



Revista Cerrados (Unimontes)  
ISSN: 1678-8346  
ISSN: 2448-2692  
revista.cerrados@unimontes.br  
Universidade Estadual de Montes Claros  
Brasil

# ESTIMATIVA DE ÍNDICE DE QUALIDADE AMBIENTAL DA CIDADE DE UBERLÂNDIA POR MEIO DE IMAGENS DE SATÉLITE

Oliveira, Dayanne Vieira de; Materano, Lisbeth Segovia; Brito, Jorge Luís Silva  
ESTIMATIVA DE ÍNDICE DE QUALIDADE AMBIENTAL DA CIDADE DE UBERLÂNDIA POR MEIO DE IMAGENS DE SATÉLITE

Revista Cerrados (Unimontes), vol. 16, núm. 1, 2018

Universidade Estadual de Montes Claros, Brasil

**Disponível em:** <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=576960999006>

**DOI:** <https://doi.org/10.22238/rc24482692201816015974>

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



Este trabalho está sob uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-Não Derivada 4.0 Internacional.

# ESTIMATIVA DE ÍNDICE DE QUALIDADE AMBIENTAL DA CIDADE DE UBERLÂNDIA POR MEIO DE IMAGENS DE SATÉLITE

ESTIMATION OF THE ENVIRONMENTAL QUALITY INDEX OF THE CITY OF UBERLÂNDIA USING REMOTE SENSING

ESTIMACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL DE LA CIUDAD DE UBERLÂNDIA POR MEIO DE IMÁGENES SATELITALES

Dayanne Vieira de Oliveira [dayannevieira@ymail.com](mailto:dayannevieira@ymail.com)  
*Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Brasil*

Lisbeth Segovia Materano [segoviam.lisbeth@gmail.com](mailto:segoviam.lisbeth@gmail.com)  
*Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Brasil*

Jorge Luís Silva Brito [jbrito@ufu.br](mailto:jbrito@ufu.br)  
*Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Brasil*

Revista Cerrados (Unimontes), vol. 16,  
núm. 1, 2018

Universidade Estadual de Montes Claros,  
Brasil

Recepção: 26 Outubro 2017  
Aprovação: 15 Maio 2018  
Publicado: 30 Junho 2018

DOI: <https://doi.org/10.22238/rc24482692201816015974>

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=576960999006>

**Resumo:** O uso das geotecnologias e suas aplicações com o uso do Sensoriamento Remoto e dos SIG contribuem para o avanço no conhecimento da dinâmica da paisagem, sendo uma ótima ferramenta devido a aspectos de fácil visualização e rapidez para auxiliar na tomada de decisões. O presente trabalho tem o objetivo de testar um método de estimativa da qualidade ambiental usando quatro indicadores ambientais derivados de imagens de satélite na cidade de Uberlândia/MG: TS, NDVI, SAVI e NSI. Para isto foram utilizados para determinar a TS uma imagem do satélite Landsat8, correlacionado com índices de vegetação NDVI, SAVI e NSI obtidos a partir de imagens Sentinel-2A processados no ILWIS versão 3.4. Os resultados mostraram que NDVI e SAVI estão correlacionados um com o outro e correspondem com a quantidade de vegetação, enquanto NSI e TS são correlacionados com as áreas de maior proporção de área construída. Embora a qualidade ambiental seja determinada por um grande número de variáveis, os dados obtidos nas imagens de satélite mostraram-se eficaz na estimativa da qualidade ambiental, sendo uma importante ferramenta de rápido acesso para obter informações espaço-temporal dos fatores ambientais urbanos e contribuir para o planejamento e aplicação das políticas públicas.

**Palavras-chave:** Qualidade Ambiental, Índices de vegetação, Temperatura superficial, Sensoriamento Remoto.

**Abstract:** The use of geotechnologies and their applications with remote sensing and geographic information systems (GIS) have been widely used in recent years and contribute much to the advance in the knowledge of the landscape dynamics, being an excellent tool due to the aspects of easy visualization and speed to aid in decision making. In this context, the present work aims to develop and test a method for estimating environmental quality using four environmental indicators derived from satellite images for the city of Uberlândia/MG: TS (Surface Temperature), NDVI (Vegetation Difference Index Normalized), SAVI (Soil-Adjusted Vegetation Index) and NSI (Normalized Soil Difference Index). For this purpose, an image of the Landsat 8 satellite was used to determine the TS, correlating with the NDVI, SAVI and NSI indices obtained from a Sentinel-2A image, processed in the GIS ILWIS 3.4. The results show that NDVI and SAVI are correlated with each other, while NSI and TS are

correlated with areas of higher anthropic construction. Although the environmental quality is determined by a large number of variables, the data obtained through remote sensing show potential in the estimation of environmental quality indices, being a quick access tool to obtain spatio-temporal information of urban environmental factors, contributing to the planning and implementation of public policies.

**Keywords:** Environmental Quality, Vegetation Indexes, Surface Temperature, Remote Sensing.

**Resumen:** El uso de geotecnologías y sus aplicaciones con la teledetección y los sistemas de información geográfica han sido muy utilizados en los últimos años y contribuyen para el avance en el conocimiento de la dinámica del paisaje, siendo una óptima herramienta debido a los aspectos de fácil visualización y rapidez para auxiliar en la toma de decisiones. En este contexto, el presente trabajo tiene como objetivo, desarrollar y probar un método de estimación de calidad ambiental usando cuatro indicadores ambientales derivados de imágenes satelitales para la ciudad de Uberlândia/MG: TS (Temperatura superficial), NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada), SAVI (Índice de Vegetación Ajustado al Suelo) y NSI (Índice de Diferencia Normalizada de Suelo). Para esto fueron utilizados para determinar la TS una imagen del satélite Landsat 8, correlacionando con los Índices NDVI, SAVI y NSI obtenidos de una imagen del Sentinel-2A, procesados en el SIG ILWIS 3.4. Los resultados muestran que NDVI y SAVI están correlacionados uno con el otro, en tanto NSI y TS son correlacionados con las áreas de mayor proporción construcción antrópica. A pesar de que la calidad ambiental sea determinada por un gran número de variables, los datos obtenidos mediante teledetección muestran potencialidad en la estimación de índices de calidad ambiental, siendo una herramienta de rápido acceso para obtener informaciones espacio-temporales de los factores ambientales urbanos, pudiendo contribuir a la planificación y aplicación de las políticas públicas.

**Palabras clave:** Calidad Ambiental, Índices de Vegetación, Temperatura Superficial, Teledetección.

## INTRODUÇÃO

O aumento da população urbana tem sido percebido a muitos anos e se acentua com o crescimento das atividades econômicas e com o desenvolvimento das tecnologias e esse fato tem desencadeado uma série de mudanças ambientais ao longo do tempo. Para Hasenack (1989) a principal razão dos problemas ambientais urbanos está associada à separação homem/meio natural.

As mudanças ambientais têm sido percebidas por acarretar alterações climáticas, perda de solos férteis, desaparecimento das florestas e dos animais, surgimento de novas doenças. Segundo Dias (2006) a reversão dessa tendência constitui o maior desafio evolucionário enfrentado pela espécie humana e envolve todas as pessoas em todos os ramos de atividade, com novas ferramentas teóricas, novas práticas, bem como o resgate de valores e a criação de novos, sintonizados com uma ética global.

Dentre esse desafio está a manutenção da vegetação no meio urbano, a mudança de hábitos e conceitos, extinguir a convicção que árvore é sinônimo de sujeira, mas sim compreender que ela é uma importante prática no meio urbano. Segundo Resende e Colesanti (2001) as áreas arborizadas são capazes de minimizar as alterações e proporcionar o equilíbrio solo/clima/vegetação, contribuem para conservar a umidade do solo, atenuar a temperatura, reduzir a velocidade dos ventos e manter as propriedades do solo, influenciar no ciclo hidrológico, abrigar a fauna

existente e amortecer os ruídos sonoros contínuos de caráter estridente, que ocorre nos centros urbanos.

Diante desses fatores, a cobertura vegetal pode ser considerada um indicador da qualidade de vida de seus habitantes, conforme indicativos da Organização Mundial de Saúde (ROSSET; PINTO; ALMEIDA, 2007). Estima-se que um índice de cobertura vegetal na faixa de 30% seja o recomendável para proporcionar um adequado balanço térmico em áreas urbanas, sendo que áreas com um índice de arborização inferior a 5% determinam características semelhantes às de um deserto (OKE, 1973).

Dessa forma, é importante que os administradores públicos e privados obtenham informações e tecnologias para gerir o rápido crescimento populacional e, conseqüentemente, tomar conhecimento das alterações naturais do meio urbano. O uso das geotecnologias e suas aplicações com o uso do Sensoriamento Remoto e dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) têm sido muito utilizados nos últimos anos e contribuem muito para o avanço no conhecimento da dinâmica da paisagem, sendo uma ótima ferramenta devido a aspectos de fácil visualização e rapidez para auxiliar na tomada de decisões.

Estudar a paisagem é uma maneira de se planejar para garantir o uso futuro do ambiente natural e o uso das geotecnologias auxiliam no planejamento de atividades de campo, no desenvolvimento de sistemas de monitoramento da paisagem e no planejamento de estratégias de conservação e preservação dos recursos naturais. Através dela é possível construir um banco de dados que possuem todas essas informações e mapeamentos das áreas verdes urbanas, rurais, quantificar o conjunto de áreas urbanas que apresentam cobertura vegetal, arbórea, arbustiva ou rasteira, índice de arborização, de preservação permanente e de poluição que contribuem de modo significativo para o conforto da população e o equilíbrio ambiental nas cidades (MENDONÇA, 2011).

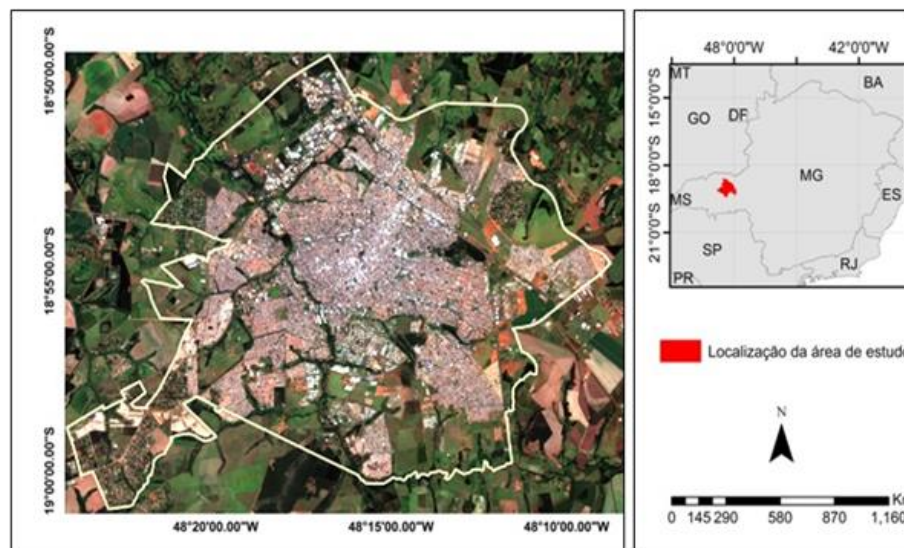
Apesar da existência de múltiplas aplicações de imagens de satélite no ambiente urbano, a definição de um método consistente para a avaliação da qualidade ambiental ainda é um desafio. Vários são os indicadores que podem ser considerados e vários são os algoritmos que podem ser utilizados diante da complexidade espacial da qualidade ambiental urbana. Assim, diversos autores destacam a necessidade de incorporar informações de várias fontes para gerar sistemas de indicadores mais completos.

Visto que na cidade de Uberlândia, em Minas Gerais, com uma população de mais de 600 mil habitantes, poucos são os trabalhos que derivam de imagens de satélite como fonte de dados para avaliar a qualidade ambiental, o presente trabalho tem o objetivo de desenvolver e testar um método de estimação da qualidade ambiental usando quatro indicadores ambientais derivados de imagens de satélite: TS (Temperatura superficial), NDVI (Índice de vegetação da diferença normalizada), SAVI (Índice de vegetação ajustado para o solo) e NSI (Índice de diferença normalizada de solos). Para isto foram utilizados para determinar a TS uma imagem do satélite Landsat 8, correlacionado com índices de vegetação NDVI, SAVI e NSI obtidos a partir de

imagens Sentinel-2A. Foi necessário analisar o comportamento da radiação eletromagnética refletida por corpos na superfície e seu registro pelos satélites artificiais e aplicar o conhecimento teórico no sistema de informação geográfica ILWIS versão 3.4 (software livre - Disponível em: <<http://ilwis.itc.utwente.nl/downloads/>>). Os resultados servirão para os processos de planejamento e gestão ambiental e poderá ser aplicado em outras cidades.

## CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo corresponde a cidade de Uberlândia, como mostra a Ilustração 1, situada no estado de Minas Gerais, com população estimada para o ano de 2017 de 676.613 pessoas, densidade demográfica de 146,78 hab./km<sup>2</sup>, a área total do município é de 4.115,822 km<sup>2</sup>, sendo que a área urbana ocupa 219,00 Km<sup>2</sup> (IBGE, 2010).



**Ilustração 1: Localização da área de estudo**

Localização da área de estudo

As autoras (Adaptado Google Earth).

Dentre as ferramentas mais usadas pela administração pública para manutenção da cobertura vegetal na área urbana podemos citar o plano diretor e a lei complementar N° 523, de 7 de abril de 2011, que trata sobre o parcelamento do solo do município de Uberlândia e de seus distritos e trata da exigência de 25% da área de cada lote ser destinado a áreas impermeáveis e condomínios com 20% da área interna impermeável (UBERLÂNDIA, 2011).

## PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Foram adquiridas imagens do satélite Landsat 8 de 03 de abril de 2017 através do site USGS (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) e imagens do satélite Santinel 2 de 05 de abril de 2017 no site Copernicus (<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>). O critério para escolha das imagens

do satélite LANDSAT e SENTINEL do mês de abril foram as boas condições climáticas relacionadas com a baixa presença de cobertura de nuvens, além disso, a utilização de duas séries de satélites diferentes é justificada por a LANDSAT 8 permitir o cálculo da temperatura de superfície por possuir uma banda na região termal e a SENTINEL-2A possuir uma boa resolução espacial, que permite identificar objetos na superfície terrestre com mais clareza se comparado com as da série LANDSAT. O estudo procurou avaliar a metodologia para diagnóstico imediato da realidade local, dessa forma avaliou apenas o mês de abril. Atestada essa metodologia, sugere-se aplicá-la em todas as estações do ano.

Para processamento foram projetadas para o referencial SIRGAS 2000, assim tem uma boa sobreposição ao mapa de loteamentos adquirido pela Prefeitura Municipal. Os procedimentos foram realizados no software ILWIS versão 3.4.

Para a obtenção da camada de temperatura da superfície (TS), utilizou-se a imagem do canal do infravermelho termal, faixa espectral de 10,6 a 11,19  $\mu\text{m}$ , banda 10 do sensor do satélite Landsat-8 com resolução espacial de 100 metros, com a utilização de parâmetros fixos de conversão de níveis de cinza da imagem (NC) para radiação, depois para temperatura Kelvin e finalmente para graus Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Primeiramente para calcular a TS, o sensor de nível de radiação espectral, banda térmica, foi convertido ao satélite temperatura de brilho, usando a Equação 1 apresentada em Using the USGS Landsat8 Product (2017):

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda} + 1\right)} \quad (1)$$

Onde:

T é a temperatura de brilho em Kelvin;

$L_\lambda$  é a radiação espectral TOA ( $\text{Watts}/(\text{m}^2 * \text{srad} * \mu\text{m})$ );

$K_1$  é a constante de conversão térmica específica da banda dos metadados (K1\_CONSTANT\_BAND\_x, onde x é o número da banda térmica);

$K_2$  é a constante de conversão térmica específica da banda dos metadados (K2\_CONSTANT\_BAND\_x, onde x é o número da banda térmica).

Como a temperatura de brilho refere-se a um corpo negro, para calcular a temperatura de superfície é necessário acrescentar a emissividade da superfície terrestre, como mostra a Equação 2 (WENG; LU; SCHUBRING, 2004).

$$T_s = \frac{T_L}{1 + \left(\lambda * \frac{T_L}{1,438 * 10^{-2}}\right) * \ln \epsilon} \quad (2)$$

Onde:



$T_s$  é a temperatura de superfície;

$T_L$  é a temperatura de brilho;

$\lambda$  é o comprimento de onda da banda a ser considerada;

$E$  é a emissividade da superfície.

Encontrada a temperatura em graus Kelvin, para transformá-la em graus Celsius, basta subtrair os valores encontrados por 273, 15.

Para a obtenção dos índices NDVI, SAVI e NSI utilizou-se a imagem do canal do canal vermelho e infravermelho próximo do sensor do satélite Sentinel-2A com resolução espacial de 10 metros. A baixa reflectância das folhas na região do visível deve-se à absorção da radiação solar pelos pigmentos, enquanto a alta reflectância na região do infravermelho próximo deve-se ao espalhamento (reflectância e transmitância) da radiação no interior das folhas em função da estrutura celular. Portanto, o comportamento espectral das folhas depende da sua composição química e de sua estrutura interna. A variação da reflectância da cobertura vegetal em diferentes bandas de sensores remotos depende, principalmente, da quantidade de folhas e da arquitetura do dossel (SHIMABUKURO; NOVO; PONZONI, 1998).

O NDVI (Índice de Vegetação da Diferença Normalizada) é a razão simples para o intervalo de -1 a +1. Na prática as áreas com vegetação são representadas com tons mais claros, ao contrário, as áreas com ausência de vegetação com tonalidade escura. Para alvos terrestres o limite inferior torna-se aproximadamente 0 e o limite superior aproximadamente 0,80 (PONZONI; SHIMABUKURO, 2007). A normalização é feita através da Equação 3:

$$NDVI = \frac{\rho_{nir} - \rho_r}{\rho_{nir} + \rho_r} \quad (3)$$

Onde:

$P_{nir}$  é resposta espectral do pixel na banda do infravermelho próximo;

$P_r$  resposta espectral do pixel na banda do vermelho.

A característica do solo tem uma considerável influência no espectro de radiação proveniente de dosséis vegetais esparsos, e consequentemente, no cálculo dos índices de vegetação (HUETE, 1988). Por isso, o Índice de Vegetação Ajustado para o Solo (SAVI) introduz uma constante “L” que tem a função de minimizar o efeito do solo no resultado final do índice, como mostra a Equação 4 (PONZONI; SHIMABUKURO, 2007):

$$SAVI = \frac{\rho_{nir} - \rho_r}{\rho_{nir} + \rho_r + L} * (1 + L) \quad (4)$$

Onde:

L é constante que minimiza o efeito do solo e pode variar de 0 a 1.

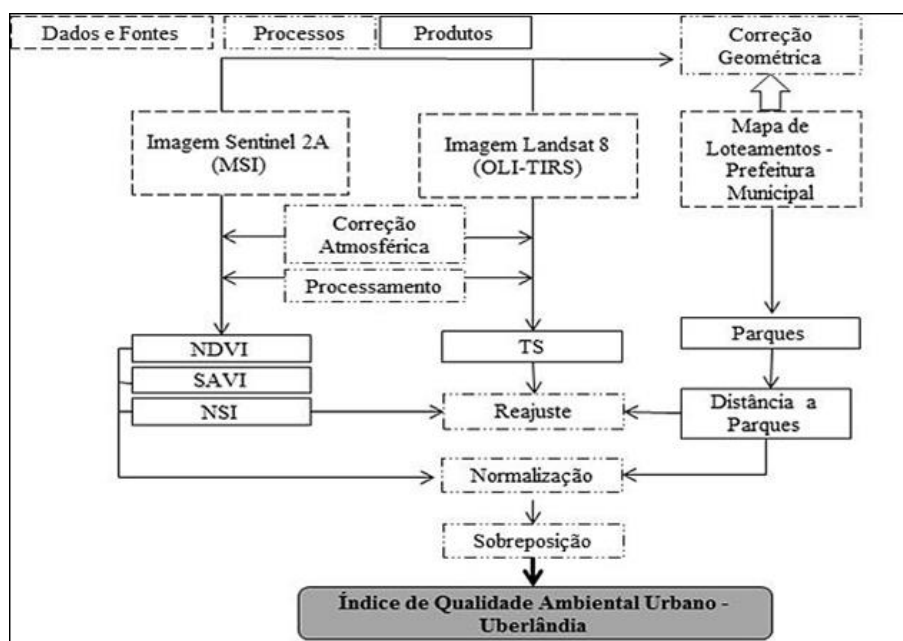
O índice normalizado solo diferença (NSI), proposto por Rogers e Kearney (2004), destaca as áreas construídas e solo nu, porque essas superfícies são mais reflexivas no NIR do que no SWIR. O NSI foi obtido pela Equação 5.

$$NSI = \frac{\rho_{swir} - \rho_{nir}}{\rho_{swir} + \rho_{nir}} \quad (5)$$

Onde:

$\rho_{swir}$  é resposta espectral do pixel na banda do infravermelho de ondas curtas.

A Ilustração 2 mostra o procedimento metodológico utilizado para estimar o índice de qualidade ambiental.



**Ilustração 2**  
Procedimentos metodológicos  
As autoras.

## ESTIMATIVA DO ÍNDICE DE QUALIDADE AMBIENTAL

Para a estimativa do índice de qualidade ambiental camadas NDVI, SAVI, NSI e TS foram submetidos ao método de sobreposição, previamente realiza-se uma normalização dos valores de modo que todos estejam em uma faixa dentre 0 e 1, para isso foi utilizado o método do valor máximo, o qual se fundamenta em dividir os valores da cada mapa por seu máximo valor a encontrar; este método é assinalado por Roa (2007).

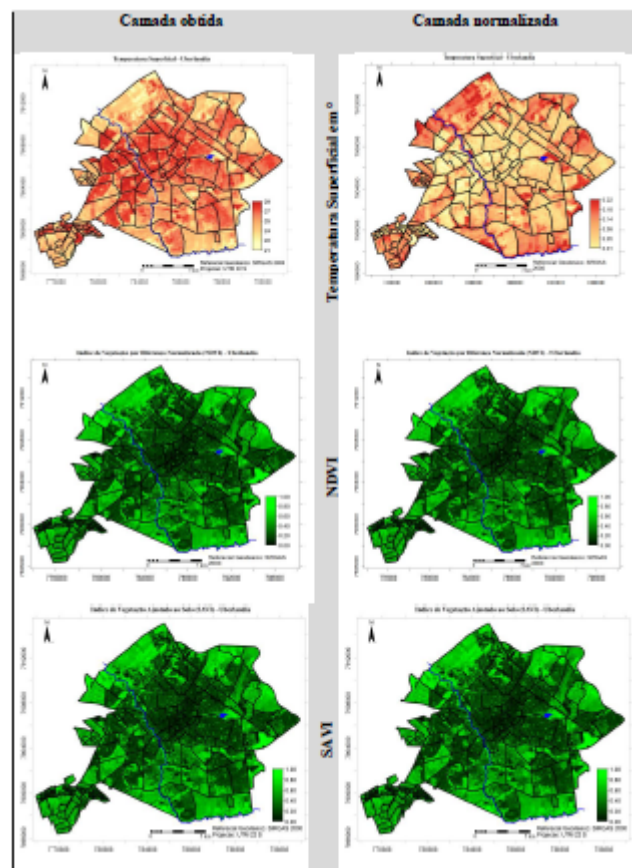
Os valores mais elevados dos índices NDVI e SAVI indicam uma elevada presença de vegetação, que corresponde a uma melhor qualidade ambiental, visto os efeitos benéficos na purificação do ar, redução dos ruídos, proporção de sombra e conforto térmico provocando uma



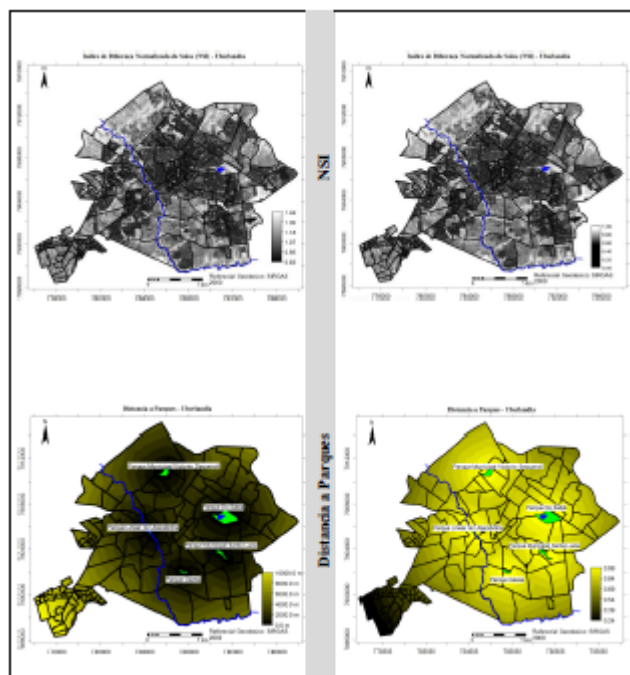
diminuição da temperatura. Ao contrário, os valores de NSI são mais elevados em locais com maior porcentagem de área construída ou asfalto, ou seja, de áreas impermeáveis, que determina uma diminuição nos efeitos benéficos mencionados para índices de vegetação, e aumento da temperatura superficial. Assim,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

Para aperfeiçoar e melhorar a estimação do índice de qualidade ambiental foram considerados para estimação do índice de qualidade ambiental a proximidade de seis parques da cidade de Uberlândia: Parque do Sabiá, Parque Gávea, Parque Municipal Vitorio Siqueroli, Parque municipal Santa Luzia, Parque Linear Rio Uberabinha. Foram gerados buffer de distância aos parques, relacionando a melhor qualidade ambiental com a proximidade aos parques.

A Ilustração 3 mostra as camadas NDVI, SAVI, NSI, TS e distância dos parques geradas para a estimação do índice de qualidade ambiental bem como essas camadas em sua forma normalizada, ou seja, com uma escala de valores entre 0 e 1.



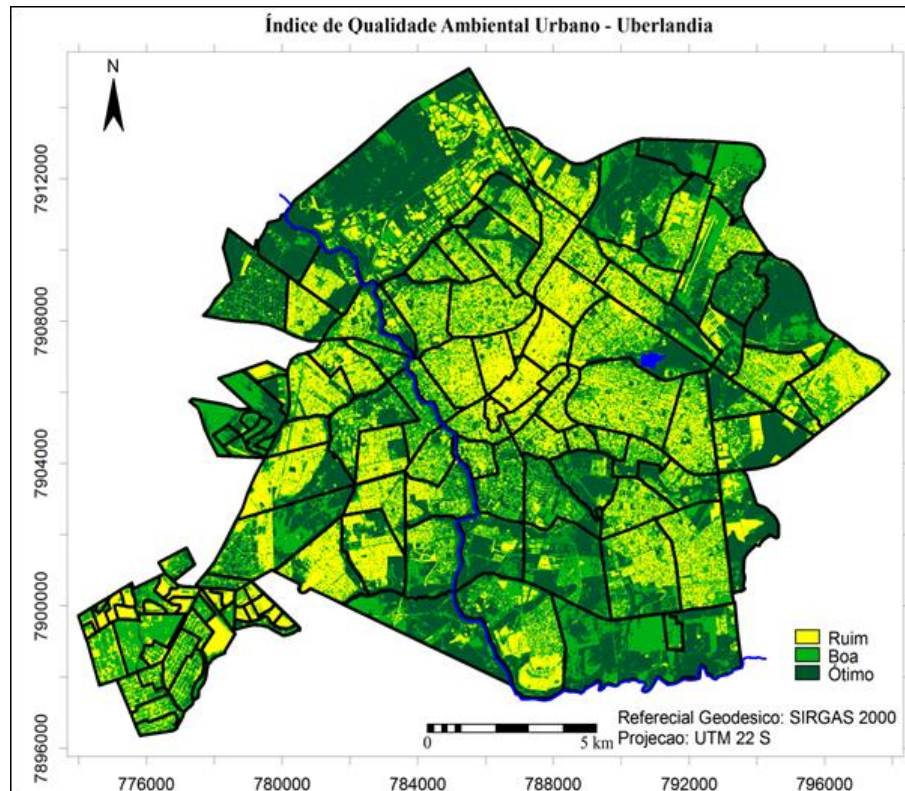
**Ilustração 3**  
Camadas necessárias (obtidas e normalizada)  
As autoras.



**Ilustração 3 (continuação)**  
Camadas necessárias (obtidas e normalizada)  
As autoras.

Para a obtenção do índice foi necessária a Sobreposição usando uma somatória linear ponderada onde todos os critérios têm a mesma importância (uns e outros), esta é uma técnica compensatória aditiva dentro das técnicas de avaliação multicritério, segundo Barredo e Bosque (1998) este método é aplicado frequentemente em modelos desenvolvidos em Sistemas de Informação Geográfica que trabalham com dados raster, como este caso.

A aplicação do método resultou no mapa mostrado na Ilustração 4, que exibe o comportamento em cada bairro da cidade de Uberlândia.



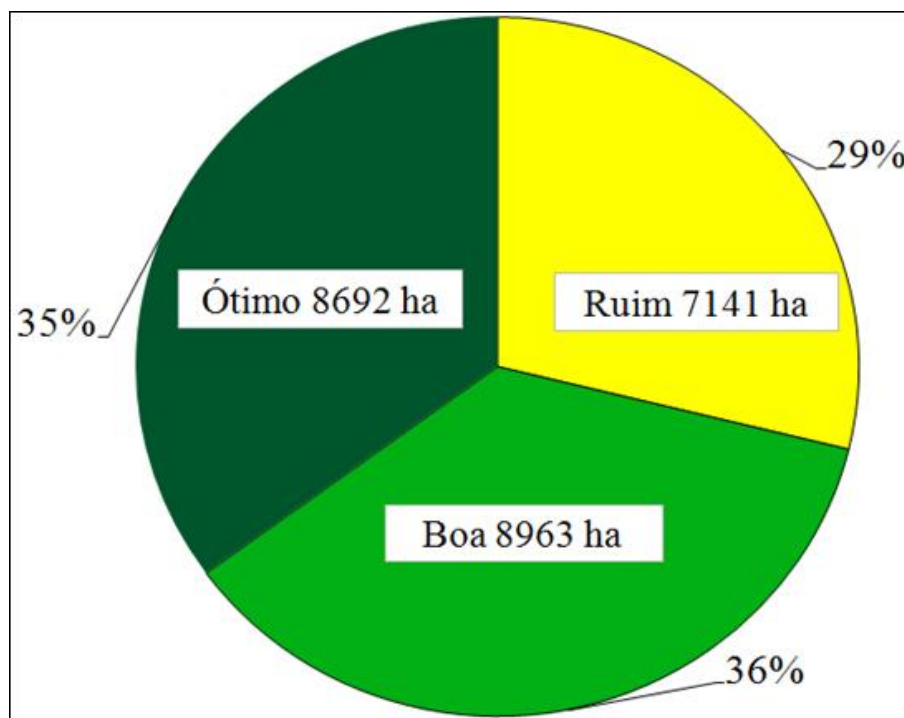
**Ilustração 4:**

Resultado do índice de qualidade ambiental para a cidade de Uberlândia

As autoras.

É importante assinar que o mapa teve uma em princípio valores de zero a um, mas para uma leitura acessível foi estabelecendo uma escala qualitativa ambiental, adotando os termos de ótimos, bons e ruins, assim, a informação resultante pode ser usada pelo poder público para tomadas de decisão, planejamento urbano e gestão ambiental.

A Ilustração 5 apresenta a proporção do índice de qualidade ambiental de acordo com as classes, representado em unidade de hectare e também as porcentagens as quais representam.



**Ilustração 5**

Proporção do índice de qualidade ambiental para a cidade de Uberlândia

As autoras.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sensoriamento remoto auxilia cada vez mais em análises e na aquisição de informações da superfície terrestre. Com sensores que são sensíveis a radiação é possível monitorar características da paisagem. As informações complementares obtidas dos satélites Landsat-8 e Sentinel-2A mostraram-se uma importante ferramenta para as análises da qualidade ambiental quando em conjunto. As imagens Sentinel-2A foram importantes devido a qualidade de sua resolução temporal e espacial, e a Landsat-8 devido eficiência na estimativa da temperatura da superfície, com sua banda termal. Considerou-se que o uso dessas informações em conjunto enriquecem os resultados e o uso destes para a análise de qualidade ambiental torna-se viável e um importante instrumento.

Os resultados deste trabalho são consistentes em mostrar que o NDVI e SAVI estão correlacionados um com o outro e correspondem com a quantidade de vegetação, enquanto NSI e TS são correlacionados com as áreas de maior proporção de área construída e vias.

Os resultados apontam que a cidade de Uberlândia possui muitas áreas com ótimo índice de qualidade ambiental, as quais estão intimamente relacionadas com a presença de vegetação do local, como pode ser observado em os bairros da periferia. No entanto, há áreas que concentram um ruim estado de qualidade ambiental, as quais estão relacionadas com a alta temperatura, baixa presença de cobertura vegetal

e precisam ser alvo primário do poder público e as mesmas têm maior relevância ao centro da cidade.

Embora a qualidade ambiental é determinado por um grande número de variáveis, os dados obtidos nas imagens de satélite Landsat-8 e Sentinel-2A mostrou-se eficaz na estimativa da qualidade ambiental da cidade de Uberlândia, sendo uma importante ferramenta de rápido acesso para obter informações espaço-temporal dos fatores ambientais urbanos e contribuem para o planejamento e aplicação das políticas públicas e pode ser aplicado em outras cidades.

## REFERÊNCIAS

- BARREDO J.; BOSQUE J. **Multicriteria evaluation methods for ordinal data in a GIS environment**. USA: *Geographical Systems*. Vol. 5. 1998.313-327p.
- DIAS, G. F. **Educação e gestão ambiental**. São Paulo: Gaia, 2006. 118 p.
- HASENACK, H. Influência de variáveis ambientais sobre a temperatura do ar na área urbana de Porto Alegre, RS. 1989. 110 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1989. Disponível em: . Acesso em: 2 jun. 2017.
- HUETE, A. R. **A soil-adjusted vegetation index**. Remote Sensing of Environment, Elsevier Science Publishing Co., New York, USA. 25: 295-309. 1988.
- IBGE. **Cidades**. 2010. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=317020&search=||infogr%E1ficos:-informa%E7%F5es-completas>>. Acesso em: 03 jul. 2017.
- MENDONÇA, R. A. M. de. **Uso das Geotecnologias para Gestão Ambiental: Experiências na Amazônia Meridional**. Cuiabá: Instituto Centro de Vida, 2011. 22 p. Disponível em: . Acesso em: 03 jul. 2017.
- OKE, T. R. City size and the urban heat island. *Atmospheric Environment Pergamon Press*, v. 7, p. 769-779, 1973. Disponível em: . Acesso em: 03 jul. 2017.
- POZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos: Parêntese, 2007. 127 p.
- RESENDE, C. R. C.; COLESANTI, M. T. M. Arborização da cidade de Uberlândia: um estudo do bairro Chácaras Tubalina e Quartel. In: 8º Encuentro de Geógrafos de America Latina, 8., 2001, Santiago. Anais. Santiago: EGAL, 2001. p.1-9. Disponível em:. Acesso em: 18 jul. 2017.
- ROA, J. **Estimación de áreas susceptibles a deslizamientos mediante datos e imágenes satelitales: cuencadel Río Mocotíes, estado Mérida-Venezuela**. *Revista Geográfica Venezolana*, 48(2), 183-219, 2007.
- 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.
- ROSSET, L. A. F. G.; PINTO, S. dos A. F.; ALMEIDA, C. M. de. Geotecnologias aplicadas à caracterização das alterações da cobertura vegetal intra-urbana e da expansão urbana da cidade de Rio Claro (SP). In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13.,

- 2007, Florianópolis. Anais. Florianópolis: SBSR, 2007. p.5479-5486. Disponível em: . Acesso em: 18 jul. 2017.
- SHIMABUKURO, V. E.; NOVO, E. M.; PONZONI, F. J. Índice de vegetação e modelo linear de mistura espectral no monitoramento da região do pantanal. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.33, Número Especial, p1729-1737, 1998. Disponível em: . Acesso em 20 jul. 2017.
- UBERLÂNDIA. Lei complementar nº 523, de 7 de abril de 2011. Dispõe sobre o parcelamento do solo do município de Uberlândia e de seus distritos e dá outras providências. Disponível em: . Acesso em: 02 jul. 2017.
- USING THE USGS LANDSAT 8 PRODUCT. *Landsat Missions. U.S. Department of the Interior*, 2017. Disponível em: <<https://landsat.usgs.gov/using-usgs-landsat-8-product>> Acesso em 03 jul. 2017.
- WENG, Q; LU, D; SCHUBRING, J. Estimation of land surface temperature-vegetation abundance relationship for urban heat island studies. *Remote Sensing of Environment*, v. 89, n. 4, p. 467-483.