

ANÁLISE MULTITEMPORAL DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CEARÁ-MIRIM POR MEIO DE SENSORIAMENTO REMOTO.

João Augusto Marques da Silva (1); Maristélio da Cruz Costa (1); Rafael Costa Ferreira (2);
Oswaldo Nogueira de Sousa Neto (3)

¹Universidade Federal Rural do Semi-Árido. E-mail: jonh.augusto@hotmail.com. Estudante.

Resumo: As aplicações por meio do sensoriamento remoto na análise e quantificação de índices de vegetação estão cada vez mais sendo utilizados quando referentes as áreas de estudos florestais e ambientais. Este trabalho teve como objetivo realizar uma análise multitemporal da degradação ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Ceará-Mirim, mais precisamente dentro dos limites políticos geográficos do município de Lajes/RN, realizada num período de cinco anos (2013 a 2017), intercalando entre os anos de 2013/2015 e 2015/2017, para os períodos chuvoso e seco. As imagens do satélite Landsat8, através dos sensores orbitais (Operacional Terra Imager (OLI) e Thermal Infrared Sensor (TIRS), foram obtidas no site do Serviço Geológico dos Estados Unidos - United States Geological Survey (USGS), como também no site www.remotepixel.ca, e processadas por meio da utilização do software QGIS (Quantum GIS), versão 2.18.17. Foram determinados dois índices de vegetação, sendo eles, o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI). Também foi determinado o Modelo Digital de Elevação (MDE) da região. Com base nos índices de vegetação obtidos a partir de imagens de satélite pôde-se constatar uma situação de agravamento no que diz respeito a degradação da cobertura vegetal do solo, estando assim, a área da Bacia Hidrográfica do Rio Ceará-Mirim, dentro dos limites do município de Lajes/RN em desacordo com a legislação ambiental vigente.

Palavras-chave: Índice de Vegetação, Cobertura Vegetal, Análise Ambiental.

INTRODUÇÃO

A degradação ambiental no semiárido nordestino pode ser proveniente de fatores naturais e antrópicos. Tais fatores influenciam diretamente no que se diz respeito às mudanças de características ambientais, dentre elas, a relação entre a vegetação e o solo, resultado do seu uso e ocupação.

Alguns fatores que contribuem para o desmatamento são de caráter antrópicos/sociais, como exemplo disso, a queima de parte da vegetação existente, (Xique-Xique) que serve de alimento para o gado em períodos longos de estiagem, e da vegetação arbórea (no geral, Jurema-preta, dentre outras) para a produção de carvão vegetal, dentre outras práticas, fato comum em regiões semiáridas. O fenômeno do ciclo da seca, que perdura desde 2012, também é notório e cabe destaque quando relacionamos com a perda da cobertura vegetal. Outro problema ainda no âmbito antrópico/social é o desmatamento para a produção do carvão vegetal e produção de cerâmica vermelha no vale do Assú/RN. Estas ações consistem em alternativas encontradas

pelos pequenos produtores para suprir as necessidades econômicas em períodos de baixa produtividade agrícola, em tempos de estiagem.

Para a quantificação da degradação ambiental da área analisada, tem-se o (*NDVI*) Índice de Vegetação por Diferença Normalizada, se trata de um índice muito simples, resultante da diferença entre a reflectância do infravermelho próximo (IVP) e reflectância do vermelho visível (V), dividida pela soma das duas reflectâncias respectivamente. Segundo Ponzoni e Shimabukuro, (2007), o uso do NDVI é apropriado quando se pretende fazer comparações ao longo do tempo em uma mesma área, pois espera-se que este seja menos influenciado pelas variações das condições atmosféricas e da superfície.

Para o sensoriamento remoto, a vegetação responde de acordo com a estação do ano. O Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (*SAVI*), do inglês (Soil Adjusted Vegetation Index) desenvolvido por Huete, (1988), busca minimizar a influência do solo. Este é caracterizado a partir do dossel das plantas, e difere do NDVI devido ao fator L que varia de 0,25 para altas densidades de vegetação; 0,5 para cobertura vegetal intermediária e 1,0 adotado em áreas com pouca cobertura vegetal.

Além disso, este trabalho consiste na busca por alternativas viáveis para detectar e monitorar a degradação da cobertura do solo e conseqüentemente surgimento de áreas de solo exposto. Esta análise deverá auxiliar na busca por medidas mitigadoras e de conscientização que possam minimizar os impactos negativos ocasionados pela degradação da cobertura vegetal, propor soluções voltadas para a adequação das propriedades em desacordo com a legislação ambiental, assim como, a recuperação destas áreas.

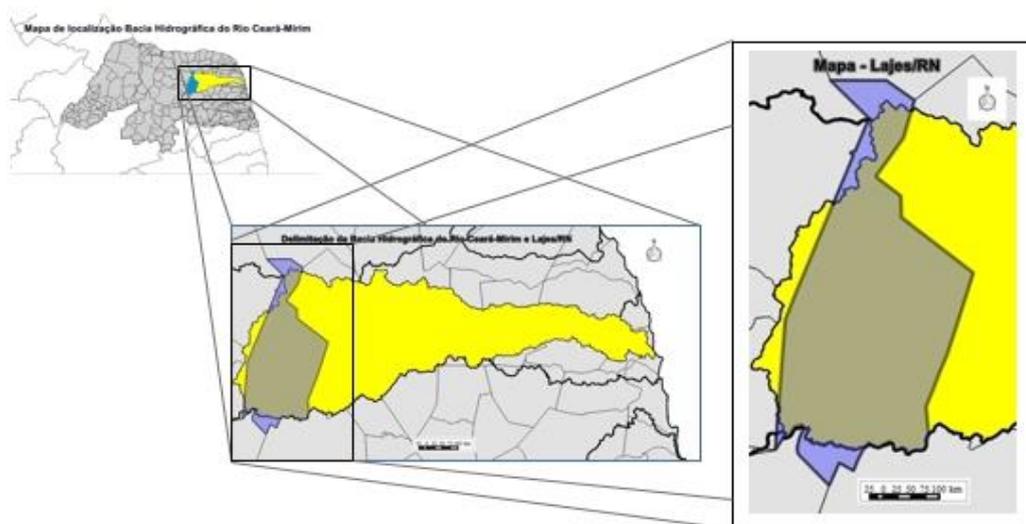
Com o crescente aumento da degradação da cobertura vegetal no município de Lajes/RN, se tornou justificável e evidente, uma motivação acerca do monitoramento dessa área, tendo então, como objetivo identificar e posteriormente, analisar no âmbito multitemporal (2013/2017), intercalando entre os anos de (2013/2015) e (2015/2017), para os períodos chuvoso e seco, a degradação da cobertura vegetal por meio do sensoriamento remoto, com o auxílio de índices de vegetação e o conseqüente avanço no surgimento de áreas de solo exposto na Bacia Hidrográfica do Rio Ceará-Mirim, bem como, apresentar as causas da degradação ambiental da região e apontar medidas mitigadoras para uma possível redução e recuperação de áreas degradadas, visando melhoria na qualidade de vida da população afetada.

METODOLOGIA

ÁREA DE ESTUDO

A presente pesquisa foi realizada em uma porção da Bacia Hidrográfica do Rio Ceará-Mirim, dentro dos limites políticos geográficos do município de Lajes/RN (onde se situa a nascente do Rio Ceará-Mirim), na Mesorregião Central Potiguar e Microrregião de Angicos, com uma área total de 676,625 km² e altitude média em torno de 199 m, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016), como vemos na Figura 1.

Figura 1 - Mapa de Localização da área de estudo.



Fonte: Adaptado pelo autor (2017).

A região possui um clima característico de semiárido, com temperaturas médias girando em torno dos 27,2°C e com umidade relativa média anual de 70%, a vegetação predominantemente no município de Lajes/RN, como um todo, é caracterizada por Caatinga Hipoxerófila – vegetação de clima semiárido, apresenta arbustos e árvores com espinhos e de aspecto menos agressivo do que a Caatinga Hiperxerófila.

Para a identificação, caracterização e mapeamento de áreas degradadas por meio dos índices de vegetação, foram utilizadas imagens dos sensores orbitais (Operacional Terra Imager (OLI) e Thermal Infrared Sensor (TIRS) do satélite Landsat8. As imagens foram obtidas no site do Serviço Geológico dos Estados Unidos - United States Geological Survey (USGS), como também no site www.remotepixel.ca, e processadas por meio da utilização do software QGIS (Quantum GIS), versão 2.18.17. Em seguida se procedeu com a espacialização da degradação da cobertura do solo por meio dos índices NDVI e SAVI. As imagens foram obtidas a partir da utilização das bandas 4 e 5, com resolução espacial de 30 m.

PRÉ-PROCESSAMENTO E PROCESSAMENTO DIGITAL DAS IMAGENS

Inicialmente cada imagem, tanto o arquivo raster, quanto o arquivo de camada vetorial shapefile, foi georeferenciada na projeção SIRGAS 2000, por ser esta, a projeção mais aconselhável de utilização para área de estudo, com o auxílio do software (QGIS versão 2.18.17), foi adotado o Sistema de Coordenadas UTM Zona 24S, EPSG: 31984.

Antes de serem obtidos os índices de vegetação, cada imagem foi trabalhada na conversão dos valores ND – Número Digital, para a refletância visando melhorar interferências de fatores atmosféricos. Dando continuidade, conforme a metodologia apresentada por Tizado (2014) foram calculados os valores de E_{sun} , $Sun_radiance$ e da refletância da superfície, como exposto na (Figura 2), por meio das seguintes equações.

Figura 2 – Conversão dos valores ND – Numero Digital para a Refletância.

C á l c u l o M a n u a l C á l c u l o Q G I S	Cálculos realizados para cada banda (B4 e B5).		
		$E_{sun} = (\pi * d^2) * \frac{RADIANCE_MAXIMUM}{REFLECTANCE_MAXIMUM}$	<p>E_{sun} = refletância média da atmosfera, medida em $Watts.m^{-2}.srad^{-1}.\mu m^{-1}$; d = distância entre a terra e o sol; $RADIANCE_MAXIMUM$ = é a radiância máxima da banda (i), dado obtido no Metadado; $REFLECTANCE_MAXIMUM$ = é a refletância máxima da banda (i), dado obtido no Metadado.</p>
		$Sun_radiance = [E_{sun} * \sin(\theta)] / (\pi * d^2)$	<p>$Sun_radiance$ = a radiação emitida pelo sol, medida em $Watts.m^{-2}.srad^{-1}.\mu m^{-1}$; E_{sun} = refletância média da atmosfera, medida em $Watts.m^{-2}.srad^{-1}.\mu m^{-1}$; θ = ângulo de elevação solar, dado obtido no Metadado; d = distância entre a terra e o sol, dado obtido no Metadado.</p>
		$Refletância = \frac{(DN * RADIANCE_MULT + RADIANCE_ADD)}{Sun_radiance}$	<p>$Refletância$ = valor da radiação refletida por cada pixel; $RADIANCE_MULT$ = radiância da banda, obtida no Metadado; $RADIANCE_ADD$ = radiância da banda, obtida no Metadado; $Sun_radiance$ = a radiação emitida pelo sol, medida em $Watts.m^{-2}.srad^{-1}.\mu m^{-1}$.</p>

Fonte: Autoria própria (2018).

CÁLCULO DOS ÍNDICES DE VEGETAÇÃO NDVI E SAVI.

O NDVI Índice de Vegetação por Diferença Normalizada, é um índice que analisa a condição da vegetação no campo através de sensoriamento remoto. Tendo como primeiro trabalho científico usando o NDVI conduzido pelo Dr. John Rouse que era diretor do Centro de Sensoriamento Remoto da Texas A&M University em 1973 logo após o lançamento do LANDSAT 1, porém, a formulação do índice foi feita em uma série de estudos de Compton Tucker da NASA alguns anos antes (ROUSE et al., 1973).

A equação utilizada para a determinação desse índice é dada pelo cálculo feito a partir da diferença entre as reflectâncias da banda 5 (infravermelho próximo) e banda 4 (visível – vermelho) dividido pela soma das reflectâncias dessas duas bandas (Equação 1).

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)} \quad (1)$$

Onde: *NIR* = refletância referente à banda 5 e *RED* = refletância referente à banda 4.

O NDVI foi obtido a partir da Equação 4. Esta será aplicada diretamente sobre cada par de pixel nas bandas do vermelho visível e infravermelho próximo respectivamente, produzindo um valor pertencente ao intervalo [-1, 1].

Para minimizar o efeito das variações de brilho do solo, Huete (1988) desenvolveu o índice de vegetação ajustado ao solo (soil-adjusted vegetation index - SAVI), obtido pela utilização da Equação 02, em que se utilizam as mesmas bandas espectrais do NDVI, porém com um deslocamento dos eixos espectrais.

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

Onde: *NIR* = refletância referente à banda 5, *RED* = refletância referente à banda 4 e *L* = Fator de ajuste.

O fator de ajuste *L* permite a correção do efeito de brilho do solo e varia de acordo com a densidade da cobertura vegetal. Huete (1988) sugere o fator *L* de 1,0 adotado em áreas com pouca cobertura vegetal; fator 0,5 (fator de correção adotado neste trabalho) para cobertura vegetal intermediária; e fator 0,25 para altas densidades de vegetação.

A análise dos índices de vegetação ocorreu num âmbito multitemporal dentro de um intervalo de cinco anos (2013 a 2017), para o período chuvoso, em 2013 foi analisada a imagem de satélite referente a (01/06/2013); em 2015 (06/05/2015) e em 2017 (12/06/2017). Já no período seco, em 2013 foi estudada a imagem de satélite referente a (10/12/2013); em 2015 (27/09/2015) e em 2017 (15/08/2017). Para que os valores fossem obtidos em um grau mais próximo da realidade, foram levados em consideração alguns aspectos, como a incidência mínima de nuvens e com relação ao período chuvoso.

MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO (MDE).

O Modelo Digital de Elevação (MDE) remete a aspectos relacionados à topografia do terreno de uma determinada região. É definido sobre um plano cartográfico num conjunto de

coordenadas X, Y, e Z, sendo esta última, uma representação dos valores de altitude, como também, profundidade de pontos distribuídos no relevo.

A missão SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission), que ocorreu em 2000, possibilitou a coleta de dados altimétricos para praticamente toda a superfície terrestre, haja vista que a existência desses dados em cobertura nacional permite que se avalie e se desenvolva seu potencial para o mapeamento da vegetação, de forma relativamente padronizada e em diferentes ambientes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram definidas cinco classes para classificação dos valores dos índices de vegetação (NDVI e SAVI) de acordo com a tabela 1. As áreas com valores de índices de vegetação inferiores a zero representavam índices de reflectância para água, nuvens e rochas. Em áreas com os intervalos entre zero e zero vinte, os valores dos índices reflectância para solo exposto, representavam ausência de cobertura vegetal. Nas áreas com vegetação variando entre os intervalos de classe zero vinte e zero quarenta, temos a indicação de vegetação de baixa atividade fotossintética. Já para o intervalo de classe variando entre zero quarenta e zero sessenta, as áreas apresentavam valores de reflectância para transição de vegetação rala/arbustiva - arbórea. E na classe com valores superiores a zero sessenta, representavam valores de reflectância para vegetação arbórea/densa.

Tabela 1 - Intervalos de classes e seus respectivos alvos de superfície.

Intervalos de NDVI e SAVI	Classes	Alvos de superfície
< 0.00	Classe 1	Água, nuvens e rochas
0.00 – 0.20	Classe 2	Solo exposto
0.20 – 0.40	Classe 3	Vegetação rala/arbustiva
0.40 – 0.60	Classe 4	Transição de vegetação rala/arbustiva - arbórea
> 0.60	Classe 5	Vegetação arbórea/densa

Fonte: Autoria própria (2018).

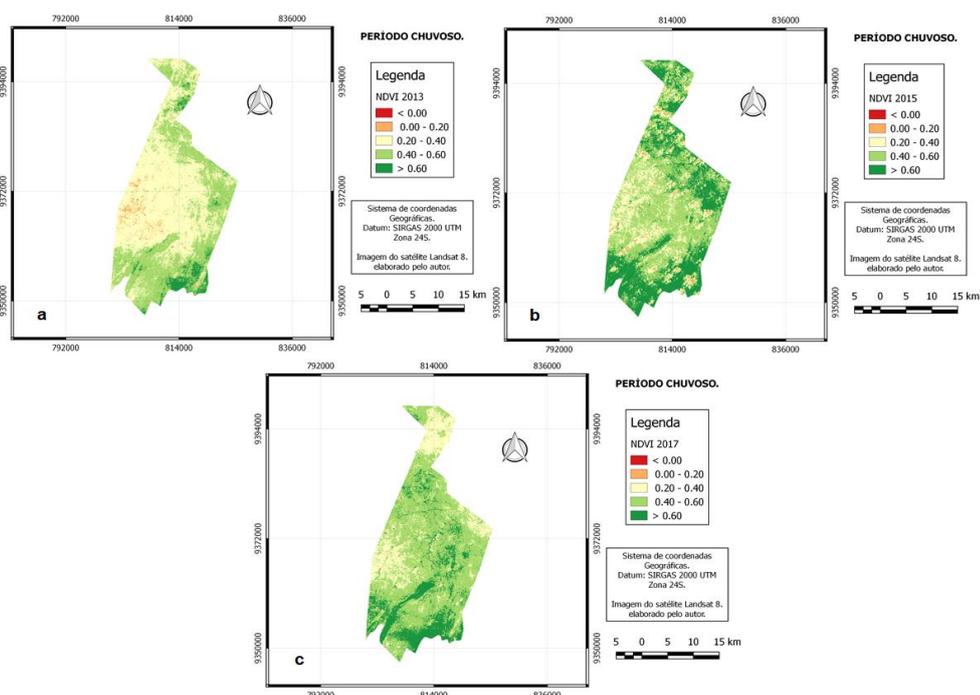
Para o NDVI (Figura 3), período chuvoso, nos três anos, de acordo com a classe 1, apresentaram baixa representatividade referente ao NDVI para os anos de 2013 e 2015, já para o ano de 2017 foi identificado o aumento dos valores de NDVI para essa classe devido muitos reservatórios do município se encontrarem em capacidade total de armazenamento. Na classe 2, referente a solo exposto, indicativa de solos sem cobertura vegetal, apresentando uma

evolução no surgimento de áreas de solo exposto entre os anos de 2013 e 2015, e em 2017 uma recuperação de áreas de solo exposto identificadas no período de 2015, ainda que de forma lenta, devido a ocorrência de chuvas no período de coleta da imagem.

Na classe 3, identificada na classificação como sendo áreas com vegetação rala/arbustiva, em 2013 foi evidenciado visivelmente uma maior área referente a esta classe, em 2015 ocorreu uma transição de vegetação rala/arbustivas para arbórea menos densa, diminuindo assim as áreas referentes a classe 3, sendo que em 2017 para esta mesma classe, foi identificado um aumento comparado com o ano de 2015, principalmente nas regiões à leste e ao extremo norte do município, esse fato ocorre devido ao período final de produção agrícola, com a agricultura de subsistência, tendo em vista as proximidades do início do inverno.

No que se refere a classe 4, sendo esta de transição entre vegetação rala/arbustiva e arbórea/densa, os valores de NDVI para o ano de 2013 se comportaram com menores valores que os anos de 2015 e 2017 devido aos altos valores de NDVI da classe 3, já para o ano de 2015 foi constatado um aumento considerável na classe 4, isso muito se deve ao fato dessa imagem se encontrar em um período de alta atividade fotossintética. Em 2017 foi observado para esta classe valores medianos quando relacionado com os demais anos. Para a classe 5, referente a vegetação arbórea/densa, foi analisado que ocorreu um aumento entre os anos de 2013 e 2015, e um decréscimo entre os anos de 2015 e 2017, isso se deve ao fato do ano de 2015 apresentar maiores índices pluviométricos que os demais anos.

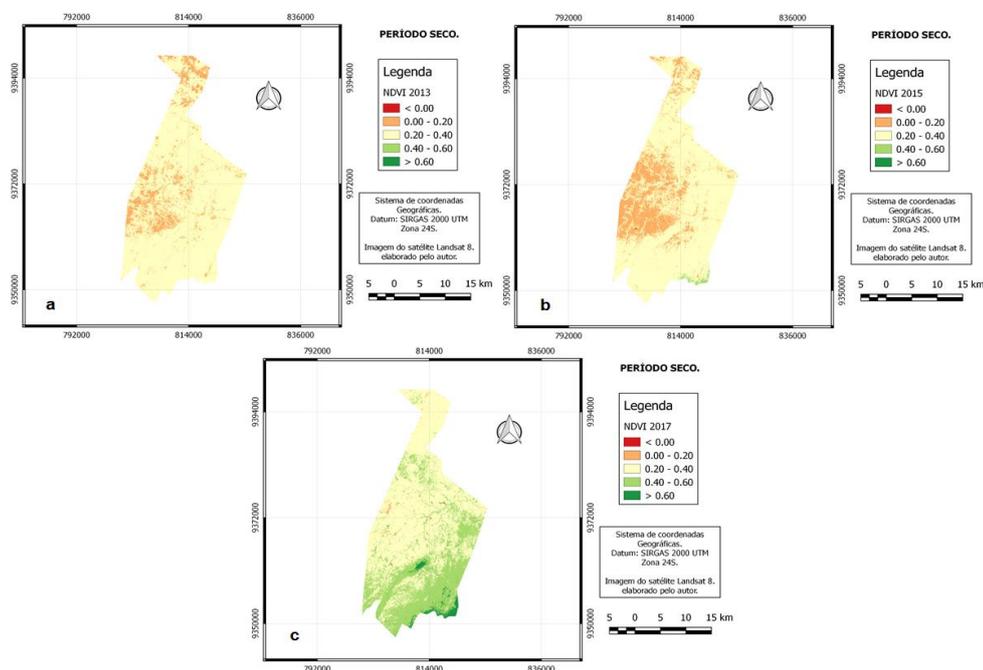
Figura 3 - NDVI período chuvoso.



Fonte: Autoria própria (2018).

Para o NDVI (Figura 4), período seco, nos três anos, de acordo com a classe 1, apresentaram baixa representatividade praticamente inexistente ao NDVI, devido a ausência de chuva sendo a análise referente ao período seco. Na classe 2, referente a solo exposto, indicativa de solos sem cobertura vegetal, foi identificado acréscimo entre os anos de 2013 e 2015 e decréscimo entre os anos de 2015 e 2017, sendo justificada essa diminuição devido a recuperação natural da vegetação de transição rala/arbustiva – arbórea (classe 4), diminuindo assim as áreas de solo exposto. Para a classe 3, temos que as áreas referentes a esta classe para os anos de 2013 e 2015 foram semelhantes, já para 2017, ocorreu diminuição em referência aos demais anos de análise, devido a recuperação da vegetação. Na classe 4, foi constatado que ocorreu uma evolução na vegetação de transição rala/arbustiva – arbórea entre os anos de 2015 e 2017, sendo que em 2013, devido aos baixos valores de NDVI, não foi identificada esta classe dentro dos intervalos de classificação adotados. Por fim, na classe 5, indicativa de vegetação arbórea/densa ocorreu um aumento gradativo também entre 2015 e 2017, sendo em 2013 não classificado dentro do intervalo adotado para esta classe devido aos baixos valores de NDVI encontrados.

Figura 4 - NDVI período seco.



Fonte: Autoria própria (2018).

Na (Figura 5), iniciando pela classe 1, obtiveram-se análises semelhantes ao NDVI no mesmo período, sendo que a ocorrência dessa classe se deu em maior frequência para o ano de 2017, sendo para os demais anos, praticamente inexistente. Seguindo na classe 2, temos áreas identificadas como solo exposto, sendo mais abundantes no ano de 2013, reduzindo em 2015

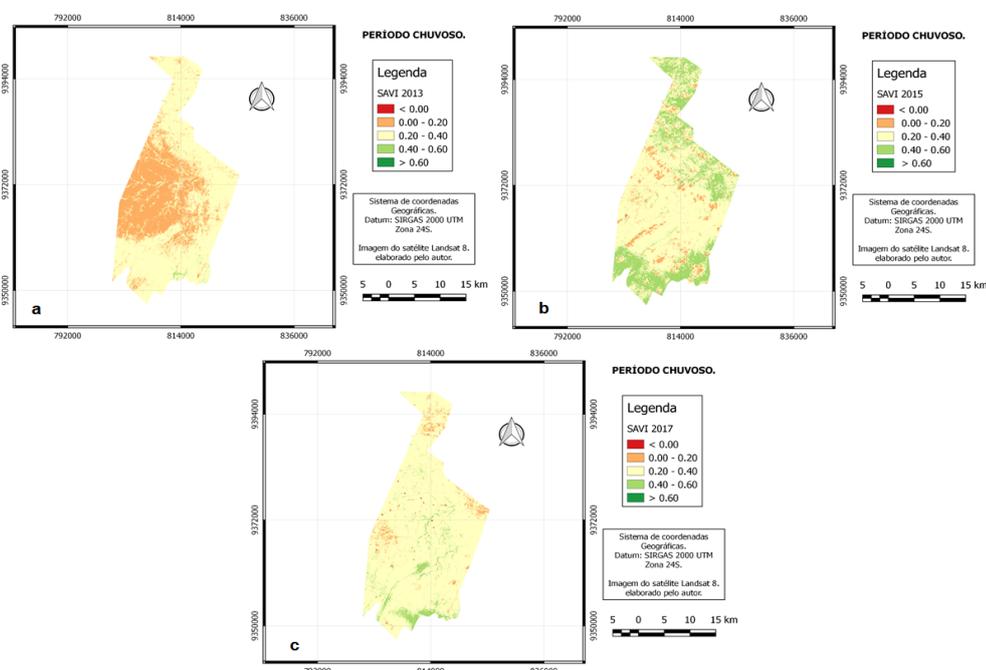
(83) 3322.3222

contato@conadis.com.br

www.conadis.com.br

devido a um período de maiores índices pluviométricos registrados, mantendo-se praticamente nos mesmos resultados para o ano de 2017. Em relação a classe 3, foi identificado um aumento gradativo entre todos os anos, desde 2013, passando por 2015 e apresentando um maior número de áreas com vegetação rala/arbustiva em 2017. Partindo para a análise da classe 4, foi observado que ocorreu um aumento nas áreas desta classe entre os anos de 2013 e 2015, porém ocorreu um decréscimo entre os anos de 2015 e 2017, isso muito se deve ao aumento de áreas referentes a classe 3. Por fim, a análise referente a classe 5, foram identificados nos mapas (Figura 5) valores mínimos para vegetação arbórea/densa, isso devido aos baixos valores obtidos para o índice SAVI, mesmo para o período chuvoso.

Figura 5 - SAVI período chuvoso.



Fonte: Autoria própria (2018).

Para o índice SAVI no período seco, na classe 1, foram identificados polígonos visuais nos mapas (Figura 6) apenas para o ano de 2015, que mesmo no período seco, alguns reservatórios ainda apresentavam volume de água em sua capacidade. Seguindo na classe 2, temos áreas identificadas como solo exposto, essa classe é predominante em todos os anos, porém, cabe levar em consideração que para este período, foram obtidos a partir do SAVI valores muito baixos, isso explica o fato da predominância da coloração laranja referente a classe 2 como sendo áreas de solo exposto. Com relação a classe 3, foi identificado um aumento gradativo entre todos os anos, desde 2013, passando por 2015 e apresentando um maior número de áreas com vegetação rala/arbustiva em 2017. Partindo para a análise da classe 4, foi

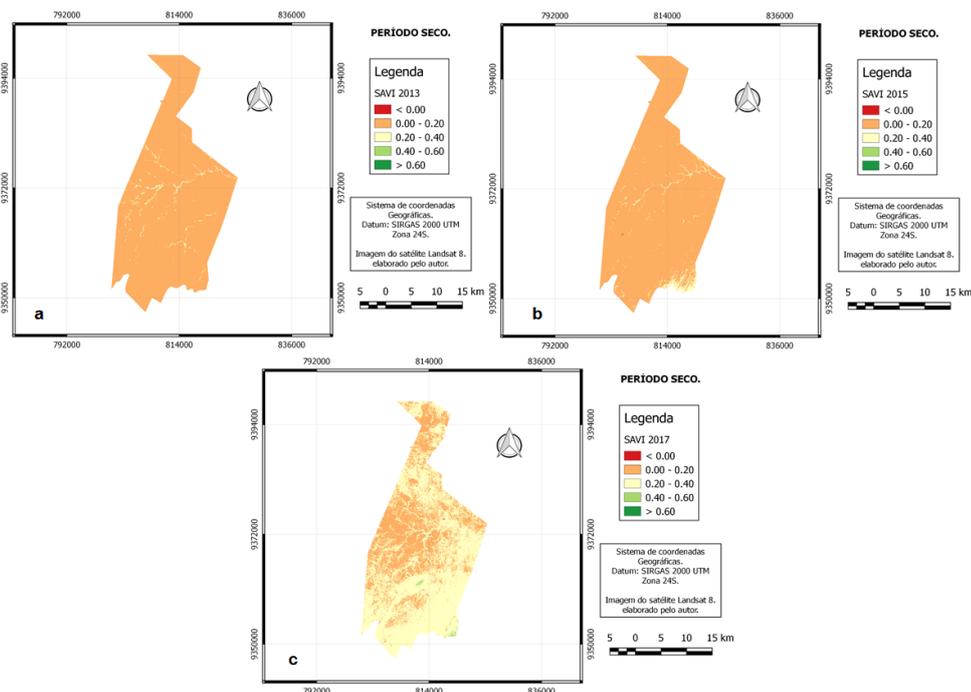
(83) 3322.3222

contato@conadis.com.br

www.conadis.com.br

observado que ocorreu um aumento nas áreas desta classe entre todos os anos desde 2013 até 2017, devido os valores de SAVI obtidos para este período mesmo baixos, apresentando evolução nos seus respectivos valores. Por fim, a análise referente a classe 5, foram identificados como também para o período chuvoso valores mínimos para vegetação arbórea/densa, isso devido aos baixos valores obtidos para o índice SAVI.

Figura 6 - SAVI período seco.

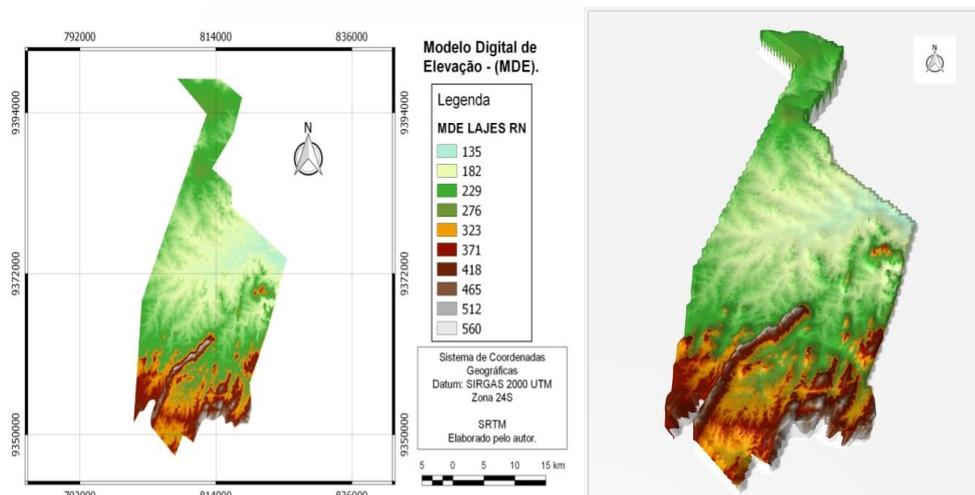


Fonte: Autoria própria (2018).

CARACTERÍSTICAS DO RELEVO DO MUNICÍPIO DE LAJES/RN.

Nos mapas, (Figura 6) podemos identificar um perfil topográfico com declividade acentuada no relevo no sentido Sul/Norte. É possível identificar com mais facilidade a declividade do terreno a partir do perfil gerado pelo software QGIS, com o auxílio do plugin Qgis2threejs que se utiliza dos dados obtidos a partir do SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) da área em abordagem para gerar uma projeção em 3D da topografia do relevo.

Figura 6 - Modelo Digital de Elevação – MDE, do município de Lajes/RN. 2D e 3D.



Fonte: Autoria própria (2018).

O relevo da região pode ser caracterizado a partir do MDE – Modelo Digital de Elevação obtido, sendo identificado que as áreas do município que compõem o meio sul, são as mais acidentadas, com declividade mais acentuada, são regiões onde as práticas de desenvolvimento de culturas agrícolas se tornam menos evidenciadas, áreas que sofrem influências das margens do planalto da borborema. Já as áreas referentes a face norte do município são menos acidentadas, com elevações menos acentuadas no relevo, tomando forma de planície, áreas do meio norte, são mais propensas para a agropecuária.

PROPOSTAS DE MEDIDAS MITIGADORAS PARA A PROBLEMÁTICA DA DEGRADAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL NO MUNICÍPIO DE LAJES/RN

O Cadastro Ambiental Rural (CAR) é um instrumento fundamental para auxiliar no processo de regularização ambiental de propriedades e posses rurais. Consiste no levantamento de informações georreferenciadas do imóvel, com delimitação das Áreas de Proteção Permanente (APP), Reserva Legal (RL), remanescentes de vegetação nativa, área rural consolidada, áreas de interesse social e de utilidade pública, com o objetivo de traçar um mapa digital a partir do qual são calculados os valores das áreas para diagnóstico ambiental (MMA, 2012).

Outra proposta de medida mitigadora para o problema da degradação da cobertura vegetal seria pautada em uma política pública municipal, por meio da secretaria de meio ambiente do município, este órgão seria responsável por conscientizar os proprietários a se adequarem ao que rege o código ambiental, para que assim haja a atenção necessária para

recuperação da Vegetação Nativa e Mata Ciliar, tendo como objetivo tornar áreas antes degradadas em áreas recuperadas em acordo com a legislação ambiental.

CONCLUSÃO

Os índices de vegetação analisados se mostraram adequados à avaliação da degradação da cobertura vegetal. Nesse sentido, estudos como aplicação de índices de vegetação, classificação digital de imagens, podem auxiliar diretamente na elaboração de um plano eficiente de controle de medidas a serem tomadas em referência aos problemas identificados.

Ao longo dos últimos anos a degradação da cobertura do solo em área da Bacia Hidrográfica do Rio Ceará-Mirim, dentro dos limites do município de Lajes/RN tem-se apresentado com alta variabilidade de perda e recuperação natural de vegetação entre os anos analisados, mesmo apresentando recuperação natural da vegetação em alguns períodos, ainda assim, tais áreas se encontram em desacordo com a legislação ambiental.

REFERÊNCIAS

HUETE, A. R. A. **Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI). Remote Sensing of Environment** 1988. V.25, p.295-309. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p1202.pdf>>. Acesso em 01 de nov. 2017.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Perfil do seu município: Lajes**. IBGE, 2016. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>> Acesso em 12 de dez. 2017.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Cadastramento Ambiental Rural**. MMA, 2012, Disponível em: <http://www.mma.gov.br/desenvolvimento-rural/cadastro-ambiental-rural> Acesso em 14 de abr. 2018.

PONZONI, Flávio Jorge; SHIMABUKURO, Yosio Edemir. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. 2010. ed. São José dos Campos: Parêntese, 2010. 128 p.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. **Monitoramento de sistemas de vegetação nas grandes planícies com ERTS**. In: EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1 SYMPOSIUM, 3., Washington, D. C., 1973. Proceedings... Washington, D. C.: NASA. Goddard Space Flight Center, 1973. v. 1, p. 309-317. (NASA SP-351).

TIZADO, E. J. I. **LANDSAT. TOAR. Calculates top-of-atmosphere radiance or reflectance and temperature for Landsat MSS/TM/ETM+/OIL**. Dept. Biodiversity and Environmental Management, University of León, Spain, 2014. Disponível em: <<http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/i.landsat.toar.html>>. Acesso em: 14 de abril de 2018.