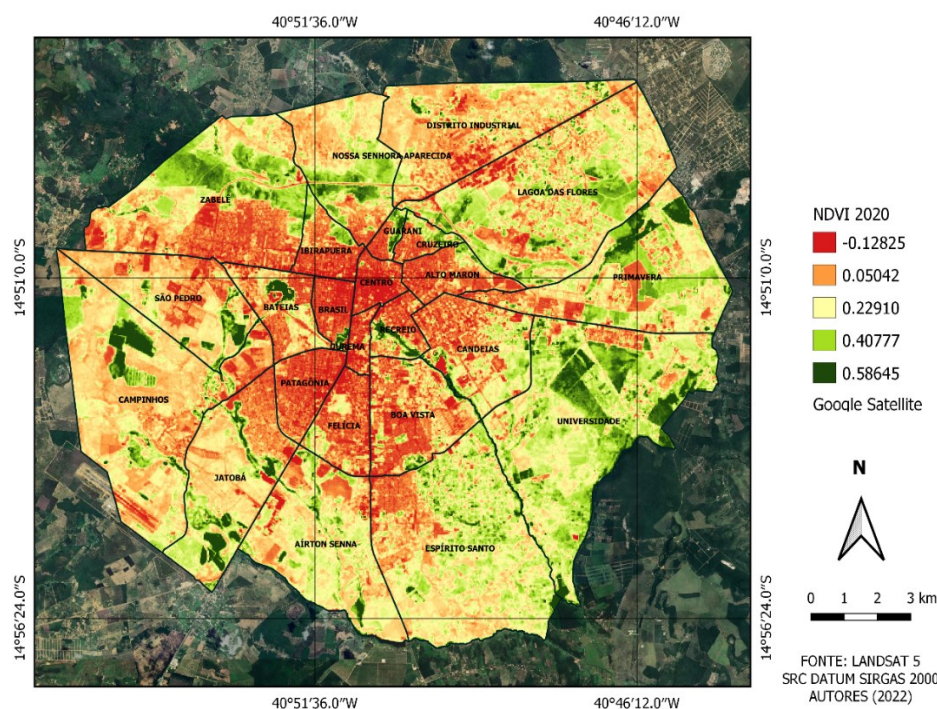
Como resultado da aplicação do índice de vegetação, obteve-se o NDVI dos anos de 2000 e 2020 (Figura 6 e 7), bem como, da diferença entre os índices gerados (Figura 8). Apresenta-se no Quadro 2 as áreas compreendidas pelo índice e a variação dos valores entre as classes para os anos avaliados.

**Figura 6** - Aplicação do índice NDVI para visualização da ocupação solo da malha urbana de Vitória da Conquista para o ano de 2000.



**Fonte:** Autores (2022).

**Figura 7** - Aplicação do índice NDVI para visualização da ocupação solo da malha urbana de Vitória da Conquista para o ano de 2020.



Fonte: Autores (2022).

**Quadro 2** – Áreas compreendidas pelo índice NDVI e a variação entre as classes nos anos de 2000 e 2020.

| Classe | Cor          | Áreas Compreendidas                                              | Variação entre as classes 2000 - 2020 |
|--------|--------------|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| I      | Vermelho     | Corpos d'água e Área Urbana de alta densidade                    | 0,729                                 |
| II     | Laranja      | Área Urbana de baixa densidade e Solo com aspectos de degradação | 0,486                                 |
| III    | Amarelo      | Solo Exposto                                                     | 0,243                                 |
| IV     | Verde Claro  | Vegetação Rasteira / Esparsa                                     | 0,00059                               |
| V      | Verde Escuro | Vegetação Densa / Arbustiva                                      | 0,244                                 |

Fonte: Autores (2022).

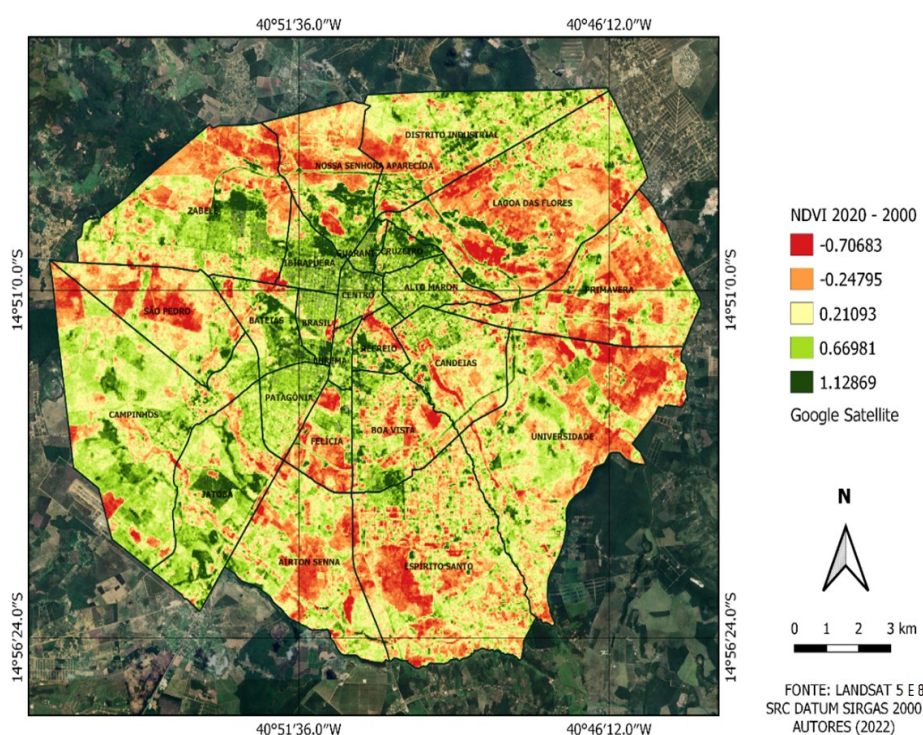
Com relação aos valores do índice, quanto mais próximos de 1,0 indica-se a presença de vegetação e os valores próximos de -1,0 representam áreas sem vegetação, como é o caso dos valores próximos de zero (positivos e negativos) que representam a área urbana ou solo degradado. Com os valores obtidos com os NDVI, juntamente com os resultados da análise visual das composições de bandas, identificou-se que a primeira classe representada pela cor vermelha nas Figuras 6 e 7, englobou áreas urbanizadas com alta densidade e corpos hídricos. Enquanto na classe laranja encontrou-se áreas urbanizadas com baixa densidade e solo degradado. A classe amarela compreendeu solo exposto, a classe verde-clara representou a vegetação com baixa densidade, e a verde escuro englobou as áreas vegetadas de alta densidade.

Com os valores obtidos em cada classe, verificou-se a variação nos valores máximos e mínimos armazenados pelos pixels, que foi de -0,857 a 0,830 para os anos de 2000, apresentado na Figura 6, e de -0,128 a 0,587 para 2020, como ilustrado na Figura 7. As classes que representam as áreas de urbanização e solo degradado entre os dois períodos analisados sofreram uma variação de 0,729 e 0,486 de 2000 para 2020, o que, juntamente com a análise visual, justificou o aumento dessas áreas.

Com relação à variação de 2000 para 2020 para as outras classes, observou-se uma diminuição considerável na classe que engloba a vegetação densa, e de forma quantitativa foi de aproximadamente 0,244. No entanto, houve redução da vegetação rasteira, mas esta não foi significativa quanto às outras áreas. A classe que representa o solo exposto teve uma variação de 0,243, que unida com as outras análises representou um aumento da área.

Para compreender melhor as diferenças e alterações ocorridas nas figuras apresentadas acima, foi gerada a Figura 8 que mostra as diferenças da ocupação do solo da área em análise (NDVI 2020 - 2000).

**Figura 8** - Mapa da diferença da aplicação do índice NDVI para visualização da ocupação da malha urbana de Vitória da Conquista para os anos de 2020 e 2000.



**Fonte:** Autores (2022).

Com a subtração do índice NDVI de 2020 em relação ao de 2000, os valores próximos a zero representaram as áreas onde não houve alterações significativas, enquanto os valores negativos demonstraram uma redução das áreas. Os valores positivos próximos de 1,0 apresentaram aumento das áreas ao comparar o período analisado.

Ao observar as diferenças ocorridas, verificou-se a redução da cobertura vegetal, visto que em 2000 houve uma maior presença da vegetação densa em relação a 2020. A redução da vegetação pode ser explicada pelas alterações provenientes das ações antrópicas que substituem a pastagem natural, espécies arbustivas e arbóreas por espécies forrageiras, processo este, definido como raleamento da caatinga. Essa diminuição também se deve ao fato de a análise ter uma diferença de 20 anos entre o período analisado, tempo suficiente para grandes modificações na paisagem urbana.

Notou-se um aumento significativo das áreas construídas no ano de 2020, o que comprova o aumento da ocupação do solo intensificada pelo desenvolvimento das atividades econômicas como os comércios e implantação de indústrias. Verificou-se também que em 2000, os valores que representam alta densidade da cobertura vegetal estavam espalhados em diferentes bairros, dentre eles: Lagoa das Flores, Primavera, Zabelê, Nossa Senhora Aparecida, Universidade. No decorrer dos anos a diminuição é observada principalmente em bairros que fazem parte do Parque Municipal da Serra do Periperi.

A Serra do Periperi se destaca pela grande diferença observada na extensão de vegetação nativa. A maneira como tem sido retirada a cobertura vegetal contribuiu para o aumento dos desequilíbrios no meio ambiente natural. Os impactos sobre o solo do parque são duradouros devido ao crescimento urbano acelerado e desordenado, refletindo em um alto custo para recuperação das áreas degradadas (MAIA, 2005; JESUS, 2010; VEIGA, 2010).

Com relação à presença de áreas vegetadas no entorno do rio Verruga, percebeu-se que houve uma diminuição da sua densidade entre os anos analisados. Isto ocasionou impactos negativos ao corpo hídrico tão importante para a drenagem da cidade. Efeitos estes que juntamente com a ação antrópica e aumento da urbanização intensificou o processo erosivo local.

Novais *et al.* (2016) realizaram um estudo do uso e ocupação do solo no entorno do rio Verruga através de mapeamento. Foi relatado que aproximadamente 40% do solo está desprovido de cobertura vegetal. Retratam ainda que devido as margens dos rios estarem cada vez mais devastadas, são aumentadas as probabilidades da ocorrência de impactos ambientais negativos.

Por meio da Figura 8, também foi observado um aumento das características vegetativas no bairro bateias, especialmente na Lagoa das Bateias, que em 2000 o NDVI apresentou valores negativos, representando um corpo hídrico. Porém, em 2020 a lagoa apresentou valores acima de 0,4. Isto se justifica pela alta concentração de poluentes no corpo d'água, elevando a eutrofização. Deste modo, após aplicação do índice NDVI, foi enquadrado na classe de vegetação devido ao seu alto potencial fotossintetizante.

As áreas de solo exposto e degradado também foram aumentadas. De acordo com a FEP (2018), as atividades agropecuárias, silvicultura e práticas de queimadas são os responsáveis historicamente pelo desmatamento, supressão e substituição de grande parte da cobertura vegetal. Ocorre então a compactação do solo e o comprometimento da sua diversidade.

Com relação à eficiência do índice NDVI, é demonstrada a dificuldade na diferenciação dos tipos de vegetação de baixa densidade. As áreas que são classificadas como cobertura vegetal esparsa, podem ser áreas que apresentam pastagens, vegetação pouco densa, vegetação estressada, ou seja, não saudável, e até mesmo áreas próximas de estar desnudas (OLIVEIRA *et al.* 2013). Segundo Huete e Tucker (1991), a aplicação do índice de vegetação NDVI para os solos expostos encontra-se na faixa de 0,05 a 0,30. Devido às interferências nas propriedades ópticas do solo, não é possível estabelecer um intervalo fixo e rigoroso de valores para solos com pouca ou nenhuma vegetação, conforme relataram Coelho *et al.* (2015).

No referido estudo, pelo fato do solo degradado apresentar os intervalos de valores para o NDVI próximos, ou até mesmo, iguais aos das áreas construídas, não foi possível dissociá-los em classes distintas. Essas confusões ocorrem devido às superfícies possuírem uma resposta espectral próxima.

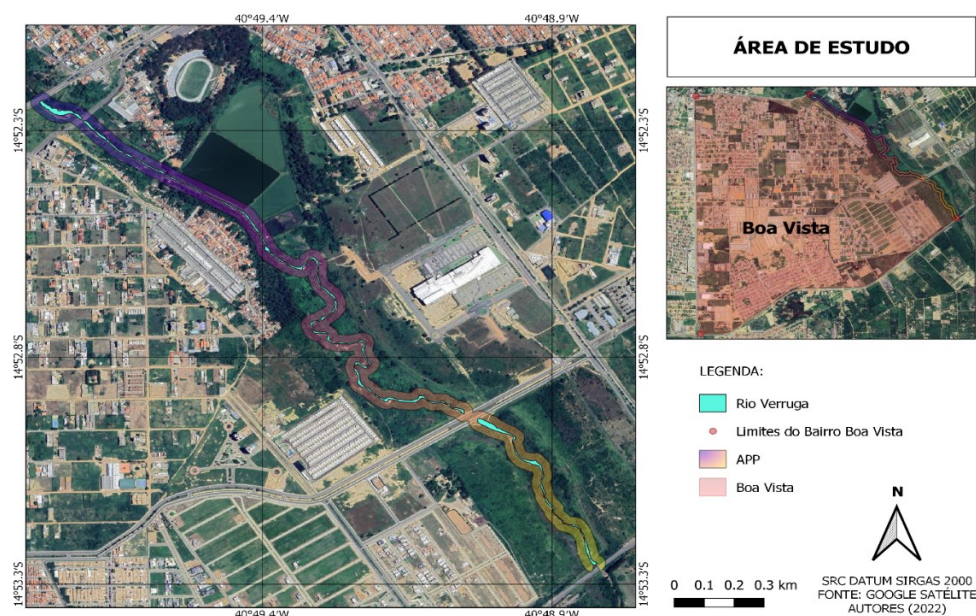
### ***Impactos no rio Verruga provenientes da redução da vegetação e crescimento da malha urbana***

O rio Verruga está inserido na Reserva Florestal do Poço Escuro que fica localizada no Parque Municipal da Serra do Periperi, onde estão as principais nascentes deste corpo hídrico. Através do levantamento realizado pela FEP (2018), foi possível verificar a ocupação intensiva no entorno do rio Verruga e ainda, a presença de vegetação em algumas áreas, como as que compreendem a Serra do Periperi. No entanto, as nascentes do rio nessa área encontram-se desprotegidas devido ao desmatamento ocasionado pela retirada excessiva de areia e cascalho do parque para a construção civil.

O estudo realizado pela FEP (2018) também aponta a presença marcante de áreas vegetadas em trechos do rio que passam pelo bairro Boa Vista, ainda que este tenha demonstrado o maior crescimento populacional ao longo dos anos. A ocupação do solo no bairro já se encontra próximo do entorno do rio Verruga, devido ao crescente número de construções no bairro, justificada pela alta valorização imobiliária.

Essa ampliação torna-se preocupante, pois aumentam-se os riscos para a população que mora nas margens do rio e, por sua vez, estão mais suscetíveis às inundações. Seguindo esse ritmo, em 2040 alcançará a sua alta densidade, conforme os parâmetros municipais. A Figura 9 apresenta a atual situação da vegetação e ocupação no entorno do rio no referido bairro.

**Figura 9** - Situação da área de Preservação Permanente (APP) do rio Verruga no trecho urbano do bairro Boa Vista.



Fonte: Autores (2022).

Por mais que haja a expansão do crescimento urbano no Bairro Boa Vista em regiões próximas do rio, ainda há a presença de vegetação em seu entorno, mesmo que em uma menor densidade. Conforme a FEP (2018), as matas ciliares do rio Verruga nesse trecho sofrem pela ação antrópica com descarte de resíduos sólidos, principalmente os de construção civil provenientes da demolição, o que intensifica a erosão e poluição do corpo hídrico.

Como forma de melhorias, é necessária uma maior fiscalização das Áreas de Preservação Permanente (APP) de modo a impedir as ocupações inadequadas. É preciso a cobrança das construtoras a realização da implementação dos Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos de Construção Civil (PGRCC), a fim de reduzir a disposição desses resíduos em áreas inapropriadas. Inclui-se também o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV) de modo a considerar os efeitos no rio Verruga e para a população antes de iniciar as suas obras.

Como visto, desde o início do processo da urbanização da cidade são observadas as modificações da paisagem natural e os efeitos na bacia hidrográfica em análise. Efeitos estes provocados pela minimização da vegetação local e das matas ciliares, crescimento do tecido urbano, principalmente no entorno do rio, demais ações antrópicas e outros fatores envolvidos (Quadro 3).

**Quadro 3** – Aspectos e impactos ambientais devido à redução da vegetação e ocupação desordenada.

| Aspectos Ambientais | Impactos Ambientais | Propostas/ Programas |
|---------------------|---------------------|----------------------|
|---------------------|---------------------|----------------------|

|                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Redução da Cobertura Vegetal e áreas verdes (bairros que englobam a Serra do Periperi e nas matas ciliares no entorno do rio Verruga)</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alterações no balanço microclimático;</li> <li>• Aumento da temperatura;</li> <li>• Extinção da biodiversidade;</li> <li>• Erosão e degradação do solo;</li> <li>• Aumento da poluição do ar;</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Projeto “Adote uma praça”;</li> <li>• Projeto “Minha Árvore”;</li> <li>• Revitalização das praças e áreas verdes;</li> <li>• Semana do Meio Ambiente;</li> <li>• Criação do Parque Ambiental do Rio Verruga;</li> </ul> |
| <b>Desmatamento provocado pela Exploração mineral na Serra do Periperi</b>                                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desconforto térmico;</li> <li>• Redução da umidade do ar;</li> <li>• Desestabilização da bacia hidrográfica;</li> <li>• Alterações no ciclo hidrológico;</li> </ul>                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maiores Fiscalizações sobre as áreas de APP (Rio Verruga e Serra do Periperi);</li> <li>• Emprego de tecnologias que reduzam o número de bactérias no tratamento do efluente;</li> </ul>                                |
| <b>Lançamentos de contaminantes (efluentes, resíduos sólidos, agrotóxicos no rio Verruga)</b>                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Poluição e assoreamento dos rios;</li> <li>• Deterioração da qualidade da água;</li> <li>• Elevação do escoamento superficial;</li> <li>• Redução da infiltração do solo;</li> </ul>                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar as notificações de ocupações inadequadas;</li> <li>• Cobrar das construtoras a elaboração e aplicação do Estudo de Impacto de Vizinhança (Boa Vista);</li> </ul>                                               |
| <b>Inundações</b>                                                                                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Riscos de contaminação da população;</li> <li>• Vulnerabilidade socioambiental;</li> </ul>                                                                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Restauração das matas ciliares;</li> <li>• Programas de Conservação e Manejo dos corpos hídricos;</li> <li>• Reuso do efluente das estações de tratamento.</li> </ul>                                                   |

**Fonte:** (FEP, 2018; GUIMARÃES; PAULA, 2013; NOVAIS *et al.*, 2016; ROCHA, 2008; SILVEIRA, 2011).

**Elaborado por:** Autores (2022).

A partir do quadro apresentado, destacam-se os aspectos ambientais: diminuição da vegetação e áreas verdes nos bairros e redução das matas ciliares no entorno do rio Verruga. Esses impactos ocasionam alterações no balanço microclimático, aumento da temperatura, erosão e degradação do solo, aumento da poluição dos corpos hídricos e do ar, redução da umidade do ar, e desestabilização da bacia hidrográfica.

Com a expansão da malha urbana e ocupação dos bairros, as problemáticas ambientais se intensificaram cada vez mais, principalmente pelo fato do crescimento urbano ter se apropriado demasiadamente dos recursos naturais. Conforme Rosolem, Vicentini e Steiner (2012), a remoção da vegetação local para exploração de áreas, muitas vezes, ocasiona efeitos ao meio ambiente urbano que podem ser irreversíveis, como por exemplo, a extinção da biodiversidade, assoreamento, erosão, degradação do solo, entre outros.

A diminuição das áreas vegetadas torna-se uma preocupação, visto que a existência e manutenção das áreas verdes contribuem para a sadia qualidade de vida da população e para a qualidade ambiental

urbana. A presença de vegetação purifica o ar, diminui as enchentes por conta das áreas permeáveis que as cercam, traz melhorias e equilíbrio para o microclima, evitando o desconforto térmico, redução da sensação de calor e aumento da umidade do ar.

Neste sentido, a Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMMA) de Vitória da Conquista tem buscado adotar medidas diversas a fim de melhorar as áreas verdes da cidade e preservar as nascentes. Para isso, ocorreu a criação do Parque Ambiental do rio Verruga em 2018 com a finalidade de preservar os biomas locais da área e minimizar as condições atuais as quais o rio se encontra. Como forma de sensibilizar a população sobre as questões ambientais vivenciadas no município, também é realizado eventos como a Semana de Meio Ambiente. A gestão municipal também tem expressado uma atenção especial para o aspecto paisagístico, com a revitalização de suas praças e melhoria da paisagem urbana.

As anormalidades nas características físicas, químicas e microbiológicas da água do rio Verruga comprovam que o seu corpo hídrico vem enfrentando uma intensa deterioração devido ao lançamento de agrotóxicos e esgotos “*in natura*” de diversos tipos. Segundo a FEP (2018), em um intervalo de 20 anos, a cobertura de rede geral coletora de esgoto teve um aumento de 61,83%. Em contrapartida, há cerca de 75.496 ligações de esgoto na qual o rio Verruga, até então, é o principal receptor das descargas do sistema de esgotamento sanitário.

Com o intuito de minimizar a situação da poluição das águas do rio Verruga são necessárias as seguintes ações: restauração das matas ciliares, o emprego de tecnologias que reduzam demasiadamente o número de bactérias após o tratamento do efluente. Além disso, a implantação de projeto de reuso dos efluentes que saem das estações de tratamento, uma vez que esta saída representa cerca de 400 L/s de esgoto que é despejado no corpo hídrico do rio. Por último, investimentos em propostas que estimulem a ampliação da rede coletora de esgoto na malha urbana de Vitória da Conquista, já que 20% da população ainda não dispõe de esgotamento sanitário.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio da pesquisa realizada foi possível compreender como o crescimento urbano da sede municipal reflete na ocupação do solo e nas mudanças da cobertura vegetal, ocasionando diferentes impactos no rio Verruga. Por isso, é preciso cada vez mais ter um controle da expansão urbana, principalmente pelo fato de algumas construções já estarem próximas do entorno do rio. Essa situação demonstra a falta de fiscalizações dos órgãos públicos responsáveis que não minimizam hábitos antrópicos frequentes que impactam a bacia hidrográfica dentro do perímetro urbano.

Com relação a eficiência da aplicabilidade do índice NDVI para realizar um diagnóstico da cobertura vegetal e da ocupação do solo ao longo do tempo, esta foi satisfatória para obter uma perspectiva da atual situação da cidade analisada. Com a aplicação do índice e da diferença dos NDVI gerados, observa-se uma redução significativa na densidade da vegetação na malha urbana, como também ao longo das margens do rio Verruga. É perceptível também o aumento das áreas urbanas e da exposição do solo, devido não só às ações naturais e antrópicas, mas também, pelas atividades econômicas da região.

Essa redução no entorno do rio torna-se preocupante, uma vez que a ocupação dessas áreas acarreta diversos impactos ambientais em diferentes níveis. Estes efeitos posteriormente contribuem para uma maior degradação do rio, alterando as suas características naturais, e reduzindo ainda a qualidade da sua água. Salienta-se a necessidade de adotar ações e propostas que tenham um olhar aprofundado aos impactos que a ocupação do solo e redução da cobertura vegetal acarreta a bacia do rio Verruga, tão importante para a drenagem e subsistência da cidade de Vitória da Conquista.

## REFERÊNCIAS

- ASSIS, J. M. O.; CALADO, L. de O.; SOUZA, W. M. de.; SOBRAL, M. do C. Mapeamento do uso e ocupação do solo no município de Belém de São Francisco – PE nos anos de 1985 e 2010. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 7, n. 5, p. 859-870, 2014.
- COELHO, R. H. V.; VILLAR, C. A.; GUSMÃO, L.; MONTENEGRO, L. G. M. S.;
- SILVA, B. B.; VASCONCELOS, R.; OLIVEIRA, M. M. L.; Índices de vegetação e temperatura da superfície por Sensoriamento remoto em bacia hidrográfica do Semiárido brasileiro. In: XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2015, Brasília. **Anais...** Brasília: ABRHidro, 2015.
- DUPASA, R.; DELMASC, M.; DORIOZD, J. M.; GARNIERE, J.; MOATARF, F.; GASCUEL-ODOUXA, C. Assessing the impact of agricultural pressures on N and P loads and eutrophication risk. **Ecological Indicators**, v. 48, p. 396-407, 2015.
- ESRI. **Band Combinations for Landsat 8**. Imagery & Remote Sensing, 2013. Disponível em: <<https://www.esri.com/arcgis-blog/products/product/imagery/band-combinationsforlandsat8/?rmedium=redirect&rsource=blogs.esri.com/esri/arcgis/2013/07/24/band-combinations-for-landsat-8>>. Acesso em: 15 out. 2022.
- FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. DE B.; CHAVES, L. H. G.; LIMA, E. R. V. de. Detecção de Mudança da Vegetação de Caatinga. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 5, n. 6, p. 1473-1487, 2012.
- FRANÇA, I. S. de.; ALMEIDA, M. I. S. de.; OLIVEIRA, R. dos S.; QUEIROZ, C. G. T. Produção do espaço urbano e a dinâmica imobiliária na cidade média de Montes Claros/MG. **Revista Cerrados (Unimontes)**, v. 12, n. 1, p. 199-223, 2014.

FUNDAÇÃO ESCOLA POLITÉCNICA – FEP (2018). Plano Estratégico Vitória da Conquista 2020. **Relatório do Diagnóstico do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Volume II –Diagnóstico Preliminar Físico-Ambiental.** Disponível em: <

[https://www.pmvc.ba.gov.br/wpcontent/uploads/PMVC\\_PDDU\\_Produto\\_07\\_Tomo\\_II\\_Volume\\_II\\_Diagn%C3%B3stico-F%C3%ADstico-ambiental.pdf](https://www.pmvc.ba.gov.br/wpcontent/uploads/PMVC_PDDU_Produto_07_Tomo_II_Volume_II_Diagn%C3%B3stico-F%C3%ADstico-ambiental.pdf)>. Acesso em: 20 jan. 2022.

FUNDAÇÃO ESCOLA POLITÉCNICA – FEP (2018). Plano Estratégico Vitória da Conquista 2020. **Relatório Preliminar do Termo de Referência do Plano Municipal de Saneamento Básico.** Disponível em:

<[https://www.pmvc.ba.gov.br/wpcontent/uploads/PMVC\\_PDDU\\_Produto\\_03\\_Tomo\\_IV\\_R\\_PMSB\\_03Out2018.pdf](https://www.pmvc.ba.gov.br/wpcontent/uploads/PMVC_PDDU_Produto_03_Tomo_IV_R_PMSB_03Out2018.pdf)>. Acesso em: 20 jan. 2022.

FUNDAÇÃO ESCOLA POLITÉCNICA – FEP (2018). Plano Estratégico Vitória da Conquista 2020. **Relatório de Diagnóstico Integrado e Cenários do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano.** Disponível em: <[https://www.pmvc.ba.gov.br/wp-content/uploads/PMVC\\_PDDU\\_Produto\\_9\\_Tomo-II-%E2%80%93-Relat%C3%B3rio-do-Diagn%C3%B3stico-Integrado-e-Cen%C3%A1rios-do-Plano-Diretor-de-Desenvolvimento-Urbano-PDDU.pdf](https://www.pmvc.ba.gov.br/wp-content/uploads/PMVC_PDDU_Produto_9_Tomo-II-%E2%80%93-Relat%C3%B3rio-do-Diagn%C3%B3stico-Integrado-e-Cen%C3%A1rios-do-Plano-Diretor-de-Desenvolvimento-Urbano-PDDU.pdf)>. Acesso em: 20 jan. 2022.

GUIMARÃES, S. O.; PAULA, A. análise da percepção ambiental de produtores rurais do Assentamento Amaralina, Vitória da Conquista – BA. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n.16, p. 1662-1680, 2013.

HUFFNER, J. G. P; OLIVEIRA, A. R. F. O crescimento urbano desordenado no município de Ponta de Pedras na ilha do Marajó: um estudo de caso do bairro Carnapijó. **InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade**, v. 3, n. 8, p. 159 – 181, jan/abr 2017.

JENSEN, J. R. **Remote sensing of the environment: an Earth resource perspective**. New Jersey: Prentice Hall, 2009. 598p.

JESUS, R. B. Os recursos naturais e sua exploração na formação territorial do Município de Vitória da Conquista-BA. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, n. 9, p. 1-13, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Demográfico 2000**. Rio de Janeiro, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Cidades e Estados 2020**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ba/vitoria-da-conquista.html>>. Acesso em: 13 mar. 2022.

INPE. **Landsat**. Divisão de Geração de Imagens, 2020. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/documentacao/satelites/landsat>>. Acesso em 17 ago. 2022.

KOBAYASHI, A. R. K.; KNISS, C. T.; SERRA, F. A. R.; FERRA, R. R. N.; RUIZ, M. S. Smart Sustainable cities: bibliometric study and patent information. **International Journal of Innovation**, v. 1 n. 5, p. 77-96, 2017.

LI, K.; CHEN, Y. A Genetic Algorithm-Based Urban Cluster Automatic Threshold Method by Combining VIIRS DNB, NDVI, and NDBI to Monitor Urbanization. **Remote Sensing**, v. 10, n. 2, p. 277, 2018.

LOPES, B. O.; BOSÍSIO, D.; MERIQUE, F. G. A.; BIANCHINI, G. M.; MATSUTANE, T. Y. N.; MARIA, Y. R. Uso e ocupação do solo urbano – Jardim das Rosas – Presidente Prudente/SP. **Colloquium Humanarum**, v. 12, n. Especial, p. 392-398, 2015.

LOPES, R. P. M. **Universidade pública e desenvolvimento local: uma abordagem a partir dos gastos da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia**. Edições UESB: Vitória da Conquista, 2015. 215 p.

MAIA, M. R. **ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE VITÓRIA DA CONQUISTA-BA: UM SUBSÍDIO AO PLANEJAMENTO**. 2005. 170 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2005.

MAIA, M. R. **Sustentabilidade e Agricultura familiar em Vitória da Conquista –BA**. 2012. 187 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristovão, 2012.

MONTEIRO, A. R.; VERAS, A. T. de R. A Questão Habitacional no Brasil. **Mercator**, v. 16, e16015, 2017.

NOVAIS, J. de J.; MOURA, C. F. O.; SOUZA, S. R. de; TORRES, C. J. F. Mapeamento do uso e ocupação do solo na bacia do rio Verruga – BA. **Enciclopédia Biosfera**, v.13 n. 23, p. 720, 2016.

OLIVEIRA, L. M. M.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SILVA, B. B.; MOURA, A. E. S. S.; GUSMÃO, A. C. V. L.; SALGUEIRO, J. H. P. B. Índices de vegetação por sensoriamento remoto na bacia hidrográfica do rio Tapacurá-pe. In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: ABRHidro, 2013.

OLIVEIRA, J. D. de.; SOUSA, J. B. de.; SOUZA, C. A. de. Caracterização ambiental da bacia hidrográfica do rio Branco, contribuinte do pantanal mato-grossense. **Revista Equador (UFPI)**, v. 7, n. 1, p. 53-71, 2018.

PEREIRA, A. A.; TEIXEIRA, F. R.; LIBONATI, R.; MELCHIORI, E. A.; CARVALHO, L. M. T. Avaliação de índices espectrais para identificação de áreas queimadas no Cerrado utilizando dados Landsat TM. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 68 n. 8, p. 1665-1680, 2016.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. São José dos Campos, SP: A. Silva Vieira Ed., 2010.

ROCHA, A. A. **Análise socioambiental da bacia do rio Verruga e os processos da urbanização de Vitória da Conquista – BA**. 2008. 179 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Geografia) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2008.

ROCHA, A. A. **Sociedade e Natureza: a produção do espaço urbano em bacias hidrográficas**. 1. ed. Vitória da Conquista: UESB, 2011. 156p.

ROSA, L.; ALVES, M. de C.; SANCHES, L. Uso de composições de bandas do satélite Landsat 5 TM para caracterizar a dinâmica da variação de áreas alagadas no Pantanal mato-grossense. In: XV Simpósio

Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 2013, Curitiba. **Anais...** Curitiba: INPE, 2013. p. 5292-5299.

ROSOLEM, C. A.; VICENTINI, J. P. T. M. M.; STEINER, F. Suprimento de potássio em função da adubação potássica residual em um latossolo vermelho do cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 5, p. 1507-1515, 2012.

SILVA, E. T. J. B. **Utilização dos índices de Vegetação do Sensor MODIS para Detecção de Desmatamentos no Cerrado: Investigação de Parâmetros e Estratégias**. 2004. 146 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2004.

SILVA, S. C. P. da; BAPTISTA, G. M. de M. Análises espectrais da vegetação com dados hyperion e sua relação com a concentração e o fluxo de CO<sub>2</sub> em diferentes ambientes na Amazônia brasileira. **Boletim de Ciências Geodésicas – BGC**, v. 21, n. 2, p. 354-370, abr-jun, 2015.

SILVEIRA, P. A. Indicadores de vulnerabilidade e classificação de áreas de risco ambiental na vertente sul da serra do Periperi em Vitória da Conquista. **Revista Geográfica de América Central**, v. 2, n. 47, 2011.

STANGANINI, F. N.; LOLLO, J. A. O crescimento da área urbana da cidade de São Paulo/ SP entre os anos de 2010 e 2015: o avanço da degradação ambiental. **Urbe: Revista brasileira de gestão urbana**, v. 10, supl.1, 2018.

TAVARES, T. R.; FIORIO, P. R.; MARTELLO, M.; STRABELI, T. F.; Barros, P. P.S. Observação do Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) de diferentes tipos de vegetação nativa no período de estiagem de 2011 e 2014, em Piracicaba-SP. **Revista Hipótese**, v. 1, n. 2, p. 77-91, 2015.

TRINDADE, S. P.; RODRIGUES, R. de A. Uso do solo na microbacia do Ribeirão Samambaia e sua relação com a suscetibilidade à erosão laminar. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 10, n. 1, p. 163-181, 2016.

TUCKER, C. J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. **Remote Sensing of Environment**, v. 8, n. 2, p. 127-150, 1979.

VEIGA, A. J. P. **Sustentabilidade urbana, avaliação e indicadores: um estudo de caso sobre Vitória da Conquista – BA**. 2010. 283f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura. Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2010.