

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA

CAMPUS PRINCESA ISABEL

CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO AMBIENTAL DE MUNICÍPIOS

RUBÊNIA CARMELITA CORDEIRO DA SILVA

USO DE IMAGENS DE SATÉLITE NA ESTIMATIVA DO ÍNDICE DE QUALIDADE
AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE PRINCESA ISABEL – PARAÍBA

PRINCESA ISABEL-PB

2019

RUBÊNIA CARMELITA CORDEIRO DA SILVA

USO DE IMAGENS DE SATÉLITE NA ESTIMATIVA DO ÍNDICE DE QUALIDADE
AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE PRINCESA ISABEL – PARAÍBA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - Campus Princesa Isabel, como requisito necessário para obtenção do Grau de Especialista em Gestão Ambiental de Municípios. Orientador: Prof. Me. Erickson Melo de Albuquerque.

PRINCESA ISABEL-PB

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S586d Silva, Rubênia Carmelita Cordeiro da.

Uso de imagens de satélite na estimativa do índice de qualidade ambiental no município de Princesa Isabel – Paraíba / Rubênia Carmelita Cordeiro da Silva. – Princesa Isabel, PB: IFPB, 2019.

29 f.: il.

Orientador: Me. Erickson Melo de Albuquerque.

Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Campus Princesa Isabel - Curso de Especialização em Gestão Ambiental de Municípios.

1. Índice de Cobertura Vegetal 2. Sensoriamento Remoto. 3. Qualidade Ambiental. I. Albuquerque, Erickson Melo de. II. Título.

IFPB

528.8 CDU

RUBÊNIA CARMELITA CORDEIRO DA SILVA

USO DE IMAGENS DE SATÉLITE NA ESTIMATIVA DO ÍNDICE DE QUALIDADE
AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE PRINCESA ISABEL – PARAÍBA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia da Paraíba - Campus Princesa
Isabel, como requisito necessário para
obtenção do Grau de Especialista em Gestão
Ambiental de Municípios.

Aprovado em, _____ de _____ de _____.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Me. Erickson Melo de Albuquerque - IFPB Princesa Isabel

Orientador (a)

Prof. Me. Artur Moisés Gonçalves Lourenço - IFPB Princesa Isabel

1º Examinador

Prof. Dr. Clayton Albuquerque de Sousa - IFPB Princesa Isabel

2º Examinador

PRINCESA ISABEL-PB

2019

O homem como um ser histórico inserido num permanente movimento de procura, faz e refaz constantemente o seu saber.

Paulo Freire

À minha família e ao meu noivo pela paciência e compreensão,

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que me possibilita a cada amanhecer coragem e saúde para vencer as batalhas diárias.

Ao meu pai, Lourival Cordeiro, e minha mãe, Neomizia Cordeiro, bases de toda a minha trajetória, exemplos de guerreiros na vida, me ensinaram que os obstáculos existem e são para serem superados.

Aos meus irmãos, Antônio, Alberto, Damião, Cicero e de modo particular à minha irmã, Maria Aparecida, a qual sempre me apoiou e incentivou.

Ao meu noivo, Fernando, pelo companheirismo, incentivo e apoio incondicional.

Ao IFPB, pela oportunidade e acolhida.

Ao meu orientador, professor Erickson de Melo Albuquerque, e à minha coorientadora, professora Ane Cristine Fortes, pela confiança, paciência e dedicação disponibilizada.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa do Índice de vegetação da Diferença Normalizada Período chuvoso.....	7
Figura 2 - Mapa do Índice de vegetação da Diferença Normalizada Período seco.....	8
Figura 3 – Mapa do Índice de vegetação Ajustado ao solo Período chuvoso.....	9
Figura 4 - Mapa do Índice de vegetação Ajustado ao solo Período seco.....	10
Figura 5 – Mapa do Índice do solo por diferença Normalizado Período chuvoso.....	11
Figura 6 - Mapa do Índice do solo por diferença Normalizado Período chuvoso.....	12
Figura 7 – Índice de qualidade Ambiental da Cidade de Princesa Isabel período chuvoso.....	13
Figura 8 - Índice de qualidade Ambiental da Cidade de Princesa Isabel período seco.....	14

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	2
2.1DESCRIBÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	2
2.2PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	4
3 RESULTADO E DISCUSSÃO.....	8
4 CONCLUSÃO.....	17
REFERÊNCIAS.....	18

USO DE IMAGENS DE SATÉLITE NA ESTIMATIVA DO ÍNDICE DE QUALIDADE AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE PRINCESA ISABEL – PARAÍBA

Resumo

A presença da cobertura vegetal nas cidades tem sido considerada por diversos pesquisadores uma variável importante, devido aos diversos benefícios que proporciona ao homem e ao equilíbrio ambiental. Nesse contexto, este artigo objetivou analisar a qualidade do ambiente do município de Princesa Isabel- Paraíba por meio do uso de índices relacionados à vegetação utilizando técnicas de sensoriamento remoto, com o uso dos índices de vegetação NDVI, SAVI e NSI, por meio do satélite Landsat 8. Ao analisar os resultados obtidos, verificou-se que o Índice de Qualidade Ambiental (IQA) do município de Princesa Isabel encontra-se ruim para o período seco tendo em vista que a precipitação nesta época é pouca e insuficiente e que o município vem sofrendo há mais de seis anos de seca. Já para o período chuvoso foi classificado como bom por haver uma maior área com cobertura vegetal densa influenciando no IQA. Logo, sua análise é de suma importância, pois mostra como a ação antrópica interfere diretamente na qualidade ambiental. Deste modo, o uso das geotecnologias foi de suma relevância por ser uma ferramenta rápida e de baixo custo operacional tornando-se base essencial para as tomadas de decisões e planejamentos.

Palavras-Chave: Índices de cobertura Vegetal; Sensoriamento Remoto; Qualidade Ambiental.

Abstract

The presence of vegetation cover in cities has been considered by several researchers an important variable, due to the diverse benefits they provide to man and the environmental balance. In this context, this article aimed to analyze the quality of the urban environment of the municipality of Princesa Isabel-Paraíba through the use of vegetation-related indexes using remote sensing techniques using the NDVI, SAVI and NSI vegetation indexes through the Landsat satellite 8. In analyzing the results obtained, it was verified that the Environmental Quality Index (IQA) of the Municipality of Princesa Isabel is bad for the dry period considering that the precipitation in this time is little and insufficient and that the municipality comes suffering for more than six years of drought. As for the rainy season, it was classified as good because there is a larger area with dense vegetation cover influencing the IQA. Therefore, its analysis is of paramount importance, as it shows how anthropic action directly interferes with environmental quality. In this way, the use of geotechnologies was of great relevance because it is a fast and low-cost operational tool, making it an essential basis for decision-making and planning.

Keywords: Vegetation cover indices; Remote sensing; Environmental Quality.

1 INTRODUÇÃO

A urbanização mal planejada caracterizada pela alta densidade demográfica, elevada proporção de áreas construídas, pavimentação/impermeabilização do solo e intensa atividade industrial interfere os processos ambientais que alteram drasticamente o clima influenciando os aspectos físicos, sociais e biológicos da região (LOMBARDO, 1985 apud GOMES; SOARES, 2004). Interferindo diretamente a qualidade de vida nas áreas urbanas a qual está diretamente ligada à infraestrutura, desenvolvimento econômico-social e aspectos ambientais das cidades. A qualidade ambiental urbana é produto da percepção humana, desenvolvida por meio do entendimento da organização do espaço urbano (GOMES e SOARES, 2004).

Neste sentido, as árvores representam um elemento essencial para promover uma adequação ambiental quanto às exigências de conforto. A vegetação é de fundamental importância para melhoria da qualidade de vida, pois tem função na melhoria e estabilidade microclimática, devido à redução das amplitudes térmicas, ampliação das taxas de transpiração, redução da insolação direta, dentre outros benefícios (MILANO e DALCIN, 2000). A falta de vegetação nas áreas verdes e espaços públicos destinados ao lazer e à recreação da população são considerados problemas que interferem na qualidade ambiental dos espaços urbanos, assim como na qualidade de vida (LIMA, 2014).

Ou seja, a qualidade de vida está relacionada ao desenvolvimento equilibrado e sustentável do ambiente (GUIMARÃES e INFORSATO, 2011), da conservação do potencial produtivo dos ecossistemas, da sustentabilidade ecológica do habitat e da valorização e preservação dos recursos naturais (ROSSATTO et al., 2008), fatores associados ao grau de contentamento na vida familiar, amorosa, social e ambiental.

Desse modo, o enfoque de estudos da qualidade ambiental de áreas urbanas emerge como tema chave para a pesquisa em gestão ambiental de ambientes urbanos, particularmente estudos realizados a partir de uma perspectiva aplicada ou orientada à promoção de mudanças que beneficiarão a população nos âmbitos social, ambiental e econômico. Assim sendo, existem vários métodos para avaliar a cobertura vegetal por meio de índices os quais são construídos pela composição ou agregação de indicadores, que podem ser um ou mais, mediante vários modelos de funções matemáticas ou regras heurísticas.

Um índice ambiental é uma classificação numérica ou descritiva de um grande volume de informação ambiental, cuja finalidade é de realizar a simplificação desses dados facilitando a tomada de decisões relativas a questão ambiental. Os índices de cobertura vegetal são indicadores, instrumento e parâmetro de avaliação da qualidade ambiental urbana (NUCCI e CAVALHEIRO, 1999; GOMES e SOARES, 2004). Para isso existem as técnicas de sensoriamento remoto as quais se mostram altamente efetivas na análise da cobertura vegetal.

A manipulação de valores de respostas espectral permite a obtenção de índices de vegetação que podem ser comparados com indicadores ecológicos da estrutura e funcionamento das florestas. Imagens resultantes do processamento digital que levam em conta estes índices facilitam a identificação das diferentes comunidades vegetais. As análises da vegetação e detecção de mudanças são realizadas com o intuito de avaliar os recursos naturais e monitorar a cobertura vegetal. Conseqüentemente, a detecção qualitativa da vegetação verde é uma das principais aplicações do Sensoriamento Remoto na tomada de decisões e gerenciamento ambiental do “alvo vegetação”.

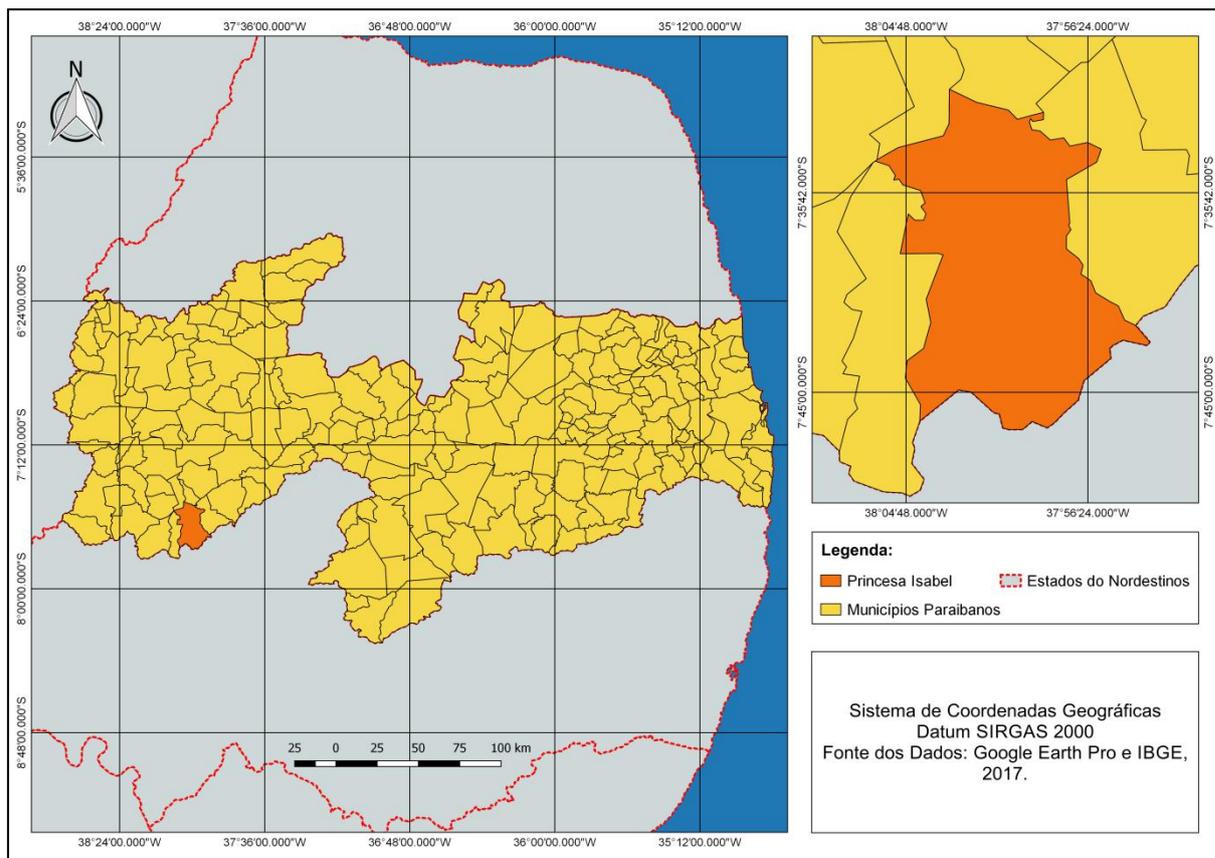
Portanto, de ante dos inúmeros benefícios que a vegetação proporciona a qualidade ambiental das cidades, o presente trabalho tem como objetivo analisar a qualidade do ambiente do município de Princesa Isabel- Paraíba por meio do uso de índices relacionados a vegetação utilizando técnicas de sensoriamento remoto.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi realizada no município de Princesa Isabel Paraíba, que está localizado na região oeste do Estado da Paraíba, microrregião Serra do Teixeira e nas coordenadas geográficas 37° 59' 34'' longitude oeste e 07° 44' 13'' de latitude sul, com altitude média de 683 metros acima do nível do mar. (Figura 1).

Figura 1- Mapa de localização do município de Princesa Isabel-PB

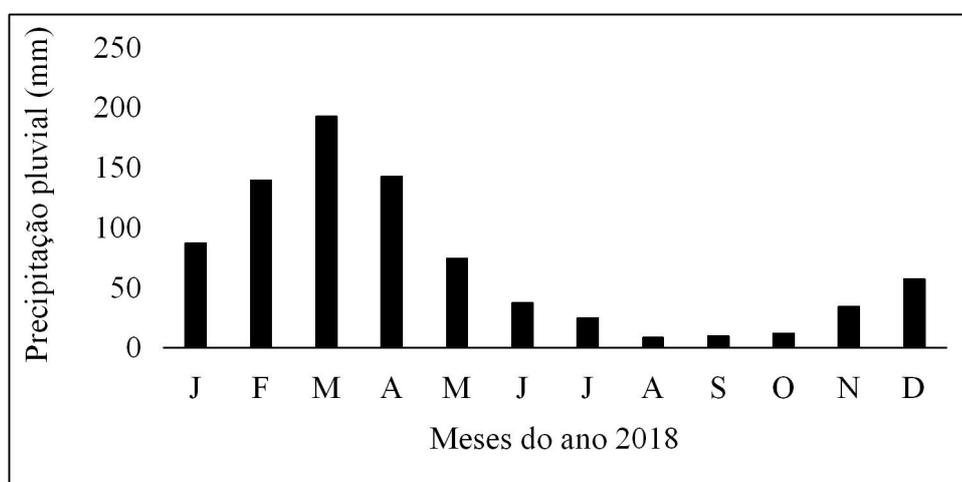


Fonte: Elaboração própria, 2019.

Princesa Isabel possui, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2010), 21.283 habitantes e sua estimativa para 2018 são de 23.215 habitantes, com uma área de 367,975 km², está inserido no bioma caatinga. Quanto aos aspectos climáticos, a área em estudo, é caracterizado como semiárido do tipo BSh' (quente e seco), segundo a classificação de Köppen, e médias pluviométricas anuais de 600 a 800 mm. Com período seco de nove a dez meses e temperaturas médias maiores que 18 °C em todos os meses do ano; médias das máximas em torno dos 34 °C e das mínimas de 15 °C.

Durante o ano de estudo, o período de maior precipitação pluvial ocorreu entre os meses de janeiro a maio/2018, com o mês de março o de maior precipitação. A partir de junho as precipitações foram reduzidas, dando início ao período seco. Os menores acumulados mensais ocorreram entre os meses de agosto e outubro (Figura 2). A média anual foi de 860,3mm sendo que a média história foi de 1.376,5mm no de 1994.

Figura 2. Acumulados mensais da precipitação pluvial do ano 2018 no município de Princesa Isabel, Paraíba.



Fonte: AESA (2019)

O município está inserido nos domínios da bacia hidrográfica do Piancó-Piranhas-Açu com área de 43.682 Km², sub-bacia do Rio Piancó com área de 9.228 Km² (AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS – AESA 2018).

A vegetação é de pequeno porte, típica de caatinga xerofítica, onde se destaca a presença de cactáceas, arbustos e árvores de pequeno a médio porte. Os solos são resultantes da desagregação e decomposição das rochas cristalinas do embasamento, sendo em sua maioria do tipo Podzólico Vermelho-Amarelo de composição areno-argilosa, tendo-se localmente latossolos e solos de aluvião. (MASCARENHAS et al, 2005).

2.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Foram adquiridas as imagens de satélite Landsat8 dos períodos chuvoso e seco da região. A primeira com base no período entre janeiro a julho de 2018 e a segunda baseada nos meses de agosto a dezembro de 2018 por serem os meses com menores médias de precipitação. Esses dois períodos foram utilizados para identificar como se comportam os índices vegetativos e a interferência direta no índice de qualidade ambiental, seguindo metodologia adaptada de Rodríguez *et al.* (2015).

As imagens foram processadas por meio de um *script* na plataforma Google Earth Engine. Sendo normalizadas e manipuladas utilizando um Sistema de Informação Geográfica (SIG) por meio do programa QGIS 3.2.

Os índices de vegetação analisados ao longo deste trabalho utilizam-se das bandas 4 (vermelho), 5 (infravermelho-próximo) e banda 6 (infravermelho médio).

Os índices de vegetação utilizados neste trabalho foram NDVI (Índice de Vegetação da Diferença Normalizada), SAVI (Índice de Vegetação Ajustado para o Solo) e NSI (índice de solo por diferença normalizada). Para determinação dos índices é necessário o cálculo da radiância e posteriormente da reflectância para as bandas requeridas provenientes do sensor Landsat 8 como pode ser visualizado no trabalho de Lopes *et al.* (2010).

Com os dados de reflectância é possível obter o NDVI com a seguinte equação (Equação 1) proposta por (ROUSE *et al.*, 1974):

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}} \quad (\text{Eq.1})$$

em que:

ρ_{NIR} : banda correspondente ao infravermelho próximo (Near Infra Red – NIR);

ρ_{RED} : banda do vermelho;

O NDVI é um índice relacionado com a condição e quantidades de vegetação (BORATTO e GOMIDE, 2013), é sensível à clorofila e outros pigmentos que captam a radiação solar (RISSO *et al.*, 2009). Os valores do NDVI variam de -1 à 1, assim quanto mais próximo de 1 maior a densidade da cobertura vegetal, de modo que quanto menor a densidade da vegetação menor o valor do NDVI (POLONIO, 2015; PONZONI e SHIMABUKURO, 2007). O índice NDVI é muito utilizado, já que ele reduz o efeito topográfico. Sua função é realçar as diferentes fisionomias de uma imagem, porém, apresenta influência no brilho e efeito espectral do solo, por isso, pode depreciar as avaliações da vegetação (DEMARCHI *et al.*, 2011).

Para amenizar esses efeitos provenientes do solo, foi criado o SAVI, que pode ser observado com a seguinte Equação 2:

$$SAVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED} + L} * (1 + L) \quad (\text{Eq.2})$$

Onde ρ_{NIR} é a banda do infravermelho próximo, ρ_{Red} é a banda do vermelho e L é o fator de ajuste para o substrato do dossel. O fator de ajuste é variável quanto à densidade da vegetação. Para cobertura vegetal de menor densidade o fator L é 1,0; para cobertura densidade vegetal intermediária o fator será 0,5, e para altas densidades, fator 0,25.

O índice SAVI equivalerá ao índice NDVI quando o fator L for igual a zero (DEMARCHI *et al.*, 2011) Tanto o SAVI como o NDVI são indicadores da densidade e da condição da vegetação verde. O SAVI é uma adaptação do NDVI, porém o SAVI utiliza um fator de ajuste para minimizar o efeito da presença de solo em meio à vegetação, retirando o efeito dos solos claros ou escuros, amenizando assim os efeitos do *background* do solo. (HUETE, 1988). No índice SAVI os valores positivos indicam áreas com presença de alguma vegetação e os valores negativos representam áreas sem vegetação, nuvens e corpos d'água (ALVARENGA e MORAES, 2014).

O índice de solo por diferença normalizada (NSI), proposto por Rogers e Kearney (2004), destaca as áreas construídas e solo nu, porque essas superfícies são mais reflexivas no NIR (infravermelho próximo) do que no SWIR (infravermelho de ondas curtas). O NSI foi obtido pela Equação 3:

$$NSI = \frac{P_{snir} - P_{nir}}{P_{snir} + P_{nir}} \quad (\text{Eq.3})$$

em que:

ρ_{swir} : é a resposta espectral do pixel na banda do infravermelho de ondas curtas.

Para a obtenção do índice de qualidade ambiental as camadas de NDVI, SAVI e NSI foram submetidas ao método de sobreposição (Eq. 4). Realizou-se a normalização dos valores de modo que todos estivessem na faixa de 0 e 1, para isso foi utilizado o método do valor máximo, o qual se fundamenta em dividir os valores de cada mapa por seu máximo valor a encontrar, este método é assinalado por Roa (2007).

$$IQA = \left[\left(\frac{NDVI - NDVI_{MN}}{NDVI_{MAX} - NDVI_{MIN}} \right) \right] + \left[\left(\frac{SAVI - SAVI_{MN}}{SAVI_{MAX} - SAVI_{MN}} \right) \right] + \left[\left(\frac{NSI - NSI_{MN}}{NSI_{MAX} - NSI_{MN}} \right) \right] \quad (\text{Eq.4})$$

em que:

$NDVI_{MN}$: é valor mínimo do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada.

$NDVI_{MAX}$: é Valor máximo do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada.

$SAVI_{MN}$: é Valor mínimo do Índice de Vegetação Ajustado para o Solo.

$SAVI_{MAX}$: é Valor máximo do Índice de Vegetação Ajustado para o Solo.

NSI_{MN} : é Valor mínimo do Índice do solo por diferença normalizada.

NSI_{MAX} : é Valor máximo do Índice do solo por diferença normalizada.

Os valores mais elevados dos índices NDVI e SAVI indicam uma elevada presença de vegetação, que corresponde a uma melhor qualidade ambiental, visto os efeitos benéficos na purificação do ar, redução dos ruídos, proporção de sombra e conforto térmico provocando uma diminuição da temperatura.

Ao contrário, os valores de NSI são mais elevados em locais com maior porcentagem de área construída ou asfalto, ou seja, de áreas impermeáveis, que determina uma diminuição nos efeitos benéficos mencionados para índices de vegetação, e aumento da temperatura superficial. Assim, os valores mais elevados de NSI, configuram uma menor qualidade ambiental. Portanto, foi considerado na obtenção do índice de qualidade ambiental com a inversão dos valores da camada.

É importante esclarecer que o mapa do índice de qualidade ambiental teve em princípio valores de zero a um, mas para uma leitura acessível foi estabelecido uma escala qualitativa ambiental, adotando os termos de ótimo, razoável e ruim, assim, a informação resultante pode ser usada pelo poder público para tomadas de decisão, planejamento urbano e gestão ambiental. Salienta-se que valores numéricos correspondem a essas classes são os valores de 0 a 1 os quais foram divididos em 3 classes de intervalos iguais e a cada uma delas foi atribuída uma descrição (bom, razoável ou ruim).

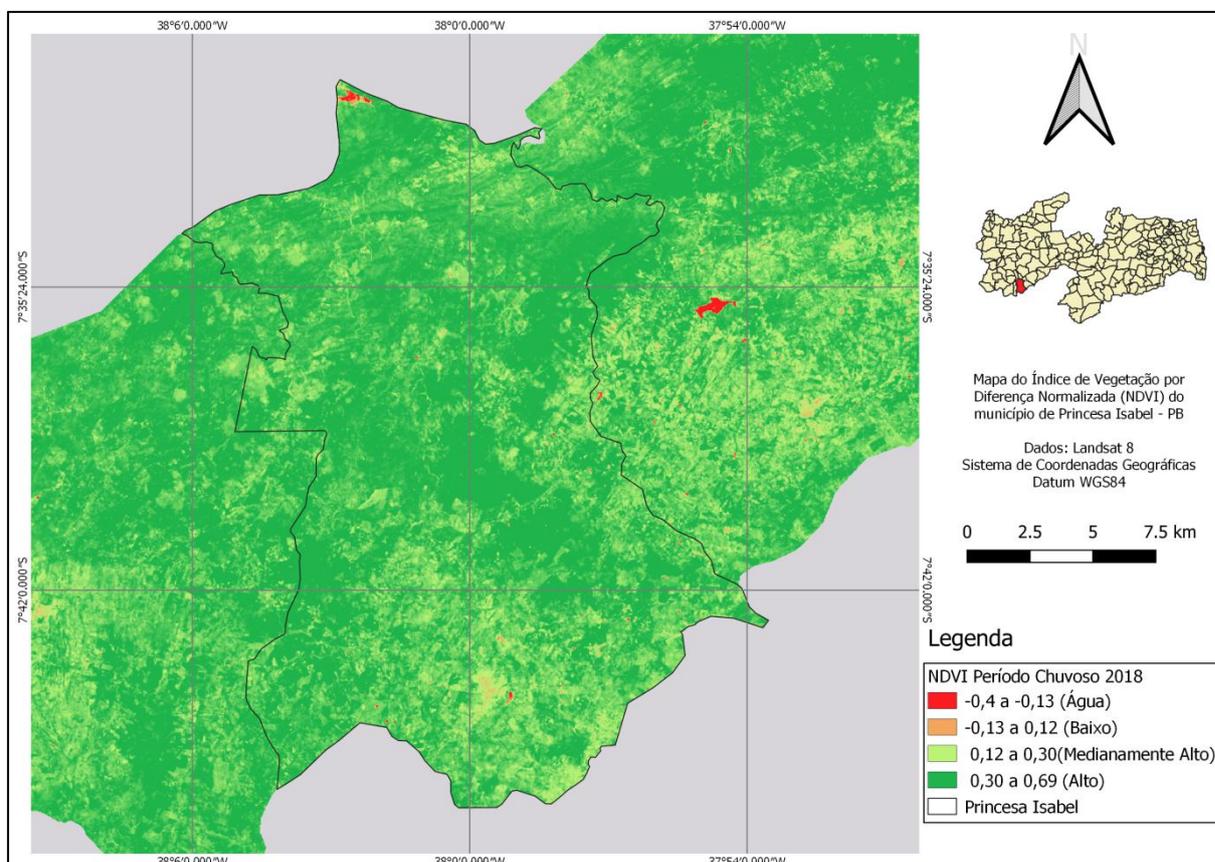
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de NDVI foram classificados em quatro classes, representadas pelas cores vermelho, laranja, verde claro e verde escuro em ordem ascendente de densidade de cobertura vegetal.

Os valores mais altos correspondem a 0,30 e 0,69 está relacionado a área de vegetação com maior vigor e densidade (Figura 1). Verifica-se que no período chuvoso, o NDVI para a área do município de Princesa Isabel apresentou valores altos, exceto para área urbanizada que expôs valores de 0,12 a 0,30 considerados baixos a médios (Figura 1). Tais valores podem está relacionados à impermeabilização do solo, gerada pela urbanização com baixa ou demasiadamente espaçada cobertura vegetal.

Observa-se que os pontos com NDVI variando entre -0,4 e -0,13 representados pela cor vermelha representam os corpos hídricos do município (Figura 1).

Figura 1. Mapa do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) período chuvoso

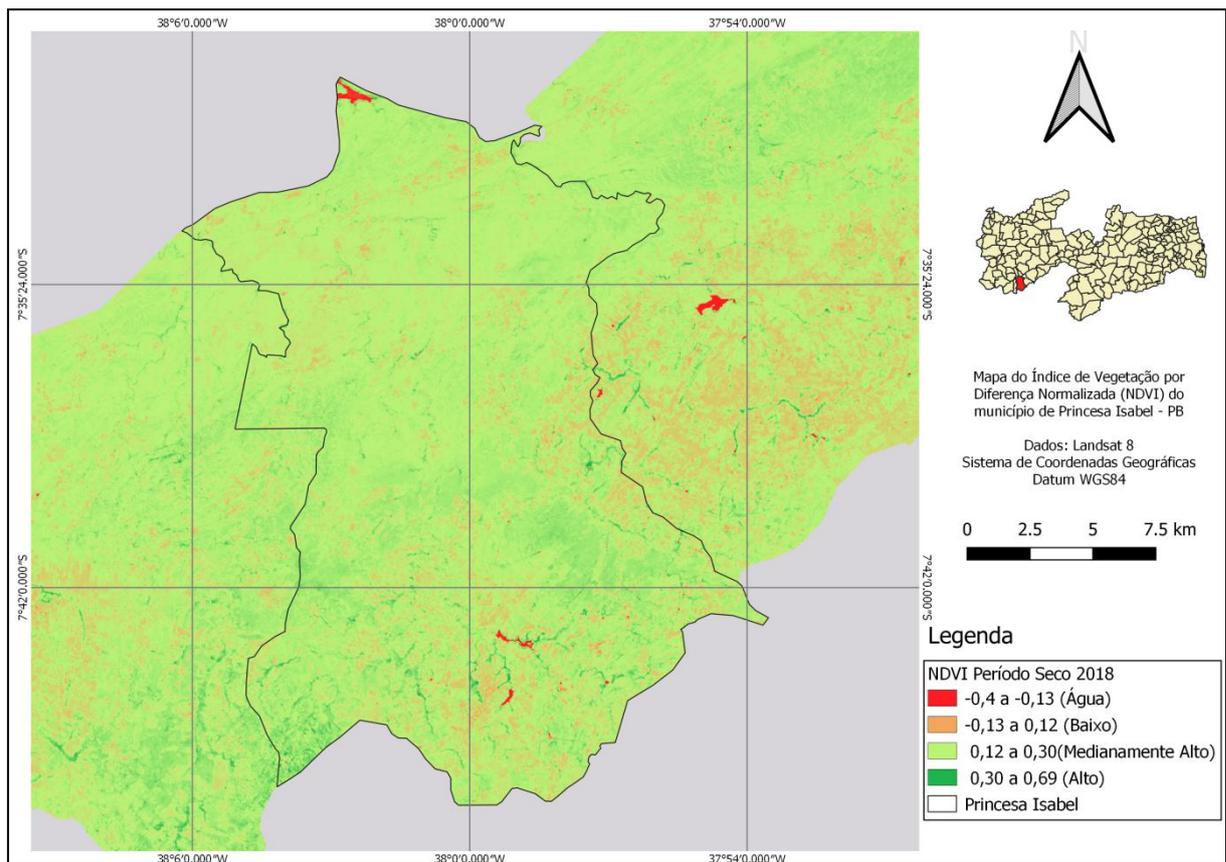


Fonte: Elaboração própria, 2019.

O NDVI obtido durante o período seco no município apresentou valores mais baixos, associados ao tom de verde claro e laranja (Figura 2). Isto pode ser que esteja relacionado a caducifolia da maior parte das espécies nativas da vegetação Caatinga. De acordo com Santana, Escobar e Capote (2005), a diminuição acentuada da precipitação pluvial pode ser um fator abiótico que estimula o processo de senescência, reduzindo a superfície foliar dos indivíduos da população arbórea e, conseqüentemente, reduzindo a perda de água por meio da transpiração. Este fato imediatamente altera o padrão de reflectância da cobertura arbórea verificada pelos valores de NDVI.

Contudo, verifica-se que ainda sim um aumento da área com valores baixos de NDVI no perímetro urbanizado do município de Princesa Isabel (Figura 2). Isso pode ter haver com a seca que assola o município há mais de seis anos.

Figura 2. Mapa do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) período seco

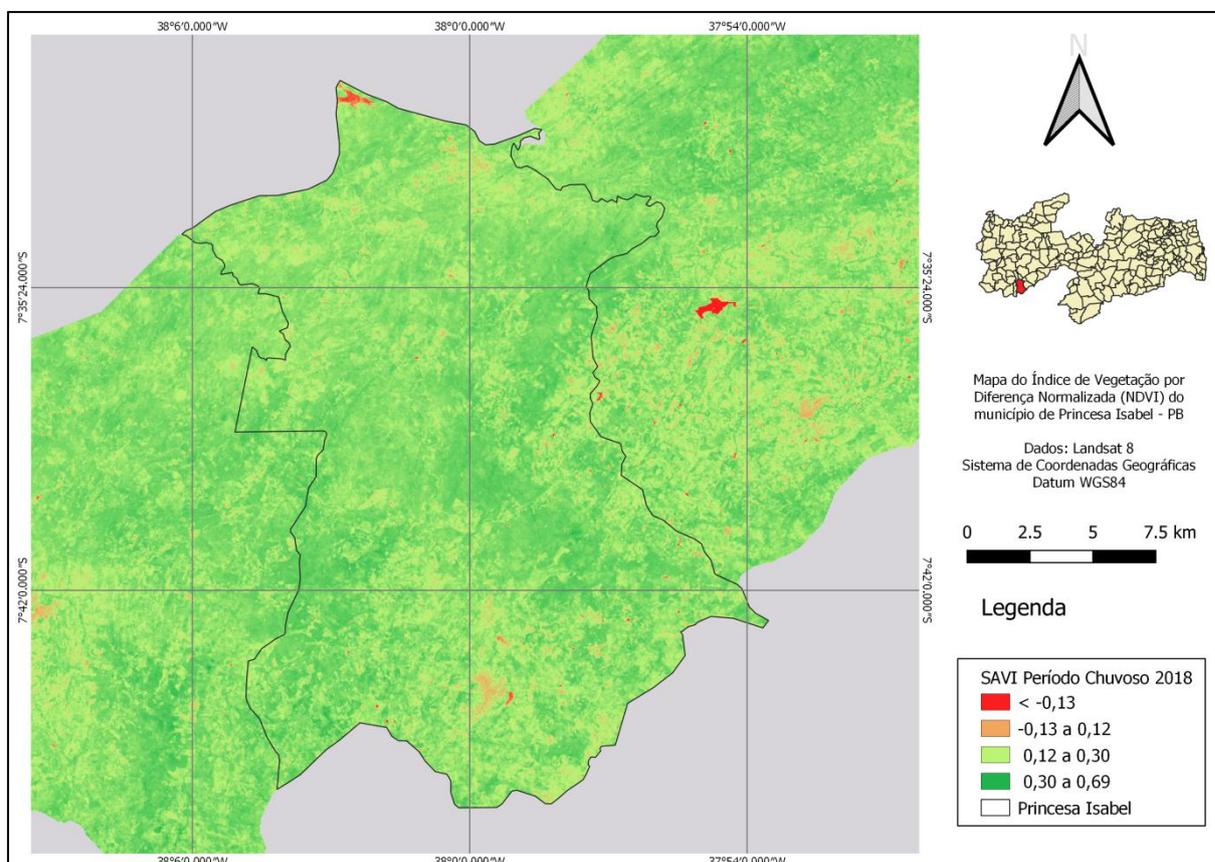


Fonte: Elaboração própria, 2019.

Os valores encontrados para o Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI) aproximaram-se aos valores de NDVI (Figura 3). Isto porque o SAVI possui uma constante de ajuste ao solo, fator importante quando se trata de regiões semiáridas como é o caso da área em estudo.

Verificou-se que na região urbana de Princesa Isabel durante o período chuvoso, os valores de SAVI variaram em torno de -0,13 e 0,12, valores estes considerados baixos (Figura3). Enquanto que no restante do município, em contraste com os valores de NDVI, o SAVI manteve-se entre 0,12 a 0,30, caracterizando índice de vegetação médio.

Figura 3: Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI) no período chuvoso

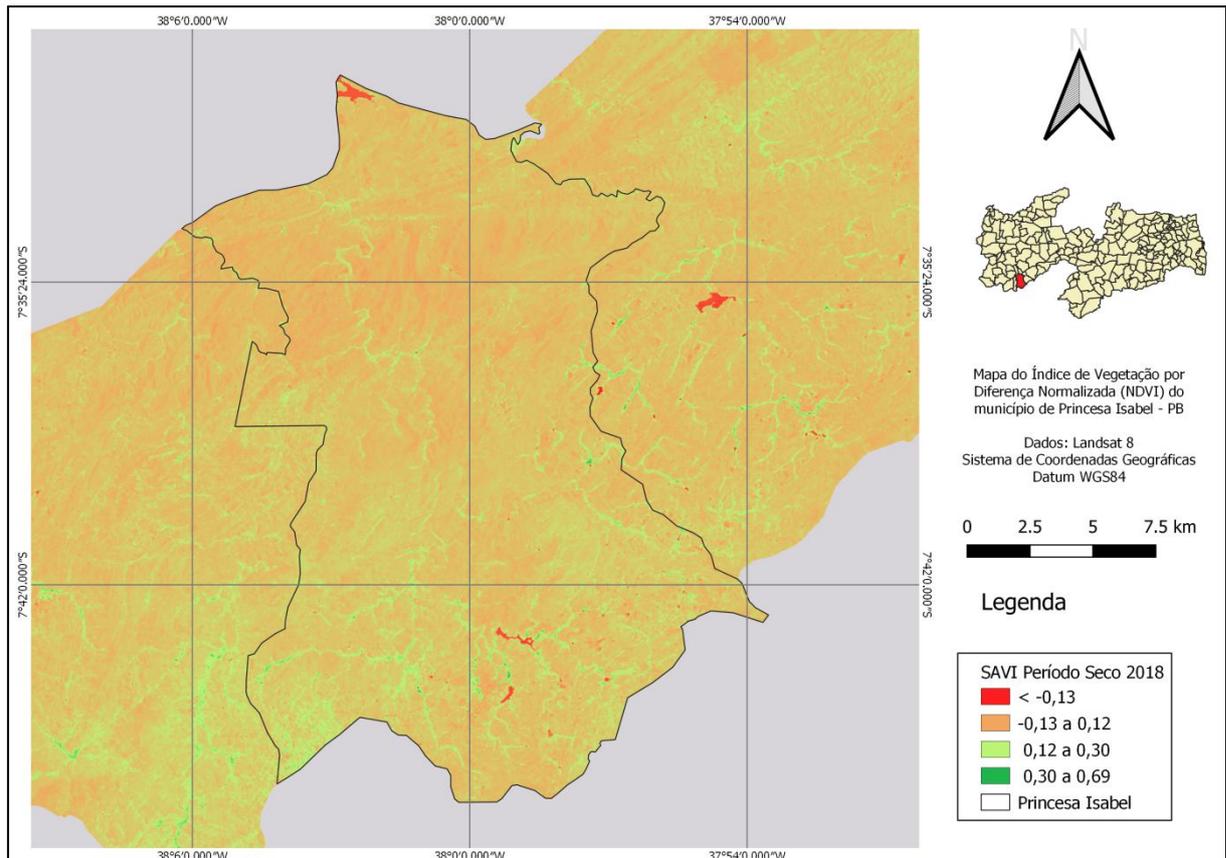


Fonte: Elaboração própria, 2019.

No período seco, essas diferenças são mais facilmente identificadas. Os valores de SAVI para boa parte do município apresentou áreas menores que 0,12 (Figura 4). Os índices NDVI e o SAVI expressam valores mais altos que representam maior cobertura vegetal aproximando-se de +1 correspondendo à vegetação mais densa representados nos mapas

temáticos na tonalidade verde escuro, enquanto os valores que apresentam baixos índices de vegetação estão mais próximos do zero, representados nos mapas na tonalidade laranja. Vale ressaltar que a mata ciliar mesmo no período seco encontra-se vigorosa representadas pelas linhas finas no mapa desempenhando assim o seu importante papel de proteção dos lagos, olhos d'água e represas.

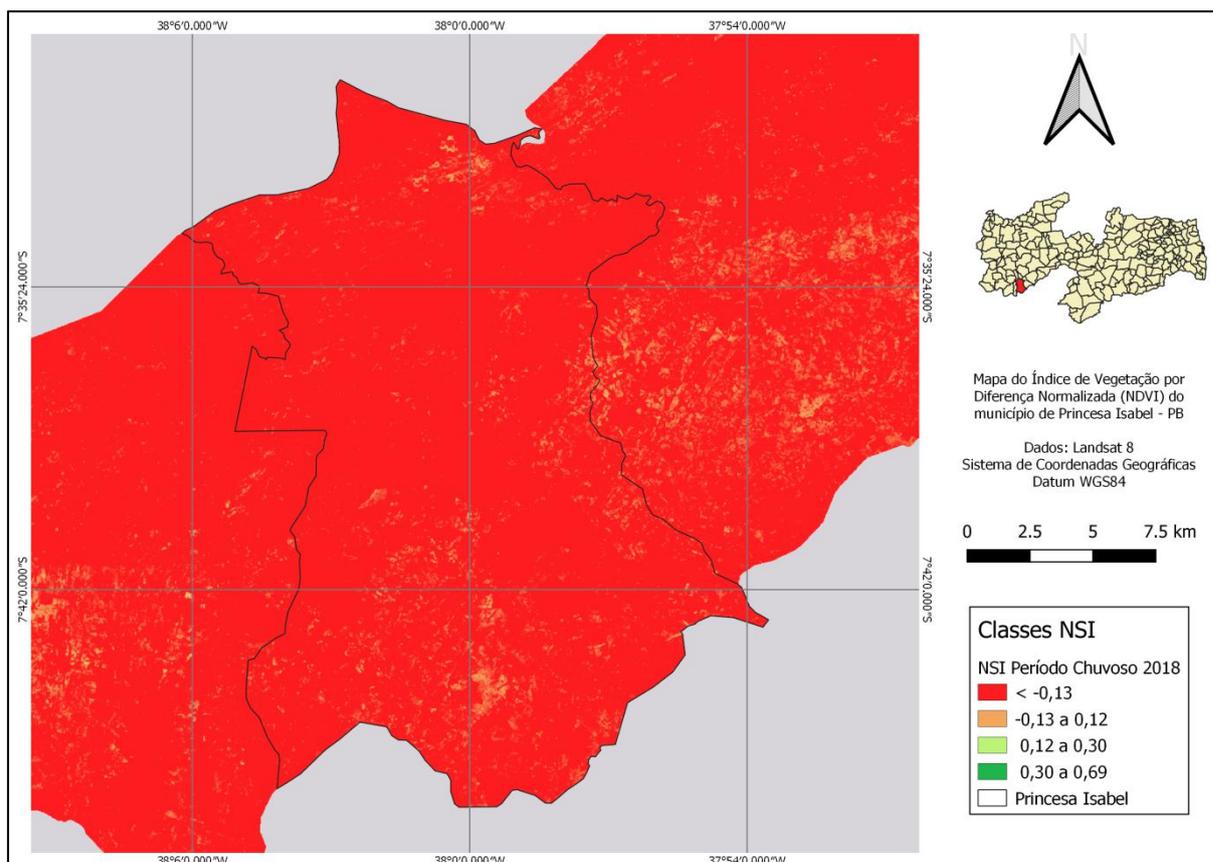
Figura 4: Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI) no período seco



Fonte: Elaboração própria, 2019.

Para os valores de (NSI), durante o período chuvoso o município de Princesa Isabel exibiu maior parte de sua área com valores abaixo de -0,13 (Figura 5). Isto representa maior proporção da área com cobertura vegetal em relação à áreas com solos exposto ou construída que determina uma diminuição nos efeitos benéficos da cobertura vegetal, como o aumento da temperatura superficial, ilhas de calor e desconforto térmico.

Figura 5: Índice do Solo por Diferença Normalizada (NSI) no período chuvoso



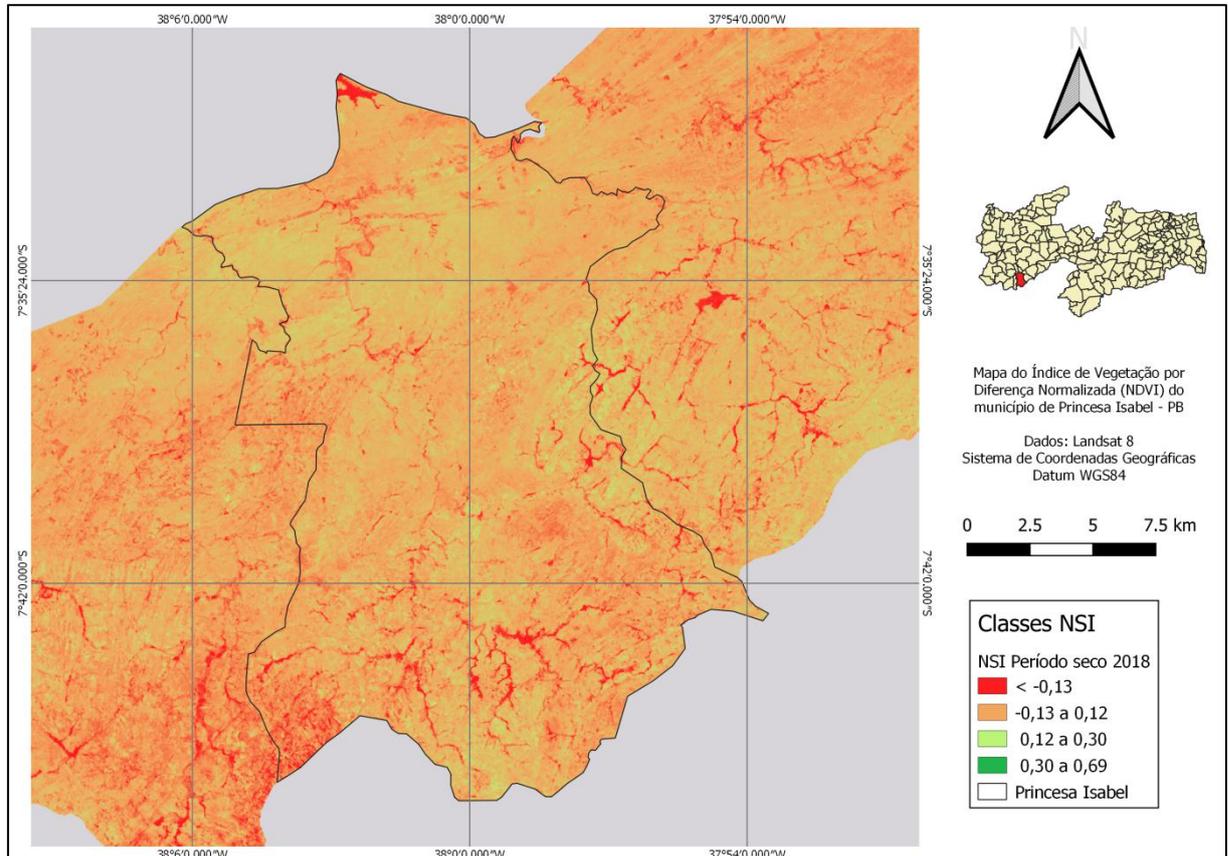
Fonte: Elaboração própria, 2019.

Entretanto, ampliando-se a imagem da Figura 5 para a área urbanizada do município, constata-se a predominância da tonalidade laranja que representa valores de NSI entre -0,13 e 0,12, ou seja, no perímetro urbano de Princesa Isabel a proporção de área construída e/ou solo exposto é superior. Este fato era esperado em virtude da maior concentração da população e desenvolvimento na sede do município, frente ao processo de urbanização. Contudo, a atenção pode ser despertada para as manchas alaranjadas difundidas na área rural do município e arredores. Este fato é preocupante, uma vez que demonstra o avanço de áreas de solo exposto, podendo está relacionadas a degradação da vegetação, rocha exposta, áreas de cultivo em preparação.

No período seco, há um aumento da área que apresenta NSI mais elevados, concentrando-se entre -0,13 e 0,12 (Figura 6). Esse incremento podendo está relacionado ao

aumento da proporção de solo exposto ocasionada pela senescência das espécies arbóreas da vegetação.

Figura 6: Mapa de Índice do Solo por Diferença Normalizada (NSI) no período seco

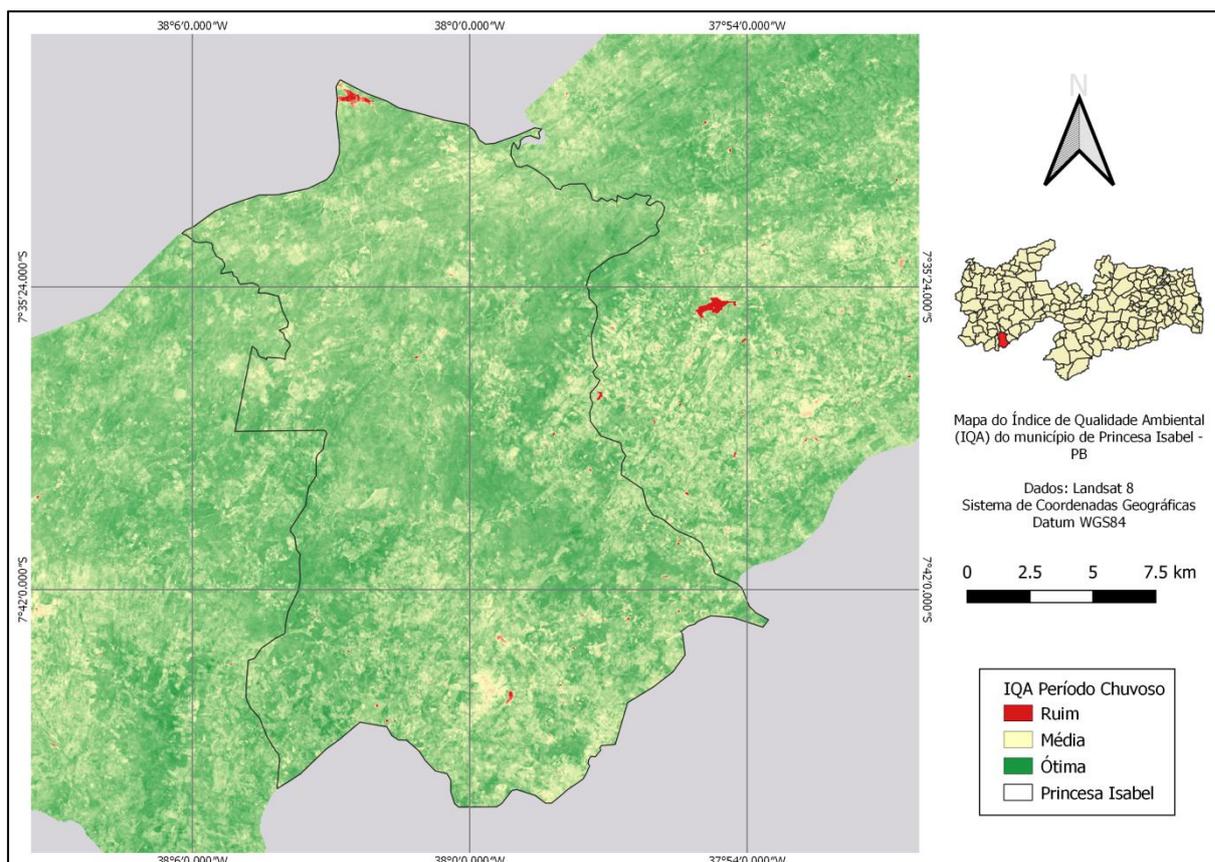


Fonte: Elaboração própria, 2019.

De posse dos resultados do NDVI, NSI e SAVI e após o processamento pelo método de sobreposição foi possível obter o mapa para o índice de qualidade ambiental (IQA) para os períodos seco e chuvoso do município de Princesa Isabel.

O IQA para o período chuvoso na maior parte do município é considerado entre bom e ótimo, representado pelas tonalidades amarela e verde. Entretanto, no perímetro urbano o IQA é classificado entre ruim e bom, apresentando tonalidade avermelhada (Figura 7).

Figura 7 : Índice de Qualidade Ambiental (IQA) de Princesa Isabel no período chuvoso

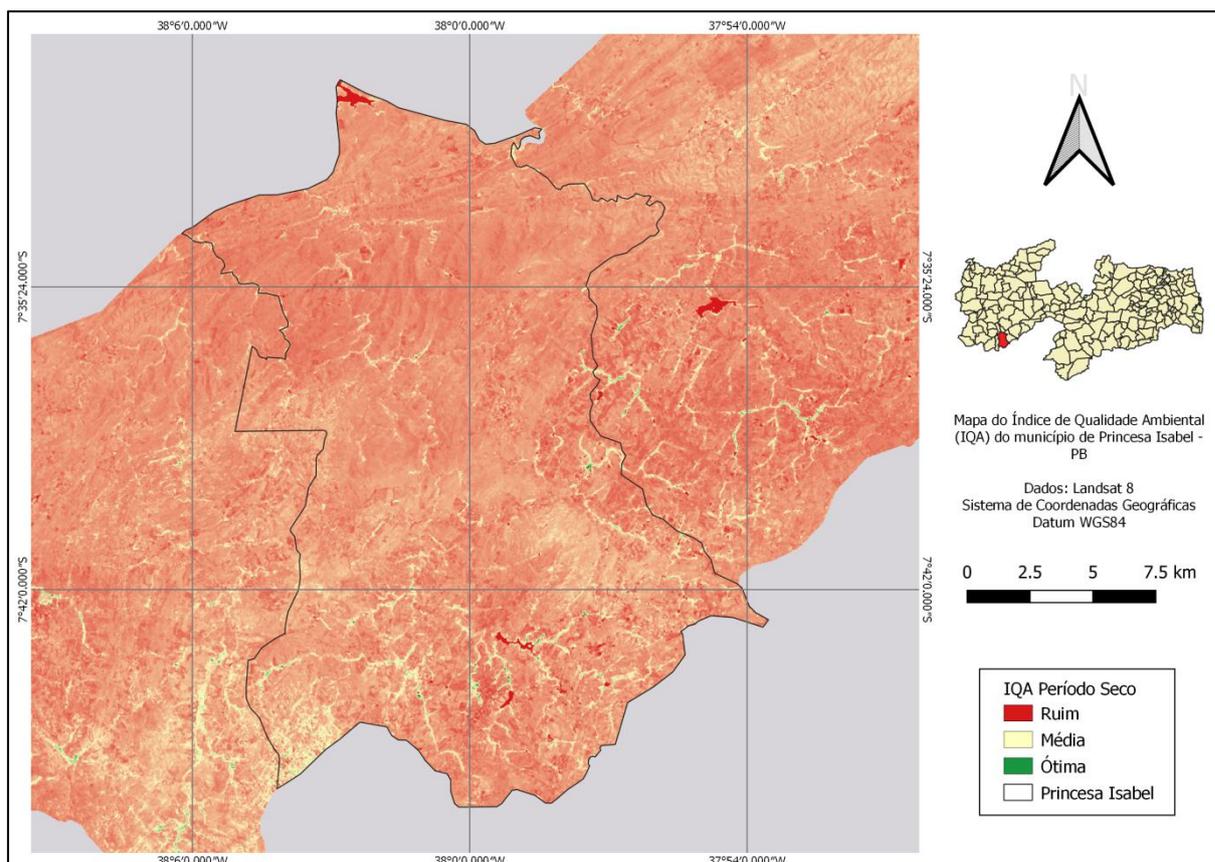


Fonte: Elaboração própria, 2019.

Constata-se que o IQA proporcionado pela vegetação vigorosa durante o período chuvoso é bem menos desfrutado pela área urbanizada do município, uma vez que existe menos vegetação do que na zona rural. Verifica-se que durante o período chuvoso, o perímetro urbano de Princesa Isabel exhibe IQA similar ao de uma área de vegetação sem folhas durante o período seco (Figura 8). Ou seja, a falta de uma arborização urbana planejada e mais adensada pode ser a razão da população urbana do município vivenciar a sensação de desconforto térmico e baixa qualidade ambiental.

Para o período seco, a situação é intensificada para boa parte da área do município de Princesa Isabel, classificando-se como IQA média a qual apresenta uma maior área representada pela cor amarela aproximando-se do laranja podendo estar atrelada pela falta de arborização ou/ineficiência da mesma. (Figura 8).

Figura 8: Índice de qualidade Ambiental (IQA) de Princesa Isabel –PB no período Seco



Fonte: Elaboração própria, 2019.

No perímetro urbano o IQA torna-se ainda mais baixo, tal fato pode estar relacionado ao mau uso e ocupação do solo por meio de aglomeração da população que é intensificado ao longo dos anos e atividades agrícolas. Tais fatos podem ocasionar desequilíbrios ambientais, alterações das condições climáticas, desconforto térmico etc. Para uma melhor visualização do mapa do IQA a (Tabela 1) apresenta a proporção em hectare para o período chuvoso e seco.

Tabela1: Proporção do índice de qualidade ambiental para a cidade de Princesa Isabel – PB Período chuvoso e Seco

IQA	Área - Período Chuvoso	Área - Período Seco
Ótima	33.451,982 ha	462,887 ha
Média	3.703,895 ha	36.240,094 ha
Ruim	29,958 ha	89,247 ha

Constata-se então que o IQA ótimo, para o período chuvoso, apresentou maior área, cerca de 33.451,982 ha, representada no mapa pela cor verde, a qual prevaleceu em quase todo o município. Entretanto, para o período seco, por ser uma época do ano em que há pouca precipitação, o IQA médio apresentou maior área, com 36.240,094 ha, a qual foi representada no mapa pela tonalidade amarela. Mesmo assim, uma menor área, de 89,247 ha, classificada com qualidade ruim, foi a que prevaleceu no mapa tanto no período seco como no período chuvoso, representada pela cor vermelha. Essa cor foi intensificada no perímetro urbano.

Esses resultados condizem com o esperado, pois as áreas não vegetadas e com solo exposto ainda são áreas não urbanizadas e apresentaram valores do IQA maiores que o das áreas urbanizadas, se concentrando na categoria média, enquanto áreas urbanizadas apresentaram IQA ruim. Outro ponto a ser destacado é que a área com IQA médio apresentado para o período seco pode soar destoante da leitura do mapa (Figura 8), já que por uma leitura visual se identificará maior presença dos tons avermelhados. Entretanto, os tons avermelhados predominantes não correspondem ao vermelho puro, mas misturado com a classe representada pela cor amarela. (IQA médio)..

4 CONCLUSÕES

Foi possível através do uso de imagens de satélite e do cálculo dos índices de vegetação identificar, em decorrência da característica climática dos períodos estudados, a carência de água e vegetação em alguns pontos na zonal rural e nos arredores do município, bem como a insuficiência da cobertura vegetal na área urbana. Inferindo assim que o IQA no período chuvoso apresenta-se bom, levando em consideração que a precipitação interfere diretamente no resultado, visto que neste período as árvores possuem mais vigor.

Contudo, tais benefícios não são proporcionados no período seco, pois o Índice de Qualidade Ambiental foi classificado como médio em maior parte da área, ratificando assim como a arborização interfere diretamente nos aspectos ambientais e conseqüentemente nos aspectos sociais e econômicos, principalmente na área urbanizada, a qual é mais afetada pela ausência da vegetação, interferindo na qualidade de vida da população. Portanto, os índices

estudados e as ferramentas utilizadas mostraram-se eficazes, uma vez que foi atingido o objetivo do trabalho de forma rápida e confiável.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS – AESA. **Caracterização das Bacias Hidrográficas**. [s.l]: Aesa, 2006. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2016/11/PE_02.pdf>. Acesso em: 24 jan. 2019.

ALVARENGA, A. S.; MORAES, M. F. Processamento digital de imagens LANDSAT – 8 para obtenção dos índices de vegetação NDVI e SAVI visando a caracterização da cobertura vegetal no município de Nova Lima – MG. In: Revista MundoGeo, 77, jul./ago., 2014. Disponível em: . Acesso em: 20 jan. 2019.

BORATTO, I. M. P.; GOMIDE, R. L. Aplicação dos índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF na caracterização da cobertura vegetativa da região Norte de Minas Gerais. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. (SBSR), Foz do Iguaçu-PR. Anais, São José dos Campos: INPE. p. 7345-7352, 2013.

DEMARCHI, J. C.; PIROLI, E. L.; ZIMBACK, C. R. L. Análise temporal do uso do solo e comparação entre os índices de vegetação NDVI e SAVI no município de Santa Cruz do Rio Pardo – SP usando imagens Landsat – 5. Revista Ra'ega, v.21, p.234-271, 2011.

GOMES, Marcos Antônio Silvestre; SOARES, Beatriz Ribeiro. Reflexões sobre qualidade ambiental urbana. **Estudos Geográficos**, Rio Claro, v. 2, n. 2, p. 21-30, 2004.

GUIMARÃES, S. S. M.; INFORSATO, E. C. A universidade e as questões ambientais: a formação de professores em destaque. Bioikos, Campinas, v. 25, n. 1, p. 53-63, jan./jun. 2011.

HUETE, A. R. **A soil-adjusted vegetation index. Remote Sensing of Environment**. New York, USA: Elsevier Science Publishing Co, 1988.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo 2010**. São João Evangelista: IBGE, 2010. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20 fev. 2019.

LIMA, Valéria. Análise da qualidade ambiental urbana: o exemplo de Osvaldo Cruz/SP. **Geografia em Questão**, v. 7, n. 2, 2014.

LOMBARDO, M. A. **Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo**. São Paulo: Hucitec, 1985. 244 p.

LOPES, H. L.; ACCIOLY, L. J. O.; CANDEIAS, A. L. B.; SOBRAL, M. C. Análise de índices de vegetação na bacia do Rio Brígida, Sertão do Estado de Pernambuco. In: III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife - PE, p. 01 - 08, Jul., 2010.

MASCARENHAS, et al. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea**. Diagnóstico do município de Princesa Isabel, Estado da Paraíba. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. 19 p.

MILANO, M.S.; DALCIN, E. **Arborização de vias públicas**. Rio de Janeiro: Light, 2000. 206p.

NUCCI, João Carlos; CAVALHEIRO, Felisberto. Cobertura vegetal em áreas urbanas: conceito e método. **GEOUSP**, São Paulo, n. 6, p.29-36, ago. 1999. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/123361>>. Acesso em: 18 fev. 2019.

POLONIO, V. D. Índices de vegetação na mensuração do estoque de carbono em áreas com cana-de-açúcar. 2015. 73p. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Energia na Agricultura). Universidade Estadual paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, 2015.

POZONI, F. J; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos: Parêntese, 2007. 127 p.

RESENDE, Clorecildes R. C.; COLESANTI, Marlene T. Muno. Arborização da cidade de Uberlândia: um estudo do bairro Chácaras Tubalina e Quartel. In: ENCUESTRO DE GEÓGRAFOS DE AMERICA LATINA, 8., 2007, Quito. **Congresso**. Quito: EGAL, 2007. p. 1 - 9.

RISSO, J.; RIZZI, R.; EPIPHANIO, R. D. V.; RUDORFF, B. F. T.; FORMAGGIO, A. R.; SHIMABUKURO, Y. E.; FERNANDES, S. L. Potencialidade dos índices de vegetação EVI e NDVI dos produtos MODIS na separabilidade espectral de áreas de soja. In: XIV Simpósio de Sensoriamento Remoto (SBSR), Natal – RN. Anais, São José dos Campos: INPE. p. 379 – 386, Abr., 2009.

ROA, J. **Estimación de áreas susceptibles a deslizamientos mediante datos e imágenes satelitales: cuencadelRíoMocotíes, estado Mérida-Venezuela**. Revista Geográfica Venezolana, 48(2), 183-219, 2007.

RODRÍGUEZ, Luis Marino Santana; JARAMILLO, Luis Alfonso Escobar; CAPOTE, Paolo Andrés. Estimación de un índice de calidad ambiental urbano, a partir de imágenes de satélite. **Revista de Geografía Norte Grande**, Santiago, n. 45, p.77-95, maio 2010. Disponível em: <https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34022010000100006>. Acesso em: 21 fev. 2019.

ROGERS, A. S.; KEARNEY, M. S. Reducing signature variability in unmixing coastal marsh Thematic Mapper scenes using spectral indices. **International Journal of Remote Sensing**, 2004, v. 25, n. 12, p. 2317-2335.

ROSENDO, J. dos S.; ROSA, R. Exemplo de aplicação do Produto MOD13Q1 disponibilizado pelo sensor MODIS/Terra. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, 2007, Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2007. p. 3292. Disponível em: < <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0406.pdf> > Acesso em 20 Fev. 2019.

ROSSATTO, D. R.; TSUBOY, M. S. F.; FREI, F. Arborização urbana na cidade de Assis-SP: uma abordagem quantitativa. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, Curitiba, v. 3, n. 3, p. 1-16, set. 2008.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W.; HARLAN, J. C. **Monitoring the vernal advancement of retrogradation of natural vegetation**. Greenbelt, MD:NASA/GSFC,1974.371p, TypeIII, Final Report.

SANTANA, L. M.; ESCOBAR, L. A.; CAPOTE, P. A.. Estimación de un índice de calidad ambiental urbano, a partir de imágenes de satélite. **Revista de Geografía Norte Grande**, Santiago, n. 45, p.77-95, maio 2005. Disponível em: <https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34022010000100006>. Acesso em: 18 fev. 2019.