

Relação entre temperatura de superfície terrestre e o índice de vegetação por diferença normalizada: estudo de caso para o perímetro urbano de Uberlândia - MG

RESUMO

Com a revolução industrial ocorreu o avanço da qualidade de vida, criação de novas tecnologias e oportunidades emprego dentro das cidades, gerando um crescimento desenfreado da área urbana em todos os países. Esse fenômeno iniciou-se no século XIX e com apenas dois séculos posteriores já apresenta variações bruscas no uso e ocupação do solo, sobretudo no crescimento de núcleos urbanos e na supressão de vegetação. Entretanto, todos os efeitos do crescimento populacional ao longo prazo ainda é um mistério. Desse modo, o presente trabalho busca aplicar as imagens do satélite Landsat 8 para analisar a relação entre a temperatura de superfície com o NDVI em diversas amostras que estão inseridas ao longo do perímetro urbano da cidade de Uberlândia, a fim monitorar o comportamento térmico superficial após ocorrer alterações no uso e ocupação do solo ao longo dos anos. Assim, observou-se que o NDVI e a temperatura de superfície apresentaram uma boa correlação, exibindo uma relação inversamente proporcional. Além disso, o estudo mostrou que a área construída pode apresentar valores de temperatura tão alta quanto o solo exposto, indicando que com o aumento populacional os efeitos poderão ser muito mais significativos como na ampliação da amplitude térmica.

PALAVRAS-CHAVE: Temperatura de Superfície Terrestre. Landsat 8. Áreas Urbanas. Crescimento populacional. NDVI.

Daniel de Oliveira Martins
daniel113916@gmail.com
orcid.org/0009-0008-0463-9246
Universidade Federal de Uberlândia
(UFU), Uberlândia, Minas Gerais, Brasil.

Raquel Naiara Fernandes Silva
raquelfernandes@ufu.br
orcid.org/0000-0002-8010-8251
Universidade Federal de Uberlândia
(UFU), Uberlândia, Minas Gerais, Brasil.

INTRODUÇÃO

A partir do século XIX iniciou-se a redução significativa da mortalidade em que a estimativa média de vida da população era de aproximadamente 30 anos em 1900, o qual foi superado no ano 2000 com uma média de 60 anos de idade. O progresso teve o seu início a partir da diminuição do número de óbitos precoces e o decaimento da mortalidade infantil (ALVES, 2008).

Segundo Alves (2014) há duas principais justificativas de diminuição dos níveis de mortalidade, o primeiro motivo refere-se ao avanço na qualidade do padrão de vida da população em virtude da evolução das forças produtivas, e a segunda está relacionada à inovação médica, com o maior acesso ao saneamento básico, à melhoria da saúde pessoal e os programas de saúde pública. Com isso, percebe-se que a expectativa de vida da população tende a aumentar gradativamente, incluindo o Brasil em que a expectativa de vida aumentou cerca de 9 anos em pouco mais de meio século (CAMARGOS et al., 2019). Segundo a ONU (Organização das Nações Unidas), a estimativa da população total passará de 8,0 bilhões em 2022 para 9,7 bilhões em 2050, apresentando um crescimento de 18% do número de habitantes em menos de 30 anos.

O desenvolvimento tecnológico tem desempenhado um papel crucial na expansão urbana das cidades, estimulando o crescimento dos perímetros urbanos. Esse processo é frequentemente impulsionado pela industrialização, que atrai a população para as áreas urbanas em busca de empregos, melhores condições de vida e acesso a recursos e infraestrutura urbana. A migração para áreas urbanas reflete uma tendência global onde o progresso tecnológico e as mudanças socioeconômicas têm acelerado a urbanização (SpringerLink, 2009).

O crescimento e a expansão urbana trazem, em seu próprio processo constitutivo, riscos e perigos que se expressam pela falta de ajuste e aderência da produção do espaço urbano aos sistemas naturais, desde o sítio até ritmos regionais de chuvas, ventos e biodiversidade (MARANDOLA JUNIOR et al., 2013).

A construção civil exerce efeitos significativos sobre o meio ambiente, começando com a produção de cimento, que contribui para a emissão de gases de efeito estufa. Além disso, as atividades relacionadas à construção resultam na remoção da vegetação nativa, o que altera a dinâmica do vento e modifica o ciclo hidrológico, aumentando a velocidade do escoamento superficial. Outro impacto importante é a formação de ilhas de calor, que eleva a temperatura do microclima local (Medeiros, 2020).

Entretanto, os impactos causados pelo êxodo rural podem estar bem longe do resultado final, visto que, esse processo teve relevância significativa, sobretudo, no século passado e ainda pode trazer diversas consequências nos próximos séculos ou, quiçá, já nas próximas décadas.

Desse modo, o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) está sendo empregado para medir a atividade clorofiliana da vegetação a partir da junção das bandas espectrais do vermelho e infravermelho próximo, disponível por diversos satélites que estão na órbita da terra (RAMOS et al., 2010). Assim, esse índice é muito utilizado para monitorar os efeitos do uso do solo, ao longo do tempo, na densidade de vegetação, podendo ser utilizado como um indicador de supressão de vegetação.

Além do monitoramento do uso e ocupação do solo, as tecnologias voltadas ao processamento de imagens de satélite têm sido úteis para monitorar a temperatura de superfície terrestre, a partir do uso de técnicas de sensoriamento remoto. Com isso, é possível detectar mudanças nas respostas espectrais de alvos de superfície, assim como avaliar a temperatura em diversas superfícies como área urbana, solo exposto, água e vegetação (PEREIRA et al., 2015).

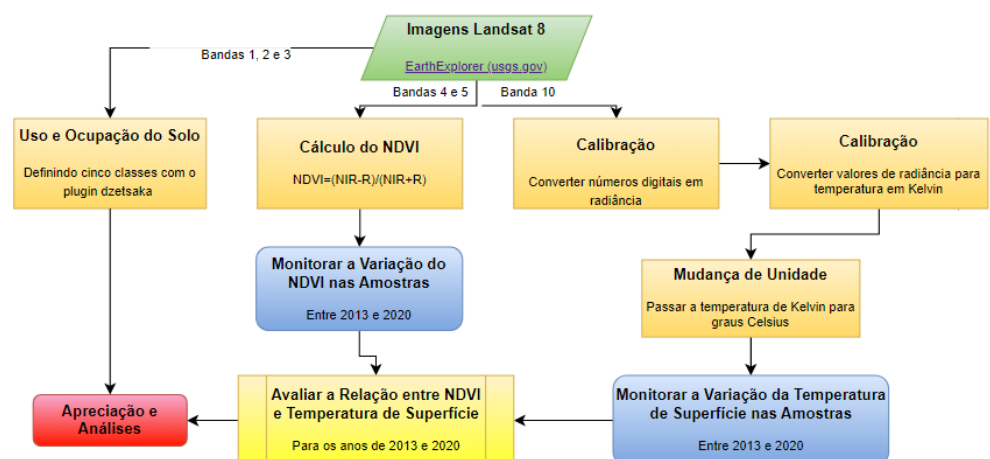
Portanto, o presente trabalho teve como objetivo utilizar os dados da banda do infravermelho termal do sensor TIRS do satélite Landsat 8 no período de seca na cidade de Uberlândia para analisar a relação da variação da Temperatura de Superfície Terrestre (TS) em relação à variação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), usando como amostra o perímetro urbano da cidade de Uberlândia, Minas Gerais.

A pesquisa demonstrou a relação entre o NDVI e a Temperatura da Superfície (TS), evidenciando os impactos do crescimento urbano desenfreado. O estudo revelou que o solo exposto e as áreas construídas têm um efeito similar na elevação da temperatura, um problema que tende a se agravar com o aumento populacional e a expansão das cidades. A ausência de vegetação, que contribui para a umidade e o conforto térmico, pode levar à "Desertificação Artificial" das áreas urbanas. Portanto, a criação de áreas de reserva e corredores ecológicos é essencial para mitigar esses efeitos, junto com a exigência de áreas verdes nas construções.

MATERIAIS E MÉTODOS

A partir da Fig.1 é possível observar todos os procedimentos metodológicos deste trabalho de forma resumida em um fluxograma, incluindo a obtenção das bandas, processamento de dados e a calibração de imagens.

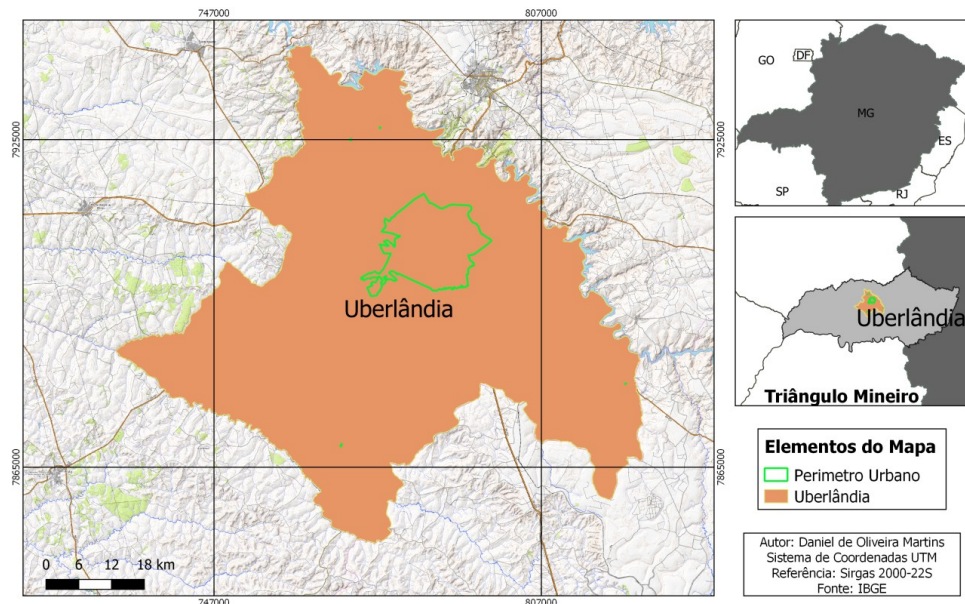
Figura 1 – Fluxograma esquemático referente ao conjunto de dados e procedimentos metodológicos adotados neste estudo



Fonte: Autoria Própria (2022).

A cidade de Uberlândia está inserida no estado de Minas Gerais (MG), localizada na mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba (Fig. 2). O município apresenta área de 235 km² em uma altitude de aproximadamente 854 m.

Figura 2 – Perímetro urbano da cidade de Uberlândia



Fonte: Autoria Própria (2022).

A aquisição dos dados nesse estudo foi exclusivamente do satélite Landsat 8 com o uso do sensor OLI (Operational Land Imager) e também do sensor TIRS (Thermal Infrared Sensor) disponíveis no site United States Geological Survey (USGS). O perímetro urbano apresenta uma pequena parcela da área de todo o município facilitando na quantificação da variação do uso do solo em um pequeno espaço de tempo. Desse modo, no contexto da pesquisa, usou-se apenas os dados do perímetro urbano para monitorar apenas os efeitos causados pela construção civil nas cidades. As imagens geradas para esse artigo foram produzidas e manuseadas através do software livre QGIS 3.16 nos anos de 2013 e 2020.

A temperatura de superfície com o uso de imagens do Landsat 8 pode ser calculada empregando o método do Coelho e Correa (2013) em que se utiliza a banda termal B10 do sensor TIRS. Para isso, inicialmente, converteu-se números digitais em temperatura (Eq.1):

$$L\lambda = ML \cdot Q_{cal} + AL \quad (1)$$

sendo:

AL = Fator de redimensionamento aditivo específica da banda 10

$L\lambda$ = Radiância espectral do sensor de abertura

ML = Fator multiplicativo de redimensionamento banda 10

Q_{cal} = Valor quantizado do pixel da banda 10

Em sequência aplicou-se a equação que transforma os valores de radiância para temperatura absoluta em Kelvin. Depois, transformou-se o valor da temperatura que está em Kelvin para Celsius dividindo por 273,15, conforme mostra a Eq.(2).

$$T = k_2 / \ln((k_1 / L\lambda) + 1) \quad (2)$$

onde:

$$k_1 = \text{Constante } 1=774,89$$

$$k_2 = \text{Constante } 2=1321,08$$

$L\lambda$ = Radiância espectral do sensor de abertura

T = Temperatura em Kelvin

O NDVI é uma ferramenta muito importante para a compreensão de processos de degradação ambiental na área de estudo (MELO; SALES; OLIVEIRA, 2011). Calculou-se o NDVI pela relação das bandas do vermelho e infravermelho próximo do espectro eletromagnético (Eq.3).

$$NDVI = (NIR - R) / (R + NIR) \quad (3)$$

onde:

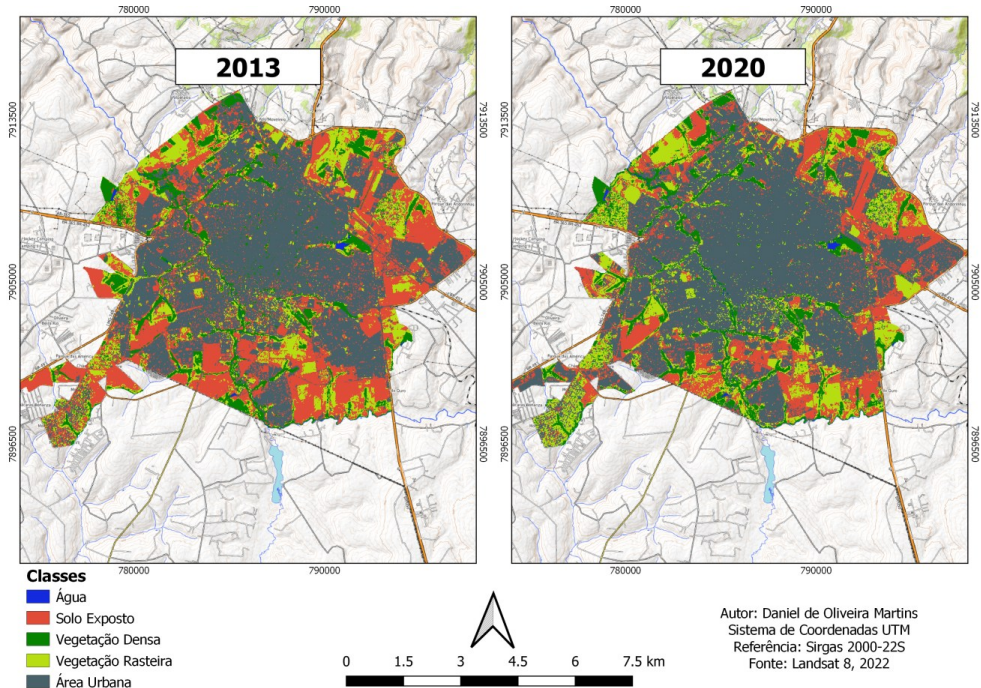
NIR = Infravermelho Próximo

R = Espectro Vermelho

RESULTADOS

Uberlândia apresenta um crescimento populacional e econômico de destaque, sendo considerada como uma das melhores no estado de Minas Gerais. O município é atrativo devido a diversos fatores, incluindo a sua localização, logística, ensino e mão de obra barata. Dessa forma, nas últimas décadas o município intensificou os processos de migração, havendo cerca de 604,013 habitantes no ultimo censo do IBGE de 2010 e com estimativas de mais de 700,00 habitantes após o ano de 2021. Todo esse avanço exige cada vez mais de recursos da cidade como melhorias no transporte público e na criação de acesso e melhorias nas ruas e estradas. A Fig.3 representa as novas edificações construídas, sobretudo ao redor do perímetro urbano com a criação e expansão de novos bairros por não apresentarem grandes infraestruturas e nem preços elevados.

Figura 3 – Comparação do uso e ocupação do solo no perímetro urbano da cidade de Uberlândia-MG para os anos de 2013 e 2016



Fonte: Autoria Própria (2022).

Durante o intervalo de 7 anos de pesquisa, observou-se que no perímetro urbano da cidade ocorreu o aumento da construção civil seguida pela retirada da vegetação densa e pela ocupação de loteamentos com a presença de solo exposto em sua superfície (Tab.1).

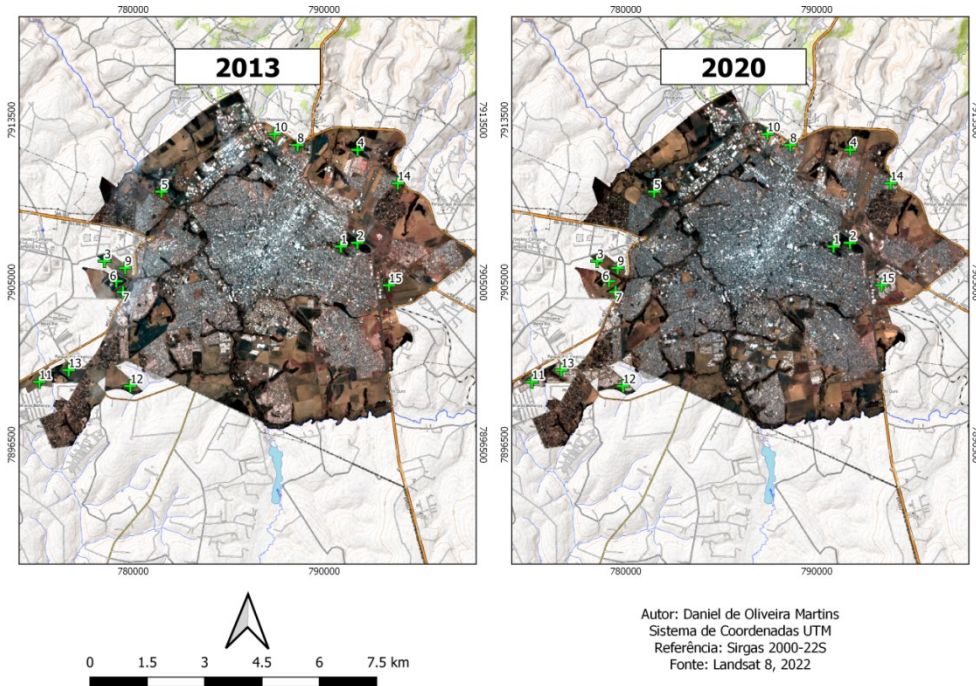
Tabela 1 – Áreas em hectares do uso e ocupação de solo presente no perímetro urbano da cidade de Uberlândia – MG em 2013 e 2020

Classes	Área (ha)	
	2013	2022
Água	49	56
Solo Exposto	7547	5162
Vegetação Densa	2422	2348
Vegetação Rasteira	3502	4125
Área Construída	11652	13397

Fonte: Autoria Própria (2022).

Para a realização dos testes foram selecionados 15 pontos estratégicos ao longo do perímetro urbano com base nas imagens do dia 15 de setembro de 2013 e 18 de setembro de 2020, no período de seca na cidade de Uberlândia para não apresentar efeitos de umidade sobre a superfície (Fig.4).

Figura 4 – Seleção dos pontos estratégicos ao longo do perímetro urbano do município de Uberlândia de 15/09/2013 e 18/09/2020



Fonte: Autoria Própria (2022).

A divisão desses pontos foi definida com base na variação do uso e ocupação do solo nesses locais como na supressão de vegetação, atividades de construção civil, ocupação de lotes vagos, expansão das atividades agrícolas e de pastagem entre 2013 e 2020, conforme mostra a Tab.2.

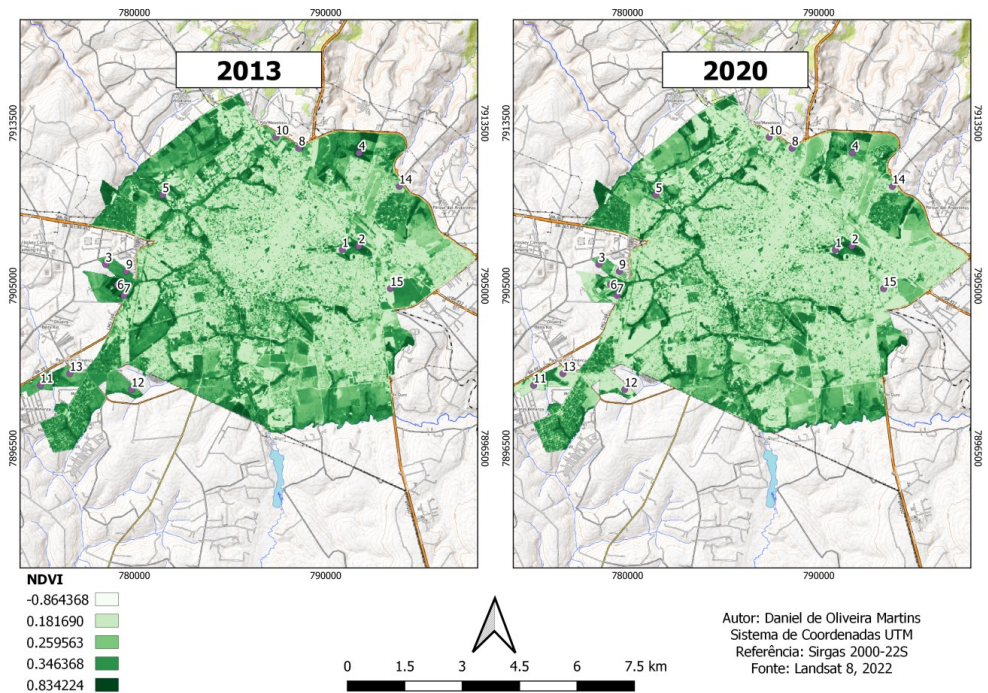
Tabela 2 – Classes dos pontos estratégicos em 2013 e 2020

Pontos	Classes	
	2013	2020
1	Água	Água
2	Vegetação Densa	Vegetação Densa
3	Vegetação Densa	Área Urbana
4,5,6,7	Vegetação Densa	Solo Exposto
8	Vegetação Densa	Vegetação Rasteira
9,10	Vegetação Rasteira	Área Urbana
11,12,13,14,15	Solo Exposto	Área Urbana

Fonte: Autoria Própria (2022).

A Fig.5 mostra o comportamento dos pontos selecionados com o uso do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI).

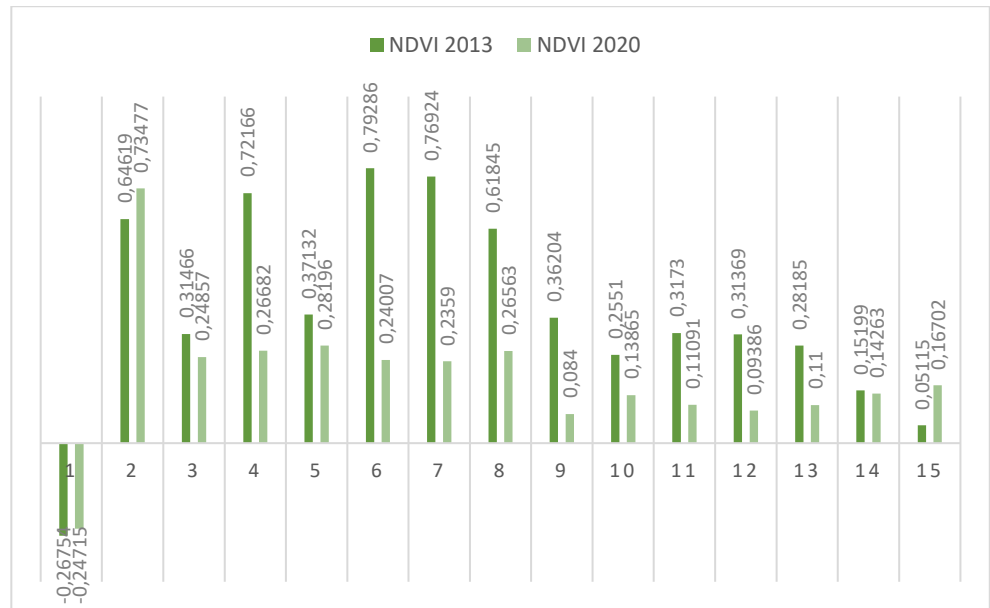
Figura 5 – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada de 15/09/2013 e 18/09/2020



Fonte: Autoria Própria (2022).

A Fig.6 indica os valores numéricos do NDVI em cada um dos 15 pontos com ou sem a variação do uso do solo. Observa-se que o ponto 1 teve o seu valor negativo em 2013 e permaneceu quase igual e negativo em 2020, pois superfícies com água, neve e nuvens apresentam valores negativos no NDVI. Na amostra 2 também teve pequena alteração devido a preservação da vegetação densa presente no local. Em relação ao ponto 3 é notório que há uma redução do NDVI ao fazer a retirada da vegetação pelo crescimento da área construída e edificação do local, o mesmo corre com os exemplares 4,5,6,7 que houve a retirada da vegetação densa para criação de novos loteamentos e atividades de pastagens, assim como na amostra número 8 com a remoção das árvores para uso de culturas e espécies agrícolas. Verifica-se também nos pontos 9 e 10 que a formação de novas edificações em áreas de vegetação rasteira também reduz o NDVI. Já em relação às atividades de construção civil em loteamentos vagos apresentam versatilidades como nas marcações 11,12 e 13 que apresentara um valor do índice bem superior do solo exposto perante a área construída, mas esse valor é praticamente igualado e até superado nos pontos 14 e 15.

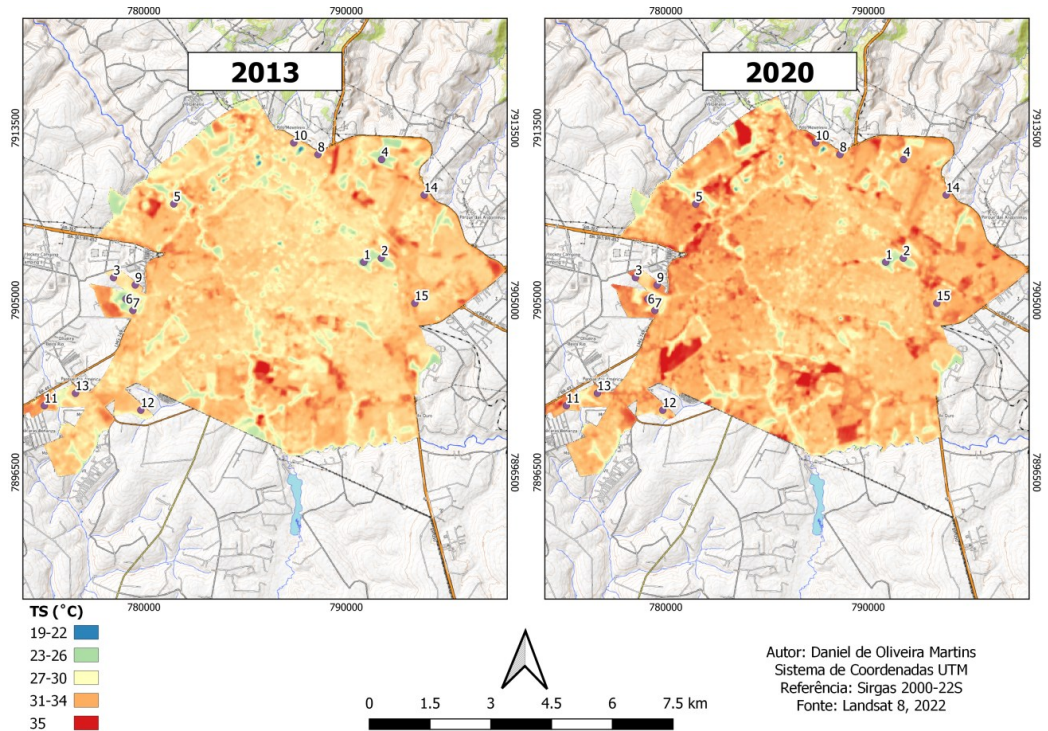
Figura 6 – Gráfico comparativo entre os anos de 2013 e 2020 com base no NDVI e na variação do uso e ocupação do solo



Fonte: Autoria Própria (2022).

Toda ação causada de forma natural ou antrópica pode gerar alguma modificação no meio físico, químico ou biótico. Desse modo, as mudanças realizadas no uso do solo afetaram também na temperatura superficial (TS), podendo ser observadas na Fig.7, visto que, no mapa de 2020 apresenta uma coloração bem mais avermelhada com temperaturas mais elevadas por grande parte do perímetro urbano em comparação ao ano de 2013.

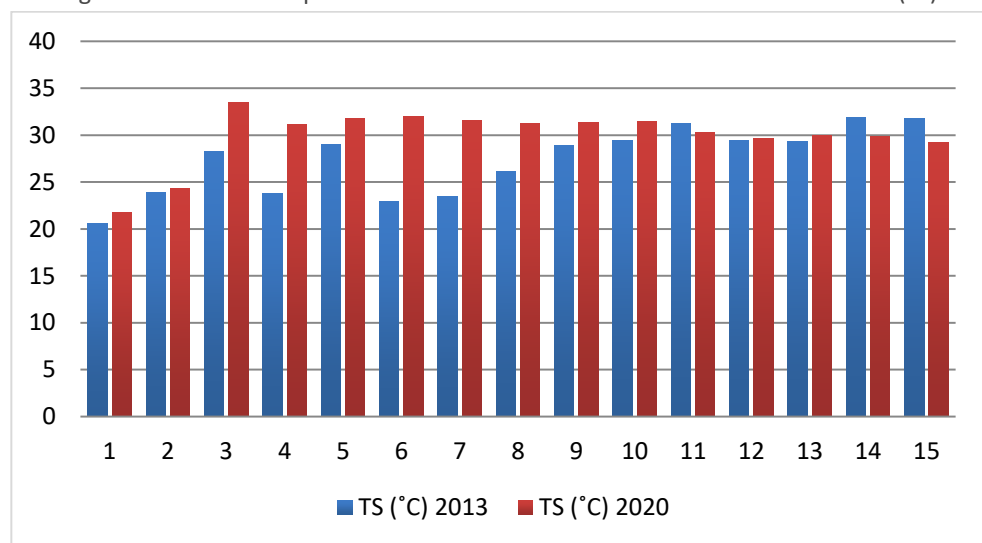
Figura 7 – Mapas da TS (°C) de 15/09/2013 e 18/09/2020



Fonte: Autoria Própria (2022).

Através da Fig.8 compreende-se que nos pontos 1 e 2, ao comparar os anos de 2013 e 2020, há pequenas variações térmicas e isso se dá ao alto calor específico que a água e as vegetações possuem, apresentando pequena amplitude térmica e conseqüentemente pouca variação térmica. A amostra 3 ao 8 constata o grande impacto causado pela supressão da vegetação densa sobre a temperatura de superfície, podendo apresentar variações de quase 10 °C, como mostra o ponto 6. Em relação à remoção da vegetação rasteira para a construção civil a variação da TS é menos acentuada, mas é bem significativa. Assim como no NDVI da amostragem 11 até a 15 há uma certa singularidade na temperatura de superfície entre a construção civil e solo exposto, ou seja, dependendo do material e o tipo de solo, a TS pode alternar.

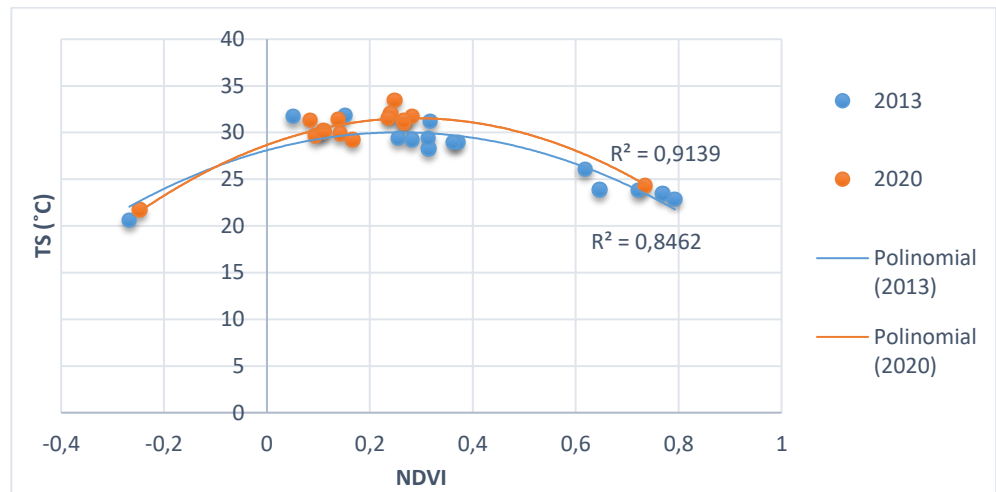
Figura 8 – Gráfico comparativo entre os anos de 2013 e 2020 com base na TS (°C)



Fonte: Autoria Própria (2022).

Com base no que foi apresentado, nota-se que há uma relação entre o índice de vegetação por diferença normalizada e a temperatura de superfície em que quanto maior for o NDVI, menor será a TS (Fig.9). Essa comparação não se aplica em ambientes aquáticos, com neve e nem com nuvens por apresentarem valores de NDVI abaixo do zero e a temperatura abaixo da média.

Figura 9 – Gráfico comparativo entre NDVI e TS, de 2013 e 2020



Fonte: Autoria Própria (2022).

A partir da Fig.9, aplicou-se as linhas de tendência polinomial para analisar a relação do NDVI e da TS, além de avaliar o comportamento da temperatura superficial com o acréscimo ou retirada da vegetação nas amostras de 2013 e 2020. Desse modo, obteve as seguintes equações, sendo a Eq.4 a equação gerada a partir das marcações de 2013.

$$-28,83x^2 + 14,875x + 28,102 \quad (4)$$

A Eq.5 indica a relação das amostras de 2020.

$$-35,229x^2 + 20,11x + 28,675 \quad (5)$$

Com as equações 4 e 5 foi possível estimar diferentes valores de NDVI para avaliar a variação da TS, como mostra a Tab.3.

Tabela 3 – Avaliação da amplitude térmica da TS (°C) em um mesmo intervalo de NDVI para os anos de 2013 e 2020

NDVI	TS(°C)	
	2013	2020
-0,2	23,974	23,244
0	28,102	28,675
0,2	29,924	31,288
0,4	29,439	31,082
0,6	26,648	28,059
0,8	21,551	22,216
1	14,147	13,556

Fonte: Autoria Própria (2022).

A Tab.3 mostra que no ano de 2020 houve um aumento significativo da amplitude térmica, pois, em locais com pouca vegetação, apresenta uma

temperatura muito alta e quando há uma densidade de vegetação elevada apresenta uma temperatura inferior à de 2013, para o intervalo analisado de 7 anos.

CONCLUSÃO

A pesquisa apresentada demonstrou quantitativamente e qualitativamente a relação do NDVI e da TS, mostrando os impactos causados pelo crescimento desenfreado e sem planejamento na área urbana. Os estudos indicaram uma relação similar do solo exposto com a área construída, podendo ser um grande problema em médio e longo prazo, pois o crescimento populacional em centros urbanos é relativamente recente, sobretudo após a segunda metade do século XX e tende a aumentar, intensificando a supressão da vegetação e consequentemente aumentando a temperatura superficial do ambiente. Esses impactos ainda podem não ser tão visíveis devido a grande extensão do setor rural, mas considerando os números apontados neste trabalho, é possível dizer que diversos centros urbanos de cidades vizinhas vão se expandir e se unir com o crescimento populacional.

Os principais materiais de construção civil não possuem as mesmas propriedades das árvores, que aumentam o teor de umidade no ambiente por meio da evapotranspiração e absorvem a água das chuvas, contribuindo para um melhor conforto térmico e uma menor amplitude térmica. Portanto, se no futuro não houver o uso abundante de materiais que desempenhem funções semelhantes às das árvores, é possível que as cidades se tornem "Desertificações Artificiais" causadas pela construção civil. Assim como nos desertos, essas áreas urbanas poderiam apresentar baixos níveis de umidade devido à menor retenção de água pela ausência de vegetação arbórea e à redução da evapotranspiração, que é responsável por aumentar a umidade no entorno das plantas. Isso resultaria em noites muito frias e tardes excessivamente quentes, características típicas de regiões desérticas.

Os resultados desta pesquisa consideram apenas os possíveis efeitos da construção civil sobre a TS com o crescimento populacional, porém, esses dados podem ser intensificados se for considerado a ação dos prédios na redução da velocidade dos ventos, os impactos no ciclo hidrológico e também na umidade que não foram quantificados nesse estudo. Desse modo, considerando os resultados apresentados, esse pode ser um dos grandes entraves até o final do século, podendo superar até os efeitos do aquecimento global, visto que, é muito mais fácil construir do que reflorestar uma área já degradada e compactada.

Portanto, para mitigar os efeitos mencionados, é importante a determinação de um mínimo de áreas de reserva a cada x áreas construídas, tornando-se necessária a criação corredores ecológicos nos bairros com pequena presença de árvores e também na criação e expansão de novos bairros. Além disso, deve ser exigido da população um mínimo de área verde e permeável em todas as casas e apartamentos.

Relationship between land surface temperature and the vegetation index by normalized difference: a case study for the urban perimeter of Uberlândia – MG

ABSTRACT

With the industrial revolution, there was an advance in the quality of life, creation of new technologies and job opportunities within cities, generating an unbridled growth of the urban area in all countries. This phenomenon began in the 19th century and, just two centuries later, it already presents sudden variations in land use and occupation, especially in the growth of urban centers and in the suppression of vegetation. However, the full effects of population growth over the long term is still a mystery. Thus, the present work seeks to use the Landsat 8 satellite images to analyze the relationship between the surface temperature and the NDVI in several samples that are inserted along the urban perimeter of the city of Uberlândia, in order to monitor the surface thermal behavior after changes in land use and occupation over the years. Thus, it was observed that the NDVI and surface temperature showed a good correlation, showing an inversely proportional relationship. In addition, the study showed that the built area can present temperature values as high as the exposed soil, indicating that with the population increase the effects may be much more significant as in the expansion of the thermal amplitude.

KEYWORDS: Earth Surface Temperature. Landsat 8. Urban Areas. Population Growth. NDVI.

REFERÊNCIAS

ALVES, J. E. D. A transição demográfica e a janela de oportunidade. São Paulo, 2008. Disponível em: <http://www.braudel.org.br/pesquisas/pdf/transicao_demografica.pdf> .Acesso em: 24 out 2022.

ALVES, J. E. D. Transição demográfica, transição da estrutura etária e envelhecimento. **Revista Portal de Divulgação**, v. 0, n. 40, 2014. Disponível em: <<http://www.portaldoenvelhecimento.com/revista-nova/index.php/revistaportal/article/view/440>> . Acesso em: 20 out 2022.

BUSS, P. M. Promoção da saúde e qualidade de vida. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 5, n. 1, p. 163-177, 2000. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-81232000000100014>.

CAMARGOS, M. C. S. et al. Estimativas de expectativa de vida livre de incapacidade funcional para Brasil e Grandes Regiões, 1998 e 2013. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 24, n. 3, p. 737-747, mar. 2019. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1413-81232018243.07612017>.

COELHO, A. L. N. CORREA, W. S. C. Temperatura de Superfície Celsius do Sensor Tirs/Landsat-8: Metodologia e Aplicações. **Revista Geografia Acadêmica**, v.7, n.1 (xii.2013). p.31-45. EUA. EarthExplorer – USGS. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 04 jun. 2022.

FUJITA, Y.; MATSUMOTO, H.; SIONG, H. C. **Assessment of CO2 emissions and resource sustainability for housing construction in Malaysia**. SpringerLink, 2009. Disponível em: <https://link.springer.com>. Acesso em: 1 set. 2023.

HALLIDAY, D. et al. **Fundamentos de Física – Vol.2 – Gravitação, Ondas, Termodinâmica –8ª Edição**. Rio de Janeiro, Ed. LTC – 2003; – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Acesso em: 20 out. 2022.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Censo demográfico. 2010. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>> .Acesso em: 12 jun. 2022.

MARANDOLA JUNIOR, E. et al. Crescimento urbano e áreas de risco no litoral norte de São Paulo. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 30, n. 1, p. 35-56, jun. 2013. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-30982013000100003>.

MEDEIROS, A. **Impactos ambientais da construção civil: uma análise das consequências ecológicas e climáticas**. Editora Ambiental, 2020.

MELO, E. T.; SALES, M. C. L.; OLIVEIRA, J. G. B. APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA (NDVI) PARA ANÁLISE DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO DOS CAVALOS, CRATEÚS-CE. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, Crateús, v. 23, p. 520-533, 3 nov. 2011. Universidade Federal do Paraná. <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v23i0.24919>. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5380/raega.v23i0.24919>>. Acesso em: 26 out. 2022.

PEREIRA, J. A. dos S. Estudo da alteração da vegetação a partir do NDVI e do albedo de superfície na Bacia do Rio GarçaPE. In: Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE.

RAMOS, R. R. D. et al. Aplicação do índice da vegetação por diferença normalizada (NDVI) na avaliação de áreas degradadas e potenciais para unidades de conservação. In: III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. p. 001-006, Recife - PE, 27- 30 de Julho de 2010.

RAO, P. K. (1972). Remote sensing of urban "heat islands" from an environmental satellite. **Bulletin of the American Meteorological Society**, Boston, v. 53, p.647-648.

SOUZA, S. B. DE; FERREIRA JÚNIOR, L. G. (2012), Relação entre temperatura de superfície terrestre, índices espectrais e classes de cobertura da terra no município de Goiânia (GO). **Revista Espaço Geográfico em Análise**. Vol. 26. Paraná, p. 75 – 99.

UNITED NATIONS – UN. A world of 8 billion: Towards a resilient future for all - Harnessing opportunities and ensuring rights and choices for all. Disponível em: <<https://www.un.org/en/observances/world-population-day>>. Acesso em: 28 out. 2022.

Recebido: 31 mar. 2024

Aprovado: 16 out. 2024

DOI: 10.3895/rbgeo.v13n1.18354

Como citar: MARTINS, D. O.. Relação entre temperatura de superfície terrestre e o índice de vegetação por diferença normalizada: estudo de caso para o perímetro urbano de Uberlândia - MG. R. bras. Geom., Curitiba, v. 13, n. 1, p. 077-091, jan./jun.. 2025. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbgeo>. Acesso em: XXX.i

Correspondência:

Daniel de Oliveira Martins

Rua Mãe Menininha do Cantuá, 24, CEP 38410-022, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil.

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

