



AVALIAÇÃO DE ÍNDICES RADIOMÉTRICOS PARA CLASSIFICAÇÃO DA ARBORIZAÇÃO EM AMBIENTE URBANO

Evelyn de Castro Porto Costa ¹
Vinicius da Silva Seabra ²

RESUMO

Este trabalho tem o objetivo de avaliar o desempenho dos índices radiométricos, aplicáveis para fins de classificação de áreas arborizadas em ambiente urbano. Os índices podem ser compreendidos como combinações de dados espectrais compostas a partir de bandas de imagens. Para esta investigação foram utilizados índices radiométricos gerados a partir do sensor MSI do satélite Sentinel 2, tais índices foram elencados devido seu desempenho para detecção de áreas verdes. Como recorte espacial para a realização do estudo foram adotadas três áreas de influências localizadas no município de Volta Redonda - RJ, que possuem áreas arborizadas em diferentes proporções e distribuições. Como resultado foram realizadas análises descritivas e estatísticas a partir dos dados obtidos, sendo possível avaliar as variações dos dados radiométricos dos diferentes índices, tais como os valores máximos, mínimos, médios e outliers, permitindo a avaliação dos índices de maior e menor desempenhos para detecção de áreas arborizadas em ambiente urbano.

Palavras-chave: Índices radiométricos; Sensoriamento Remoto; Sentinel 2; mapeamento da arborização.

RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo evaluar el desempeño de índices radiométricos, que se pueden aplicar con fines de clasificación de áreas boscosas en un entorno urbano. Los índices pueden entenderse como combinaciones de datos espectrales compuestos a partir de bandas de imágenes. Para esta investigación se utilizaron índices radiométricos generados a partir del sensor MSI del satélite Sentinel 2, dichos índices fueron listados por su desempeño para la detección de áreas verdes. Como recorte espacial para el estudio se adoptaron tres áreas de influencia ubicadas en el municipio de Volta Redonda - RJ, las cuales tienen áreas boscosas en diferentes proporciones y distribuciones. Como resultado, se realizaron análisis descriptivos y estadísticos a partir de los datos obtenidos, lo que permitió evaluar las variaciones en los datos radiométricos de diferentes índices, como máximo, mínimo, promedio y outliers, permitiendo la evaluación de los índices de desempeño más altos y más bajos para detección de áreas boscosas en un entorno urbano.

Palabras clave: Indices radiometricos; Sensoramiento Remoto; Sentinel 2; cartografía de la forestación.

¹ Doutoranda do Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Federal Fluminense - UFF, evelynportocosta@yahoo.com.br;

² Docente do Programa de Pós Graduação em Geografia da Faculdade de Formação de Professores da Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ/FFP, vinigeobr@yahoo.com.br;



INTRODUÇÃO

As geotecnologias são ferramentas fundamentais para fins de análise e investigações da paisagem. Nesse sentido, o sensoriamento remoto surge como importante recurso tecnológico para análises da paisagem, além disso, as ferramentas de sensoriamento remoto permitem que técnicas de mapeamentos sejam aprimoradas e realizadas com maior eficácia e menor custo benefício.

Dentre algumas das muitas potencialidades do sensoriamento remoto encontram-se o uso de índices radiométricos para melhor desempenho de classificação de imagens, tendo em vista que são utilizadas composições entre as bandas das imagens de satélite, permitindo melhor interpretação e uso de médias aritméticas para fins de classificação supervisionada ou não supervisionada.

A presente pesquisa pretende se debruçar na avaliação de índices radiométricos utilizados para classificação da arborização em ambiente urbano. A diversificação de alvos e composições físicas dos materiais existentes nas coberturas e usos das áreas urbanas ocasiona dificuldades na detecção de alvos para fins de mapeamento de uso e cobertura da terra, com maior detalhamento e acurácia.

Ressalta-se que esta investigação está sendo desenvolvida no âmbito do projeto multi-institucional de pesquisa intitulado “Fatores Determinantes da Prática de Atividade Física nos Deslocamentos Diários entre Escolares – Uma Abordagem Intersetorial e Multidisciplinar para Crianças, Adolescentes e Famílias mais Ativas”.

Dentre os muitos objetivos do projeto ressalta-se a análise das condições ambientais no entorno de escolas localizadas em Volta Redonda, município localizado no Sul Fluminense do estado do Rio de Janeiro. Dentre as análises ambientais do entorno prevista encontra-se a análise de arborização. Nesse sentido, o presente estudo se propõe a investigar metodologias para fins desta tipologia de mapeamento.

Sendo assim, foi realizado o mapeamento da arborização no entorno de 1 km de três escolas do município, Colégio Getúlio Vargas, Colégio Professora Themis de Almeida Vieira e Colégio João XXIII, como destacado na figura 1. Logo, para fins de análise e avaliação do desempenho de índices radiométricos adotados em mapeamentos de áreas verdes, foi realizado uma análise estatística e analítica básica, com o objetivo de avaliar o uso desses descritores para fins de mapeamento automatizado em áreas urbanas.

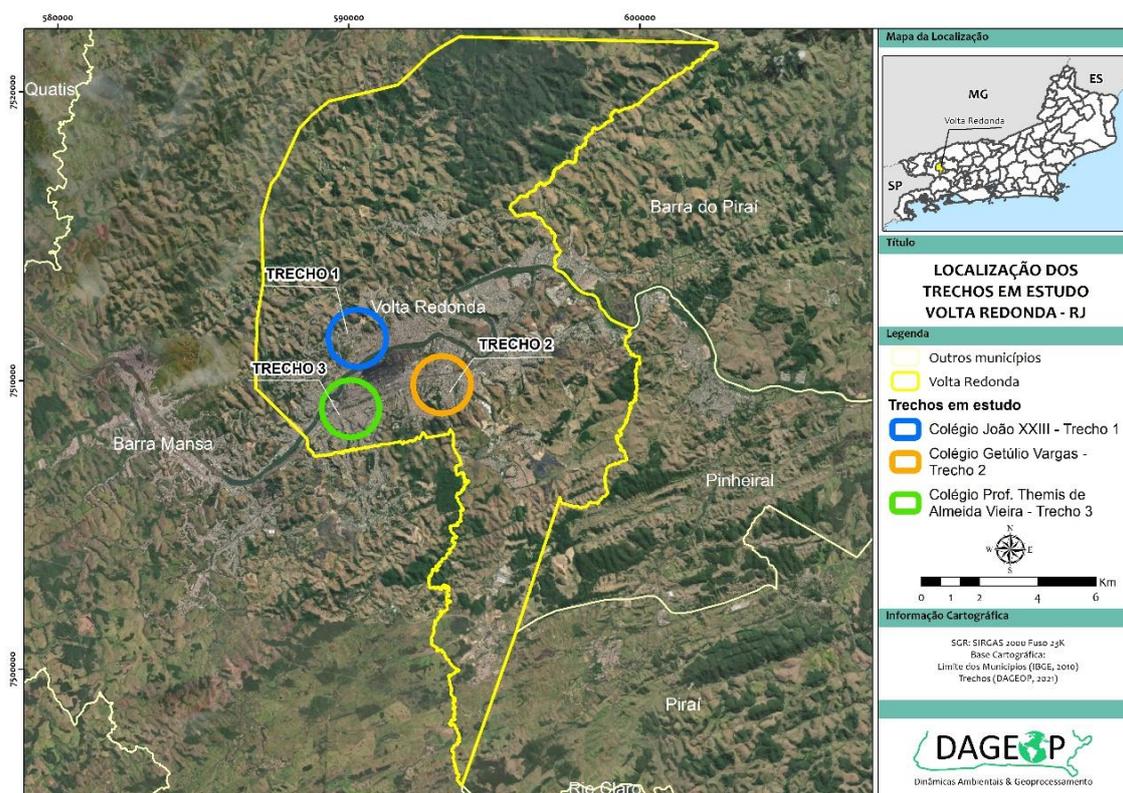


Figura 1. Localização espacial dos trechos em estudo.

Fonte: dos autores (2021)

As imagens utilizadas são do satélite Sentinel 2, uma das características que diferenciam essas imagens de outras também gratuitas é a sua resolução espectral, considerando que o sensor possui 13 bandas radiométricas disponíveis para uso, no qual variam entre 10,20 e 30 metros de resolução espacial.

Essa variedade de bandas oportuniza a geração de uma gama de índices que possuam objetivos de melhorar o mapeamento de determinados alvos da superfície terrestre. Essas composições são realizadas a partir da matemática de bandas.

Nesse sentido, a proposta deste trabalho está relacionada à avaliação do desempenho dos índices radiométricos na classificação de vegetação em áreas urbanas, os comparando entre si e avaliando os limiares e índices que possuem maiores desempenhos.



METODOLOGIA

Há uma gama de outros índices possíveis ao mapeamento de áreas verdes para serem aplicados em mapeamentos de áreas verdes. Motomiya et al (2012) aponta que a relação mais comumente utilizada é o índice de vegetação da diferença normalizada, definido como NDVI $NDVI (Normalized\ Difference\ Vegetation\ Index) = (IVP - Vis)/(IVP + Vis)$, onde IVP é a intensidade de reflectância no infravermelho próximo e Vis a intensidade de reflectância do vermelho no visível.

Para este trabalho, foram adotados os índices NDVI, MSI, PSSR e GRVI (tabela 1), de modo a avalia-los e compara-los com maior detalhamento. A escolha desses índices se deve ao fato de todos estes possuírem uma mesma escala espacial, tendo em vista que todas as bandas que as compõem possuem 10 metros de resolução (Tabela 2).

NOME	ÍNDICE	FÓRMULA	REFERÊNCIA
Normalized Difference Vegetation Index	NDVI	$(B08 - B04) / (B08 + B04)$	Rouse et al. (1974)
Pigment Specific Simple Ratio	PSSR	$B08 / B04$	Blackburn (1998)
Green-Red Vegetation Index	GRVI	$B08/B03$	Krtalic et al (2019)
Soil Adjusted Vegetation Index 1	SAVI 1	$(B08 - B04) / (B08 + B04 + 0.5) * (1.0 + L1^3)$	Huete et al (1998)

Tabela 1. Índices radiométricos de vegetação adotados
Fonte: dos autores (2021)

Resolução	Nr da Banda	Nome da Banda	Comprimento de Onda Central (nanômetro)	Combinações de Bandas
10 m	B02	Blue (Azul)	490	Cor Verdadeira RGB 04/03/02 Falsa Cor 1 e 2 RGB 08/04/03 e 04/08/03
	B03	Green (Verde)	560	
	B04	Red (Vermelho)	665	
	B08	NIR (Infravermelho Próximo)	842	

Tabela 2. Dados das bandas espectrais da Sentinel 2
Fonte: Engesat (2021)

³ L1=0,5



Para fins de comparação dos índices com a realidade da área de estudos, também foi mapeado manualmente a arborização de áreas do centro urbano do município de Volta Redonda, através do software Google Earth. Cabe ressaltar que esse mapeamento foi elaborado no âmbito do projeto que visa avaliar a qualidade de vida e arborização no entorno das escolas de Volta Redonda – RJ.

Como metodologia foi realizada a composição índices radiométricos escolhidos, os classificando no software *ArcGis* para fins de correlações estatísticas e visual, e assim realizado uma análise exploratória inicial dos dados. A partir disso foi realizada uma análise estatística analítica, em que foi possível sistematizar dados como valores máximos e mínimos, média, mediana e desvio padrão.

Essa avaliação entre os índices e os pontos de arborização foi realizada através de informações extraídas a partir de um buffer de 5 metros do ponto de localização de cada árvore, correlacionando as áreas de ocorrência aos valores de raster de cada índice. A partir dessas variáveis foi possível fazer avaliações dos limiares possíveis para mapeamento de arborização.

O fluxograma metodológico apresenta as etapas do trabalho desenvolvido de forma sequenciada (figura 2).



Figura 2. Fluxograma metodológico

Fonte: dos autores (2021)

A fim de comparar a classificação da arborização com uma verdade terrestre, também foi realizado o mapeamento da arborização através da coleta de pontos manuais no software Google Earth Pro (figura 3).

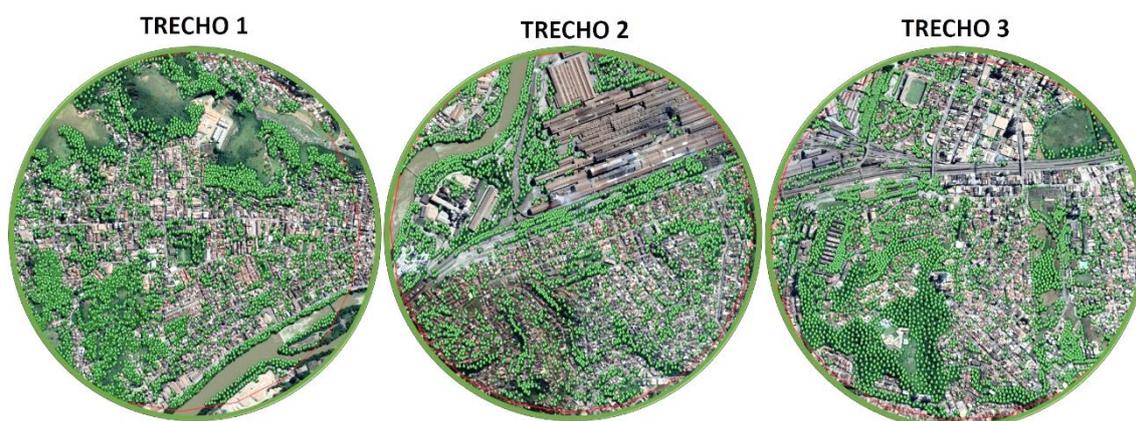


Figura 3. Arborização dos trechos em análise

Fonte: dos autores (2021)

Os pontos coletados nos três trechos foram interpolados através de ferramenta “*Kernel Density*” no software *ArcGis*, gerando um mapa de calor dos pontos, onde as áreas com maior intensidade de arborização foram destacadas, de acordo com a sua quantidade de pontos associados. Segundo Santos (2017), o *Kernel* trata-se de uma técnica de interpolação exploratória que gera uma superfície de densidade para a identificação visual de “áreas quentes”.

O método do Kernel é muito utilizado para mapear e estimar a distribuição dos pontos no espaço utilizando a estatística não paramétrica por meio da função de Núcleo (BARBOSA et al, 2014).

Esta função realiza uma contagem de todos os pontos dentro de uma região de influência, ponderando-os pela distância de cada um à localização de interesse (CÂMARA e CARVALHO, 2004). Segundo Oliveira e Oliveira (2017), o estimador de densidade kernel desenha uma vizinhança circular ao redor de cada ponto da amostra, correspondendo ao raio de influência.

REFERENCIAL TEÓRICO

A arborização urbana pode ser definida como o conjunto da vegetação arbórea natural ou cultivada que uma cidade apresenta. Está representada em áreas particulares, praças, parques, vias públicas e em outros verdes complementares (GONÇALVES e THOMAZ, 2003).



A arborização em ambiente urbano possui grande importância. Em muitas cidades, a elevada concentração populacional e as atividades industriais ocasionam sérios problemas ambientais, como: impermeabilização do solo e poluições atmosférica, hídrica, sonora e visual, além da redução da cobertura vegetal (ROCHA, et al, 2004).

A arborização presta inúmeros serviços ambientais aos centros urbanos, dentre eles pode-se citar a melhoria da qualidade do ar, através da fixação do dióxido de carbono (CO₂), emitido principalmente pelos veículos automotivos, e liberação de oxigênio (O₂) através do processo de fotossíntese (ALBERTIN et al., 2011).

O conhecimento da distribuição das árvores e as condições em que se encontram auxiliam programas de monitoramento, entretanto, essas informações somente podem ser levantadas por meio de recenseamento, ou por amostragem (GONÇALVES e THOMAZ, 2003).

Dentro do campo científico da geografia pesquisas relacionadas a arborização buscam entender o espaço geográfico e suas dinâmicas, a partir de mapeamentos e técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento.

O sensoriamento remoto surge como uma importante ferramenta para a obtenção de dados espaciais, na medida em que fornece informações por preços reduzidos e promovem reduções de trabalhos de campo, que aumentam os custos do produto final. Nesse sentido, o sensoriamento remoto pode ser entendido como a utilização conjunta de sensores, equipamentos para processamentos e dados, com o objetivo de estudar o ambiente terrestre através do registro de análise das interações entre radiação eletromagnética e os objetos da superfície terrestre (NOVO, 1988).

Os sensores mais popularizados atualmente são os sensores de satélites que captam imagens a partir da órbita terrestre. Florenzano (2011) aponta que as imagens obtidas através do sensoriamento remoto permitem uma visão sinóptica do meio ambiente ou da paisagem possibilitando estudos regionais e integrados, envolvendo vários campos do conhecimento. Segundo Sausen (2005), a utilização do sensoriamento remoto e de ferramentas de geoprocessamento permitem diagnósticos eficientes, propõem soluções de baixo custo e criam alternativas inteligentes para os desafios enfrentados face às mudanças aceleradas que se observam na paisagem. As geotecnologias, em geral, trouxeram novas possibilidades de representar e analisar a paisagem. O SIG, em particular, abriu a possibilidade para representações multiescalares e para bases de dados



que contenham versões digitais do conteúdo de muitos mapas em diferentes escalas (GOODCHILD e QUATTROCHI, 1997).

Dentro desse viés encontramos metodologias e aplicações de softwares voltados para mapeamentos espaciais adotado por geógrafos que visam elaborar mapeamentos para fins de análises.

Nesse sentido, um dos atributos que contribuem para mapeamentos de uso e cobertura da terra são os índices radiométricos, que são combinações de dados espectrais compostas a partir de bandas de imagens. Logo, os índices são operações matemáticas que obtêm valores radiométricos a partir da composição de duas ou mais bandas.

Há uma gama de índices produzidos para fins de mapeamento de áreas verdes. O objetivo do emprego de índices de vegetação é minimizar o total de dados espectrais e realçar a contribuição espectral da vegetação verde, bem como reduzir a contribuição do solo, o ângulo solar, a vegetação senescente e a atmosfera (RODRIGUES et al, 2013).

Índices radiométricos são medidas capazes de identificar em imagens digitais a abundância relativa e a atividade de determinados tipos de informações, tais como áreas edificadas, cobertura vegetal, áreas inundadas, área foliar, entre outros. (FRANÇA et al, 2012).

Para fins de ilustração, foram gerados histogramas do índices radiométricos, em que é possível compreender as variações dos valores dos pixels (figura 4).

Os usos de descritores, como por exemplo, o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), criado por Rouse et al (1974), que se aplica na identificação de áreas verdes ou em áreas em que a presença de vegetação é escassa, servem de elementos fundamentais na classificação da imagem, pois facilitam na identificação de florestas e áreas verdes.

Segundo Santos et. al. (2017) uma das principais vantagens do uso de imagens do Sentinel 2 é a combinação de estreitas faixas espectrais, proporcionadas por quatro canais Red Edge (borda do vermelho) e o tempo de revisita, que contribui para estudos de identificação e monitoramento de coberturas vegetais.

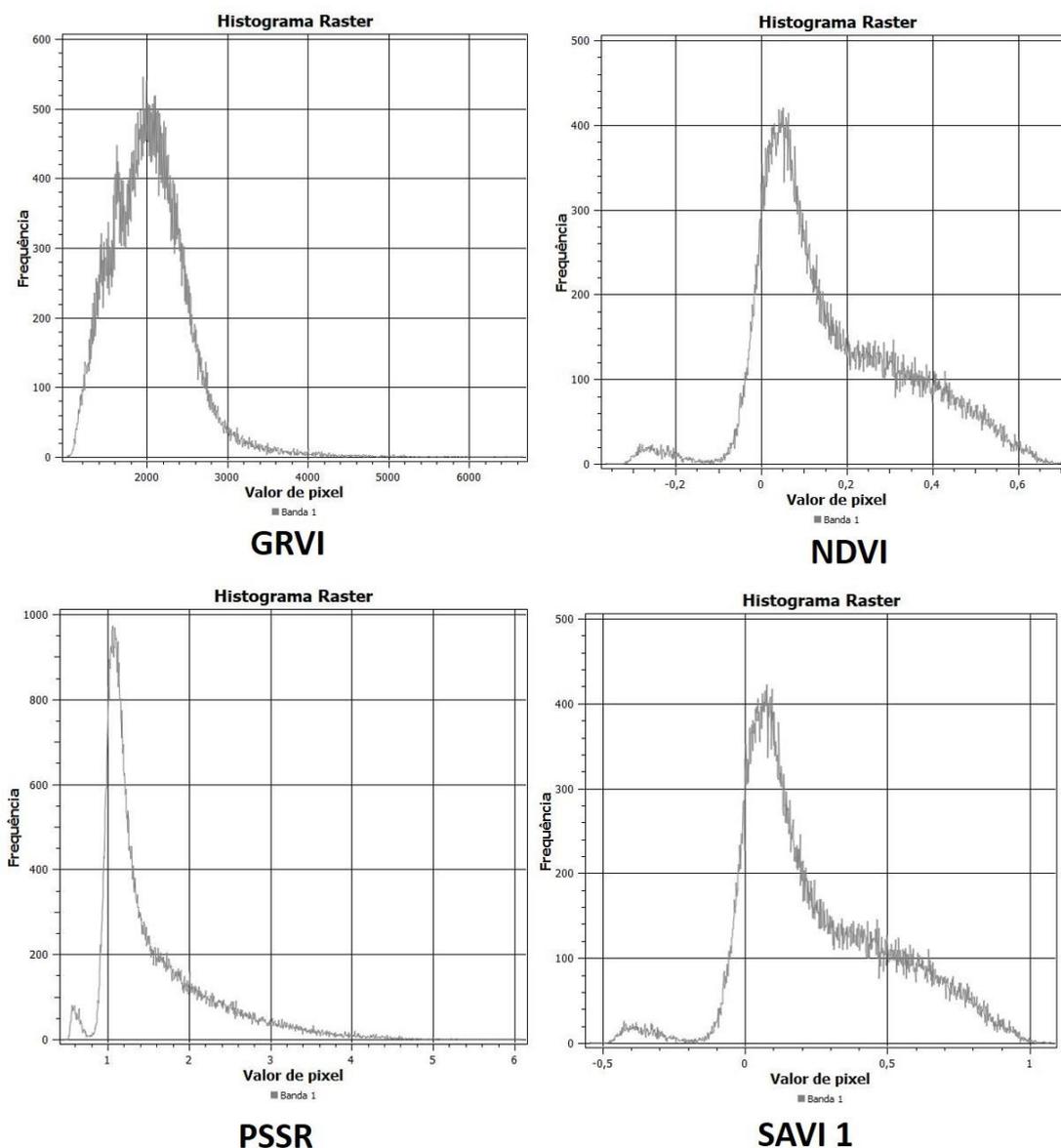


Figura 4. Histograma dos índices

Fonte: dos autores (2021)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através de interpretações visuais realizadas a partir de representações geradas por álgebra de mapas, o NDVI e PSSR possuem desempenho similares e mais próximos a densidade de arborização verificada por levantamento em imagens de alta resolução. O GRVI tende a superestimar as áreas verdes, a confundindo com outras classes. Enquanto o SAVI 1 e NDVI possuem respostas parecidas, dando respostas mais niveladas com o NDVI E PSSR, entretanto, ainda superestimado (Figura 5, 6 e 7).

Em complemento, foi realizado uma análise descritiva e estatística simples é realizada através dos boxplots, em que é organizado através de uma estatística descritiva em que aponta as variações dos dados. No caso desta análise, os outliers são aqueles fora dos valores confiáveis, que se concentram entre máximo e mínimo. Os valores mais próximos a realidade encontram-se na mediana entre os valores máximos e mínimos.

As figuras 5, 6 e 7 apresentam diagramas ilustrativos dos trechos 1, 2 e 3 das amostras mapeadas, comparando os quatro índices exploratórios à interpolação da arborização através do kernel.

Ao observar o trecho 1, é possível acompanhar que no eixo norte incide um trecho fluvial, em que há mata ciliar em suas margens, a região norte e oeste é onde indice os maiores fragmentos de arborização. É importante destacar que há pequenas árvores incidindo sobre pequenas áreas na região central à leste do trecho.

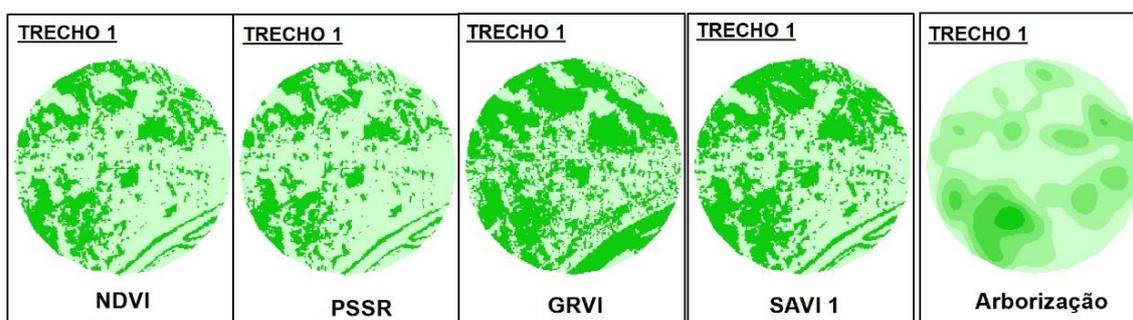


Figura 5. Análise comparativa entre os índices e a arborização do trecho 1
Fonte: dos autores (2021)

O trecho 2 é o de menor incidência de arborização. No trecho noroeste incide uma drenagem fluvial, que possui mata ciliar em seu entorno. O GRVI é o índice que alcança a área fluvial além da área de floresta, superestimando tal trecho. Há pequenas incisões de arborização em outros trechos de ruas, que podem ser melhor evidenciadas pelo SAVI 1.

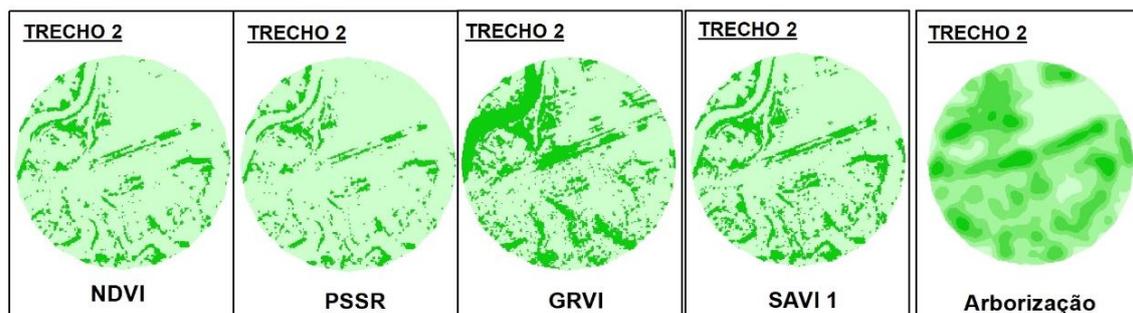


Figura 6. Análise comparativa entre os índices e a arborização do trecho 2
Fonte: dos autores (2021)

No trecho 3, é possível detectar padrões de arborização nas regiões nordeste, sudeste e sudoeste, sendo mais próximas à realidade pelos índices NDVI e PSSR. O índice GRVI superestima as áreas de arborização, estimando áreas maiores que o real.

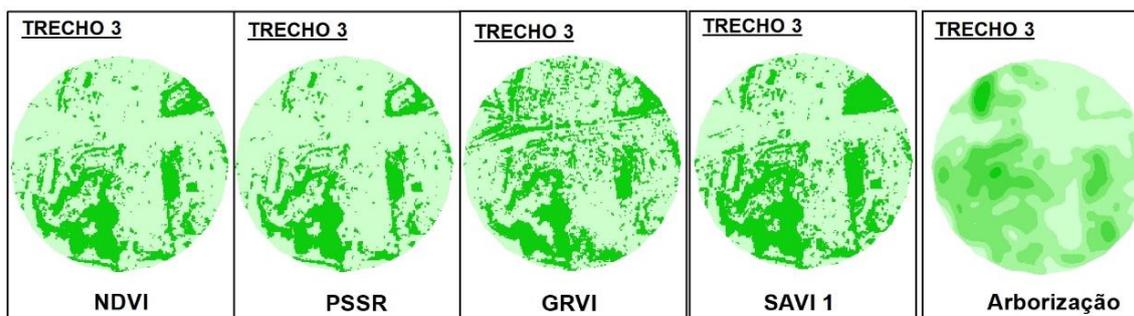


Figura 7. Análise comparativa entre os índices e a arborização do trecho 3
Fonte: dos autores (2021)

Ainda visualmente é possível observar que o NDVI e PSSR são índices que apontaram comportamento de fragmentos maiores e com distribuição mais uniforme da arborização.

O índice GRVI apontou bom desempenho para detectar arborização individualizada, entretanto, apresentou comportamentos de superestimação para detectar os fragmentos maiores.

Já o índice SAVI 1 apresentou comportamentos de superestimação dos fragmentos maiores. Esse índice possui padrão no limiar entre GVRI e NDVI/PSSR.

Ao avaliar o comportamento individual de cada um dos índices, constatou-se que alguns possuem comportamento espectral similar e foi possível compreender quais os limiares mais confiáveis ao mapeamento da arborização. A partir de uma análise preliminar e descritiva, os índices que apontaram melhores resultados foram os comportamentos dos índices NDVI e PSSR, seguido por SAVI 1 e GRVI.

Em relação aos dados estatísticos, o NDVI obteve resultados mais aglutinados no entorno da mediana 0,10 e 0,40, sem a presença de outliers⁴. A mínima e a máxima desse índice esteve associada a valores de -0,30 a 0,40, respectivamente.

⁴ O termo outliers é também conhecido por como dados discrepantes; pontos fora da curva; observações fora do comum; anomalias e valores atípicos



Os limiares mencionados podem ser visualizados no gráfico (figura 8) e tabela (tabela 3).

ÍNDICES	NDVI	PSSR	SAVI 1	GRVI
Mediana min	0,10	1,00	0,20	1500
Mediana máx	0,40	2,50	0,60	2000
Máximo	0,40	4,00	1,00	2900
Mínimo	-0,30	0,00	0,40	1000

Tabela 3. Descrição dos valores identificados

Fonte: dos autores (2021)

O SAVI 1 teve desempenho similar ao NDVI, em que a mediana esteve presente entre os valores 0,20 a 0,60. A mínima e a máxima se relaciona aos valores -0,40 a 1,0, respectivamente, com registros de outliers em valores negativos apenas.

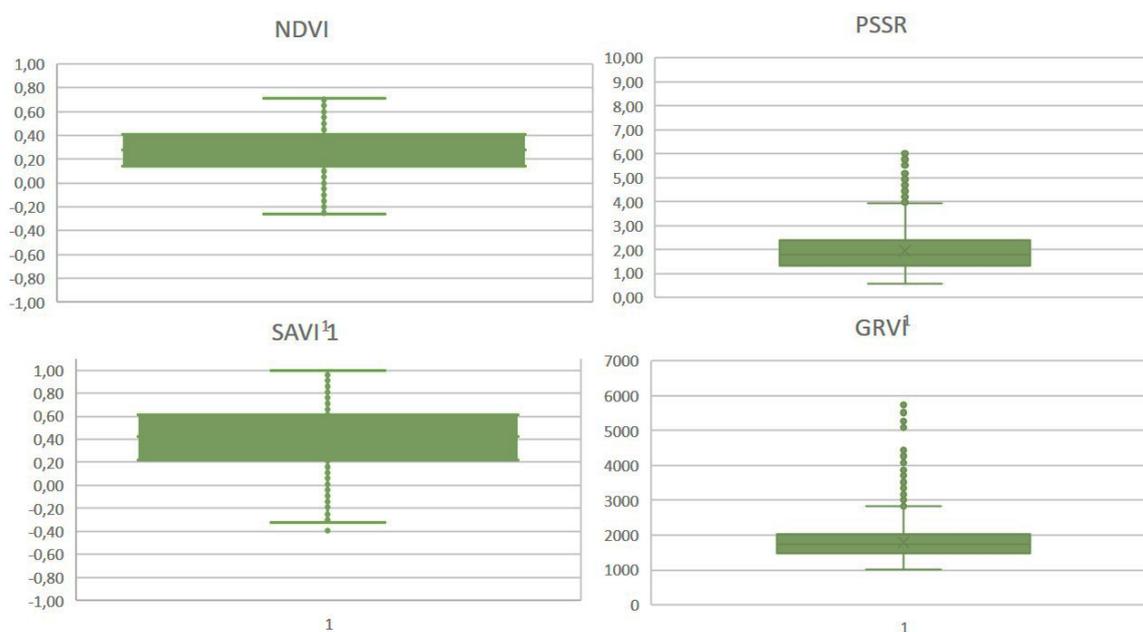


Figura 8. Análise do comportamento dos índices

Fonte: dos autores (2021)

O PSSR obteve mediana concentrada entre os valores a partir de 1,0 a 2,5. A mínima e máxima esteve associado aos valores acima de 0 até 4,0. Os outliers concentraram-se acima dos valores de 4,0 até 6,0.



O GRVI obteve outliers signitivos na análise, estando distribuídos em valores acima de 3000. A mediana concentrou-se em 1500 a 2000, com valores mínimo e máximos entre 1000 a 2900.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação de índices radiométricos para fins de classificação de áreas é uma importante ferramenta de exploração científica. O ambiente urbano possui uma diversificada variedade de elementos de composições físicas diferentes, o que pode vir a dificultar na classificação de algumas particulares, como é como da arborização, que se localiza em áreas pontuais e fragmentadas do ambiente urbano.

A arborização em ambiente urbano possui grande relevância, seja para a qualidade de vida, paisagismo, dentre outras finalidades. Pela sua importancia temática esta deve ser mapeada com maior frequência, sejam para estudos urbanísticos ou geográficos. Nesse sentido, estudos que visam auxiliar na sua classificação pode vir a contribuir metodologicamente com outros estudos dessa temática.

Os índices avaliados nesta pesquisa apontaram pontos favoráveis à classificação da arborização, levando em consideração a particularidade da sua distribuição entre as avenidas e ruas do município de Volta Redonda.

Os índices NDVI e PSSR obtiveram comportamento semelhantes no desempenho. O índice GRVI obteve carater superestimado, alcançando fragmentos maiores do que as áreas arboreas, entretanto, atendeu as expectativas dos trechos de menor incidência de árvores, com fragmentos menores e bem espaçados entre si. Enquanto o SAVI 1, esteve entre os limiares do NDVI, GRVI e PSSR, devido a alcançar áreas aborizadas menores.

De acordo com as análises foi possível verificar que os índices obtiveram expressivo desempenho na classificação do urbano, mesmo com as especificidades da área de estudos. Portanto, testar novos parâmetros de segmentação e novas combinações de índices com demais variáveis podem proporcionar um resultado ainda melhor para a classificação do urbano.

AGRADECIMENTOS

À PROEX-POSGEO-UFF/PROEX pelo auxílio concedido.



REFERÊNCIAS

ALBERTIN, R.M. DE ANGELIS, F., DE ANGELIS NETO, R.; DE ANGELIS, B.L.D. Diagnóstico quali-quantitativo da arborização viária de Nova Esperança, Paraná, Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana** 2011; 6(3): 128-148.

BARBOSA, N. F. M.; STOSIC, B. F.; STOSIC, T.; LOPES, P. M.; MOURA, G. B. de A.; MELO, J. S. P. Kernel smoothing dos dados de chuva no Nordeste. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 7, p. 742–747, 2014.

CAMARA, G; CARVALHO, M.S. Análise Espacial de Eventos. In: DRUCK, S.; CARVALHO, M.S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.V.M. **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília, EMBRAPA, 2004.

FLORENZANO, T.G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. 3ª Edição. 128p. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

FRANÇA, A.F.TAVARES JUNIOR, J. R.; MOREIRA FILHO, J. C. C. Índices ndvi, ndwi e ndbi como ferramentas ao Mapeamento temático do entorno da lagoa olho d'água. Jaboatão dos Guararapes-PE. In: **Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**, v. 4, p. 001-009, 2012.

GONÇALVES, S.; THOMAZ, F.R. Caracterização da arborização urbana do bairro de Vila Maria baixa. **ConScientiae Saúde**, n. 2, p. 67-75, 2003.

GOODCHILD, M. F. & QUATTROCHI, D. A. Scale, Multiscaling, Remote Sensing, and Gis. In: **Scale in Remote Sensing and Gis**. CRC Press. 1997.

MOTOMIYA, A.V.A.; VALENTE, I.M.Q.; MOLIN, J.P.; MOTOMIYA, W.R.; BISCARO, G;A. Mapeamento do índice de vegetação da diferença normalizada em lavoura de algodão. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, p. 112-118, 2012. Mapeamento do índice de vegetação da diferença normalizada em lavoura de algodão. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, p. 112-118, 2012.

NOVO, E. M. L. M. Sensoriamento Remoto, Princípios e Aplicações - Edgard Blucher, 1998.

NUCCI, J.C. **Qualidade ambiental e adensamento: um estudo de planejamento paisagem de Santa Cecília (MSP)** [tese]. São Paulo: Departamento de Geociências, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo; 1996.

OLIVEIRA, U.; OLIVEIRA, P. Mapas de Kernel como Subsídio à Gestão Ambiental: Análise dos Focos de Calor na Bacia Hidrográfica do Rio Acaraú, Ceará, nos Anos 2010 a 2015. **Espaço Aberto**, PPGG - UFRJ, Rio de Janeiro, V. 7, N.1, p. 87-99, 2017.



ROCHA, R. T.; LELES, P.S.S; OLIVEIRA NETO, S.N. Arborização de vias públicas em Nova Iguaçu, RJ: o caso dos bairros Rancho Novo e Centro. **Revista árvore**, v. 28, p. 599-607, 2004.

RODRIGUES E.L., FERNANDES D.H.F., ELMIRO M.A.T., FARIA, S.D. Avaliação da cobertura vegetal por meio dos índices de vegetação SR, NDVI, SAVI e EVI na sub-bacia do Vale do Rio Itapecerica, Alto São Francisco, em Minas Gerais. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, v. 16, p. 1472-1479, 2013.

ROUSE, J.; H., R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring Vegetation System in the Great Plains with ERTS. **Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium**, Greenbelt: NASA SP-351, 3010-3017. 1974.

SANTOS, P. P.; AUGUSTO, R. C.; RICHTER, M. Sentinel 2 - Procedimentos e potencial de utilização a partir de geotecnologias gratuitas. **Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Santos, 2017.

SAUSEN, T. M. **Sensoriamento Remoto e suas aplicações para recursos naturais**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Projeto EducaseRe CBERS. São José dos Campos-SP, 2005.