



ANÁLISE TEMPORAL POR SENSORIAMENTO REMOTO DA SUPRESSÃO DE VEGETAÇÃO NATIVA EM CONSEQUÊNCIA DA EXPANSÃO IMOBILIÁRIA DA CIDADE DE MOSSORÓ/RN, UM ESTUDO DE CASO

THAMIRIS DA SILVA AGUIAR; KLEISSON EDUARDO FERREIRA DA SILVA;
RÔMULO MAGNO OLIVEIRA DE FREITAS; NARJARA WALESSA NOGUEIRA DE
FREITAS; ELANIA GUADALUPE PAIVA MARTINS.

RESUMO

A migração da população para áreas urbanas tem ocorrido rapidamente, com aproximadamente 30% da população mundial vivendo nas cidades em 1950, essa proporção aumentou para 55% em 2018, e as projeções indicam que até 2050, será possível ver cerca de 70% da população global residindo em zonas urbanas. Foi a partir de meados dos anos 90 que Mossoró/RN iniciou a sua expansão na indústria de construção civil, com uma forte atuação do Estado através de políticas públicas no setor habitacional. A pesquisa analisou o impacto da expansão urbana, focando na evolução da cobertura vegetal e na temperatura superficial terrestre (TST) em três novos bairros no intervalo de dez anos, 2013 e 2023. Utilizando imagens de satélite, a metodologia permitiu visualizar o crescimento horizontal dos bairros e a supressão da vegetação. A malha urbana de Mossoró expandiu-se consideravelmente, o bairro Cidade Alta emergiu durante o intervalo de dez anos, enquanto Nova Mossoró e Alto das Brisas cresceram horizontalmente. Os resultados revelaram uma redução significativa na cobertura vegetal, sendo o bairro Cidade Alta o mais afetado, com 92,51% da área vegetada reduzida. Os outros bairros também apresentaram reduções preocupantes. Além disso, a TST aumentou em todos os bairros, refletindo o impacto da expansão urbana na temperatura. A importância da vegetação urbana na regulação climática e na qualidade de vida, apontando para a necessidade de estratégias de planejamento urbano que mitiguem efeitos adversos da urbanização, como desconforto térmico. Esses resultados podem embasar iniciativas futuras para restauração da vegetação, promovendo ambientes urbanos mais saudáveis/habitáveis em Mossoró/RN.

Palavras-chave: Cobertura vegetal; Crescimento urbano; Impactos ambientais; Geoprocessamento; Urbanização.

1 INTRODUÇÃO

A migração da população para áreas urbanas tem ocorrido em um ritmo acelerado, com aproximadamente 30% da população mundial vivendo nas cidades em 1950. Essa proporção aumentou para 55% em 2018, e as projeções indicam que até 2050, será possível ver cerca de 70% da população global residindo em zonas urbanas. (UNITED NATIONS, 2022).

Foi a partir de meados dos anos 90 que Mossoró iniciou a sua expansão na indústria de construção civil, com uma forte atuação do Estado através de políticas públicas no setor habitacional. Com início no ano de 2009 ocorre um “bum” imobiliário e a produção de moradias atinge um maior dinamismo, havendo essa expansão para todos os perfis socioeconômicos da cidade.

Atualmente, no processo de planejamento urbano, as ferramentas de geotecnologia desempenham um papel fundamental, sendo absolutamente essenciais para orientar as decisões tomadas pelas entidades públicas, em particular as prefeituras, que têm a

responsabilidade direta pela gestão municipal. As ferramentas de sensoriamento remoto se tornam uma opção viável para a análise do ambiente urbano, pois permite que seus usuários tenham retratos da realidade atual e anterior, favorecendo as análises comparativas e permitindo a inferência de tendências (SILVA et. al. 2019).

Sem um planejamento socioambiental adequado, pautadas pela falta de aplicação de ferramentas e instrumentos de gestão do território, o que compromete a qualidade ambiental e de vida dos residentes nessas áreas. Esses locais são moldados pela busca pelo lucro e pela contínua transformação do ambiente natural, resultando na deterioração de sistemas ambientais, especialmente o sistema climático. Isso acarreta em consequências adversas como desconforto térmico, formação de ilhas de calor e redução da umidade relativa do ar (STANGANINI & DE LOLLO, 2019; DA SILVA & DOS SANTOS, 2023).

Salles, Grigio, Silva (2013) apontam que os problemas e impactos decorrentes desse processo de expansão urbana e desenvolvimento podem ser claramente observados em Mossoró, que incluem problemas como desmatamento descontrolado, construções e ocupações irregulares, falta de infraestrutura básica, carência de saneamento ambiental, disparidades sociais, especulação imobiliária, fragilização e deterioração dos ecossistemas naturais, questões relacionadas ao descarte inadequado de resíduos sólidos, abastecimento de água, excesso de propagandas e poluição visual, mobilidade populacional, emissão de poluentes atmosféricos, poluição sonora, diminuição da biodiversidade, entre outros.

O objetivo desta pesquisa foi analisar o processo de expansão urbana da cidade de Mossoró/RN, a partir da análise da evolução da mancha urbana em três novos bairros, como também o impacto na cobertura vegetal e na temperatura superficial terrestre (TST) utilizando imagens de satélite, referentes ao período de 2013 e 2023.

2 RELATO DE EXPERIÊNCIA

O município de Mossoró está situado na mesorregião oeste do Estado do Rio Grande do Norte, localiza-se a 5°11'15''S de latitude e 37°20'39''O de longitude e altitude de 16 metros, com área total de 2.099,334 km² se encontra a 245,6 km de distância da capital Natal. Encontra-se em um local estratégico, situada entre duas capitais (Natal e Fortaleza). Chegou a ser reconhecida como Capital do Semiárido Brasileiro (Lei nº 13.568, de 21 de dezembro de 2017, BRASIL 2017).

As imagens de satélite utilizadas foram obtidas através do Google Earth Pro software livre que possui imagens atmosféricas com dimensão um por um metro (1x1). Para produção dos mapas e imagens utilizou-se a ferramenta de geoprocessamento QGIS versão 3.28.10 'Firenze', um software gratuito.

Foram considerados para a identificação das manchas de vegetação padrões de coloração verde e diversas texturas que indicaram coberturas vegetais diferenciadas. Considerando todas as áreas vegetais que eram possíveis de se visualizar na imagem. A quantificação desta cobertura (e da área total de estudo) foi feita com o somatório das áreas menores para cada bairro.

Para as representações de temperatura também foi utilizado como suporte o software de código aberto QGIS versão 3.28.10 'Firenze', utilizando as imagens de satélite (órbita 216, ponto 63). Foi usada a banda 10 do satélite Landsat 8, que corresponde à faixa infravermelho termal (10.6 – 11.19 µm – micrometro).

A metodologia aplicada foi a de Vale et. al 2021 para cálculo da Temperatura Superficial Terrestre (TST). Foram aplicados parâmetros fixos de conversão de níveis de cinza da imagem (NC) para radiância e realizado a conversão dos dados de radiância para temperatura em Kelvin, fundamentada nas equações (Equação 1) disponibilizada pelo Serviço Geológico Americano, logo em seguida foi subtraído pelo valor absoluto (273,15), dando origem à seguinte fórmula (Equação 2), que foi inserida na calculadora raster do QGIS 3.28.10 'Firenze' gerando assim o

raster de temperatura de superfície em graus Celsius (°C) (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2022).

$$T = K2 / \ln(K1 / L\lambda + 1) \quad (1)$$

Onde:

T: Temperatura efetiva no satélite em Kelvin (K); K2: Constante de calibração 2 = 1.321.08 (K);

K1: Constante de calibração 1 = 774.89 (K);

L λ : Radiância Espectral do sensor de abertura em Watts (m² sr μ m).

$$TC = (1321.08 / \ln(774.89 / (3.3420E-04 * "Banda_10.tiff" + 0.10000) + 1)) - 273.15 \quad (2)$$

3 DISCUSSÃO

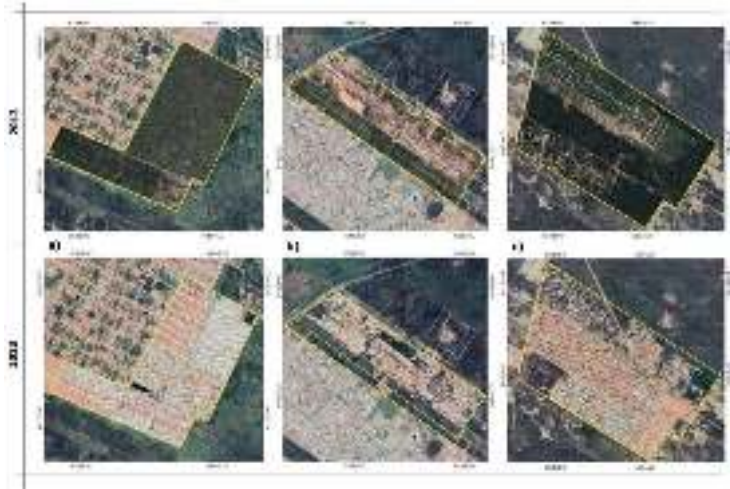
Nessa pesquisa foi executado uma análise da expansão urbana, através de um estudo de caso em três novos bairros de Mossoró/RN, sendo esses: o bairro Nova Mossoró, o bairro Cidade Alta, que é um complexo residencial do bairro Alto do Sumaré, e o loteamento de terrenos Alto das Brisas, próximo ao bairro Vingt Rosado (Figura 1). Foi analisado uma faixa temporal de 10 anos para as três áreas de estudo, analisando a expansão das edificações e a supressão da vegetação existente, além da temperatura superficial terrestre (TST).

É possível verificar a evolução da expansão urbana através da Figura 2, onde se vê o surgimento e crescimento horizontal dos bairros, através das imagens de satélite comparativas dos anos de 2013 e 2023. O bairro Cidade Alta surgiu completamente dentro deste intervalo de 10 anos, enquanto os bairros Alto das Brisas e Nova Mossoró já existiam, e dentro desse intervalo se expandiram horizontalmente.

Com o aumento dos investimentos imobiliários no país, a cidade de Mossoró teve um grande desenvolvimento do setor de construção civil, onde, entre muitos tipos de novas zonas de construção, as formas de loteamento para moradias, transformaram significativamente a morfologia dos assentamentos residenciais na cidade, causando uma importante modificação da paisagem (SILVA, BESERRA e PEREIRA, 2020).

É possível também verificar na (Figura 1) o padrão diferenciado dos tipos de empreendimentos que foram construídos, em sua grande maioria da tipologia para a Faixa 1 de acordo com Silva Beserra e Pereira Junior (2020), onde se tem casas de mesma metragem e com plantas idênticas. O bairro Cidade Alta (a) foi completamente construído nessa configuração, o que promove uma paisagem padronizada com residências sem área disponível para a promoção de um espaço verde e amplamente concretada. Enquanto isso o bairro Alto das Brisas (b), por ser um loteamento de terrenos sem forte investimento das construtoras imobiliárias, ainda possui grande parte da sua área total sem construções, e tem uma configuração de construções mais variada, com casas de plantas mais diferenciadas. E no bairro Nova Mossoró (c), é possível verificar os dois tipos de configurações, devido ao forte investimento das construtoras na promoção de um bairro de grande porte nos últimos anos, existe muitas casas pré-fabricadas de mesma planta com uma área muito concretada, mas também é possível verificar casas com diferentes configurações e que apresentam quintais com áreas verdes e arborização nas calçadas.

Figura 1 – Comparação visual dos bairros a) Cidade alta, b) Alto das brisas e c) Nova Mossoró, nos anos de 2013 e 2023, respectivamente, 2023.



Fonte: Google Earth Pro, 2023.

Encontrou-se a cobertura vegetal de cada um dos novos bairros cujo resultado está expresso na Tabela 01. O maior bairro é o Nova Mossoró, seguido do Alto das Brisas e Cidade Alta. Quanto a redução da cobertura vegetal, o bairro Alto das Brisas teve a menor redução, de 7,11 % e Nova Mossoró reduziu mais que a metade de sua área vegetada, com 59,45 % de redução. Já o bairro Cidade Alta teve a maior redução de todos com 92,51 %, porém, esse fato é justificável, dado que esse Conjunto não existia no ano de 2013 e a área era completamente vegetada. Com isso, no ano de 2023 apenas 3,66 % do bairro possuía área vegetada, o que mostra resultados preocupantes, pois, em lugares sem e/ou com quantidade de vegetação abaixo de 5%, a qualidade ambiental e de vida da população é bem inferior a desejável (NUCCI, 2001).

Tabela 1 – Área total dos bairros e somatório das áreas de vegetação dos anos de 2013 e 2023, 2023.

	Área total do2013 (m²) bairro (m²)		Área de vegetação		
			2013 (%)	2023 (m²)	2023 (%)
Cidade Alta	299.746,64	288.251,96	96,17	10.956,1	3,66
Alto das Brisas	463.817,68	307.821	66,37	274.870	59,26
	1.626.028,80				
Nova Mossoró		1.529.117,04	94,04	578.782	35,59

Fonte: IBGE, 2020; Google Earth Pro, 2023.

Uma vez que para as cidades serem formadas a vegetação nativa é suprimida na terraplanagem e o solo é impermeabilizado, para poder dar espaço as residências, vias e empreendimentos, a qualidade ambiental é perdida e a paisagem urbana é formada com base nesse processo (DUARTE et al., 2017; PEREIRA et al., 2021). Costa et al. (2022) afirma que os novos bairros influenciam no aumento da mancha urbana e diminuição da cobertura vegetal. As áreas ocupadas pelo processo de urbanização se tornam mais frágeis e vulneráveis, e enfrentam maior risco ambiental devido à ausência de áreas verdes e à grande proporção de áreas impermeabilizadas. Em contrapartida, áreas com maior cobertura vegetal oferecem proteção à superfície e, consequentemente, reduzem fatores associados a processos de degradação ambiental, como erosão, assoreamento dos corpos d'água e enchentes. (STANGANINI & DE LOLLO, 2019). A presença de vegetação urbana também ameniza o

microclima local, além de ajudar na purificando do ar ao absorver partículas tóxicas e poeira, na absorção de ruídos e reduzindo a reflexão da energia solar. Isso contribui para criar um ambiente propício para a habitação (ALVES, 2019).

Nas Figuras 2, 3 e 4, temos os mapas referentes a temperatura superficial terrestre para cada bairro e ano estudado. É possível verificar o aumento das temperaturas em no mínimo um grau para os bairros e também o aumento das temperaturas nas imediações, em razão da retirada da vegetação nativa e impermeabilização do solo, tornando possível notar o impacto que a expansão urbana causa na população local.

Figura 2 – Espacialização da temperatura superficial terrestre para o bairro Cidade Alta nos anos de 2013 e 2023, respectivamente, 2023.

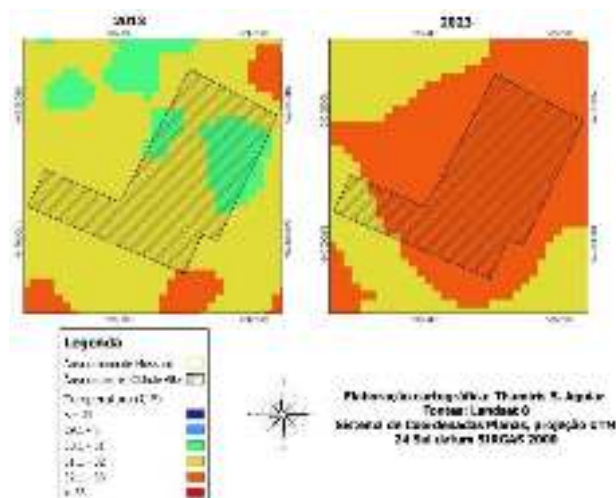
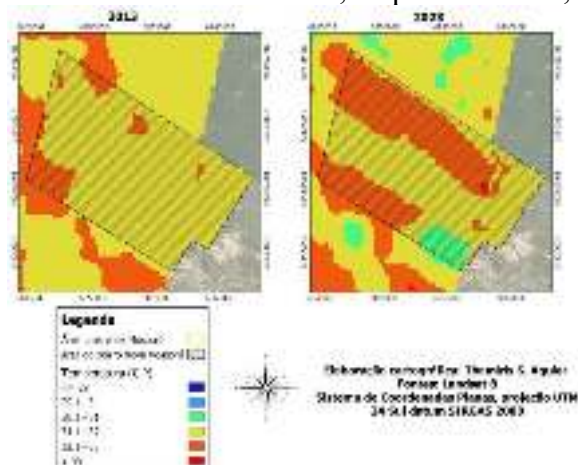


Figura 4 – Espacialização da temperatura superficial terrestre para o bairro Nova Mossoró nos anos de 2013 e 2023, respectivamente, 2023



Fonte: Landsat 8, 2023.

É importante destacar que a cidade de Mossoró se encontra em uma região semiárida, de clima quente e de elevada incidência solar. Com as altas temperaturas na região, a presença de vegetação no ambiente urbano é fundamental, ela ajuda a reduzir a temperatura local, aumentar a umidade e proporcionar uma série de outros benefícios, como facilitar a mobilidade urbana e convivência social da comunidade (GOULART & GÜNTHER, 2018).

Outros estudos também comprovam o impacto que a ausência de cobertura vegetal causa na temperatura das cidades. Aires & Bezerra (2021) fizeram uma análise da temperatura superficial terrestre para a cidade de Pau dos Ferros (RN), onde registrou uma temperatura máxima de 47°C em áreas de solo exposto e de 28°C em regiões de maior índice de vegetação, além de constar que os bairros mais afastados do centro da cidade apresentam maior TST, visto que tem menor vigor vegetativo. Romero et al. (2020) em sua pesquisa confirmou que a temperatura de superfície é mais alta onde há pavimentação asfáltica, telhado de amianto e telhado de metal, e ainda reforça dizendo que áreas com pouca vegetação arbórea têm um impacto direto no aumento da temperatura local da superfície, portanto, é de grande importância considerar a recomposição paisagística dessas áreas, aumentando a vegetação.

4 CONCLUSÃO

O objetivo de avaliar a expansão urbana se mostrou possível através das imagens de satélites estudadas. Houve um aumento significativo nos loteamentos e na variedade de tipologias residenciais. A cobertura vegetal, o bairro Alto das Brisas apresentou o maior percentual de área vegetada, enquanto isso o bairro Cidade Alta teve os níveis mais preocupantes, com apenas 5 % de área vegetada. Todos os bairros sofreram com o aumento da temperatura superficial terrestre (TST) em no mínimo 1 °C em função da expansão urbana e consequente redução da cobertura vegetal. A metodologia empregada para o processamento das imagens do Landsat-8 mostrou-se aplicável e útil para o estudo da TST. Sugere-se estudos futuros mais detalhados sobre a relação entre a perda de cobertura vegetal e seus impactos na qualidade de vida da população local.

REFERÊNCIAS

AIRES, A. A., BEZERRA, J. M. Mapeamento do índice de vegetação e temperatura de superfície da cidade de Pau dos Ferros-RN. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 17, n. 48, p. 113-131, 2021.

ALVES, A. D. L. Intensidade e modelagem das ilhas de calor urbanas de superfície em cidades de pequeno porte: análise da região do oeste goiano, **Boletim Geográfico de Maringá**, 37(1), 50-63. DOI: <http://dx.doi.org/10.4025/bolgeogr.v37i1.37346>, 2019.

COSTA, L. C. S.; MANESCHY, R. Q.; LOPES, L. O. D. C. O processo de expansão urbana e seu impacto na cobertura vegetal de Macapá. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 2022.

DA SILVA COSTA, J. R.; DE FARIAS, D. T.; BOTREL, R. T. Levantamento da população arbórea em bairro recém-planejado de Mossoró-RN. **Agropecuária Científica no Semiárido**, 2019.

DA SILVA, S. C. T. N.; DOS SANTOS, J. S. Capítulo 7, A formação de ilhas de calor no espaço geográfico intraurbano da cidade de Mossoró/RN. Mossoró, RN: **Edições UERN**, 2023.

DE ARRUDA, L. E. V.; DE SOUZA SILVEIRA, P. R.; VALE, H. S. M.; DA SILVA, P. C. M. Índice de área verde e de cobertura vegetal no perímetro urbano central do município de Mossoró, RN. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 2, p. 43, 2013.

DUARTE, T. E. P.; ANGEOLETTO, F. H. S.; SANTOS, J. W. M. C.; DA SILVA LEANDRO, D.; BOHRER, J. F. C.; VACCHIANO, M. C.; LEITE, L. B. O papel da cobertura vegetal nos ambientes urbanos e sua influência na qualidade de vida nas cidades. **Desenvolvimento em questão**, v. 15, n. 40, p. 175-203, 2017.

GOULART, F. GÜNTHER, H. O papel da arborização urbana na vivência do pedestre: Um estudo sob a perspectiva pessoa-ambiente. In: PLURIS 2018-8th **Luso-Brazilian Congress for Urban, Regional, Integrated and Sustainable Planning**. 2018. p. 869-882.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2011. **Sinopse do Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro. Disponível: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv49230.pdf>.

JÚNIOR, L. R. P.; DE ANDRADE, A. P.; ARAÚJO, K. D. Composição florística e fitossociologia de um fragmento de caatinga em Monteiro, Paraíba. **Holos**, v. 6, p. 73-87, 2012.

NUCCI, J. C. Qualidade Ambiental e adensamento urbano. **Environmental quality and urban growth**. São Paulo: Editora Fapesp. 2001.

PEREIRA, P. B.; DE BRITO NUNES, H. K.; DA SILVA ARAÚJO, F. A. Análise multitemporal de uso, ocupação e cobertura da terra na zona Leste da cidade de Caxias/Maranhão/Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 3, p. 1415-1428, 2021.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. **QGIS Geographic Information System**. Versão 3.28.10 'Firenze'. 2022. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org>. Acesso em: 15 mai. 2022.

ROMERO, C. W. D. S., SILVA, H. R., MARQUES, A. P., MACEDO, F. L. D., FARIA, G. A., ALVES, M. C. Relação entre as ilhas de calor e uso e ocupação do solo em centros urbanos de pequeno porte utilizando o sensoriamento remoto. **Geosciences= Geociências**, v.

39, n. 1, p. 253-268, 2020.

SALLES, M. C. T.; GRIGIO, A. M.; SILVA, M. R. F. Expansão urbana e conflito ambiental: uma descrição da problemática do município de Mossoró, RN-Brasil. **Sociedade & Natureza**, v. 25, p. 281-290, 2013.

SERRA SILVA, J.; FARIAS FILHO, S. Urbana e impactos ambientais na zona costeira norte do município de São Luís (MA). **Ra'e Ga**, v. 46, n. 1, 2019.

SILVA BESERRA, F. R.; PEREIRA JÚNIOR, E. A. Diferenciação espacial na escala intraurbana: análise dos impactos da indústria da construção civil na cidade de Mossoró. **Geografares**, n. 30, 2020.

STANGANINI, F. N.; MELANDA, E. A.; DE LOLLO, J. A. O uso de imagens multitemporais na reconstrução do processo de crescimento urbano. Estudo de caso: sub-bacia do córrego do chibarro em São Carlos–SP. **ANAIS DO XIX Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto**, 2019.

VALE, W. K. S.; DIODATO, M. A.; GRIGIO, A. M.; SARAIVA, A. L. B. C.; SOUZA NETO, L. T. Mapeamento da Temperatura Superficial Terrestre (TST), com base em imagem de satélite: caso da área urbana de Mossoró/RN. In: Antonio Conceição Paranhos Filho; Camila Leonardo Miotto; Dhonatan Diego Pessi, Roberto Macedo Gamarra; Normandes Matos da Silva; Vinícius de Oliveira Ribeiro; Jéssica Rabito Chaves. (Org.). **Geotecnologias para Aplicações Ambientais**. 1ed.Maringá: Uniedusul, 2021, v., p. 277-287.