

Análise temporal por sensoriamento remoto da supressão de vegetação nativa em vales na cidade de Maceió, Brasil

Temporal analysis by remote sensing of the suppression of native vegetation in valleys in the city of Maceió, Brazil

Article Info:

Article history: Received 2021-03-29 / Accepted 2021-03-29 / Available online 2021-03-30

doi: 10.18540/jcecv17iss1pp12151-01-11e

Michelle Adelino Cerqueira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4090-1204>

Universidade Federal de Alagoas, Prog. de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Brasil

E-mail: michelle.cerqueira@ceca.ufal.br

Polyanna Omena Costa Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5309-0607>

Universidade Federal de Alagoas, Prog. de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Brasil

E-mail: polyanna.omena@gmail.com

Vera Nubia Carvalho de Farias

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6223-0942>

Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

E-mail: veranubia@gmail.com

Vivaldo Ferreira Chagas Júnior

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7778-0434>

Universidade Tiradentes, Brasil

E-mail: vivaldo.chagas@gtrainers.com.br

Ricardo Victor Rodrigues Barbosa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4971-6037>

Universidade Federal de Alagoas, Prog. de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Brasil

E-mail: rvictor@fau.ufal.br

Resumo

O artigo objetivou analisar a supressão da vegetação nativa em área de vale tomado por ocupações irregulares na cidade de Maceió a partir do uso de sensoriamento remoto com algoritmo de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). A investigação tomou como estudo de caso a Grota do Aterro, com vistas a verificar os impactos provenientes da ocupação antrópica sobre a vegetação nativa. A análise temporal foi realizada com imagens de 1999 e 2020. Os resultados mostraram que a redução da vegetação nativa foi da ordem de 3 ha, equivalente a 50% da massa vegetal existente em 1999. A investigação apontou, entre outros aspectos, a viabilidade de mapear e identificar alterações na vegetação nativa a partir do mapa de NDVI, com a perspectiva de subsidiar políticas públicas para manutenção e conservação da vegetação nativa, especialmente em áreas ambientalmente frágeis.

Palavras-chave: Áreas verdes. Planejamento urbano. Landsat. NDVI. Sustentabilidade.

Abstract

The article analyzed the suppression of native vegetation in a valley occupied by irregular occupations in the city of Maceió through the use of remote sensing with the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) algorithm. The research had as a case study the Grota do Aterro, in order to verify the impacts from the anthropic occupation on the native vegetation. The temporal analysis was carried out with images from 1999 and 2020. The results showed that the reduction of native

vegetation was of the order of 3 ha, equivalent to 50% of the existing plant mass in 1999. The investigation showed, among other aspects, the viability of map and identify changes in native vegetation from the NDVI map, with a view to subsidizing public policies for the maintenance and conservation of native vegetation, especially in environmentally fragile areas.

Keywords: Green areas. Urban planning. Landsat. NDVI. Sustainability.

1. Introdução

A problemática ambiental urbana é atualmente uma das principais preocupações da comunidade científica (Silva et. al, 2015). Um claro delineamento é realizado entre as abordagens dadas ao meio ambiente, que pode ser avaliado em seu aspecto: natural ou físico, envolvendo os sistemas solo-água-atmosfera e sua relação com a flora e fauna; cultural, constituído pelo patrimônio histórico, artístico, arqueológico, paisagístico e turístico; e artificial, que engloba basicamente o ambiente construído (SILVA, 2004).

Nesse contexto, as cidades caracterizam-se como sistemas complexos, que abrigam e promovem interações nos mais diversos níveis. Uma vez que a cidade não é um todo homogêneo e possui especificidades intraurbanas, seja do ponto de vista dos fatores físicos, mas especialmente das diferenças existentes nas características do uso e da ocupação do solo no interior da cidade (AMORIM, 2010).

Neste seguimento, a vegetação urbana fornece vários serviços ecossistêmicos que podem ajudar a lidar com os desafios contínuos do desenvolvimento urbano (BASTIAN et al., 2012; COLDING, 2011). Como as cidades têm espaços verdes limitados, os gerentes e tomadores de decisão estão cada vez mais conscientes da importância dos serviços do ecossistema urbano, beneficiando-se, assim, com a otimização da configuração espacial do espaço verde como forma de avaliar o estresse térmico urbano (Huang et al., 2011; Li et al., 2016; Myint et al., 2015; Zhou et al., 2011). Mesmo assim, permanecem dúvidas sobre a melhor forma de avaliar e gerenciar esses serviços; como um aspecto da realidade urbana (LAKES e HYUN-OK, 2012).

As principais características ecológicas das cidades são; a estrutura e o alinhamento dos edifícios, a proporção de superfícies vegetadas e a qualidade do espaço verde, o design geral do local e as especificações do uso do solo. Estes fatores são utilizados para classificar uma cidade de acordo com sua estrutura, visualizando uma investigação ecológica urbana (DUHME e PAULEIT, 1992; PAULEIT e BREUSTE, 2011). Conhecer a interação desses fatores facilitaria a aplicação de serviços pontuais no ecossistema do ambiente permitindo, assim, uma qualidade de vida em áreas de assentamentos urbanos (BARBOSA, 2005; PEREIRA e BARBOSA, 2016; PEREIRA e BARBOSA, 2019).

Diante das perspectivas apresentadas, o Sensoriamento Remoto oferece uma grande oportunidade para entender a fenologia da vegetação em diferentes resoluções e potencialmente fornecer informações detalhadas para o esverdeamento urbano direcionado nas residências e nas ruas, sendo excelente ferramenta de comunicação para autoridades em planejamento local. Logo, o índice de vegetação de diferença normalizada (NDVI) é uma das diretrizes mais essenciais da cobertura vegetal de uma determinada região a partir de dados de dados orbitais (Ceballos e Lopes, 2003). Assim, o NDVI é usado para detectar qualquer cobertura de terra, mudanças causadas por atividades humanas, como construção e outros projetos de desenvolvimento (ABURAS et al., 2015).

O presente artigo tem por objetivo quantificar a supressão da vegetação nativa em área de vale na cidade de Maceió utilizando o algoritmo de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), tomando como estudo de caso a Grota do Aterro, com vistas a verificar os impactos provenientes das atividades antrópicas sobre a vegetação nativa existente.

2. Caracterização da área de estudo

2.1. Área de Estudo

A cidade de Maceió, capital do Estado de Alagoas, está situada no litoral do Nordeste brasileiro entre as latitudes 9° 45' Sul e longitude 35° 42' Oeste (Figura 1). A área urbana abrange uma área territorial de 512,8 km², na qual residem uma população de cerca de 932.748 habitantes (IBGE, 2010).

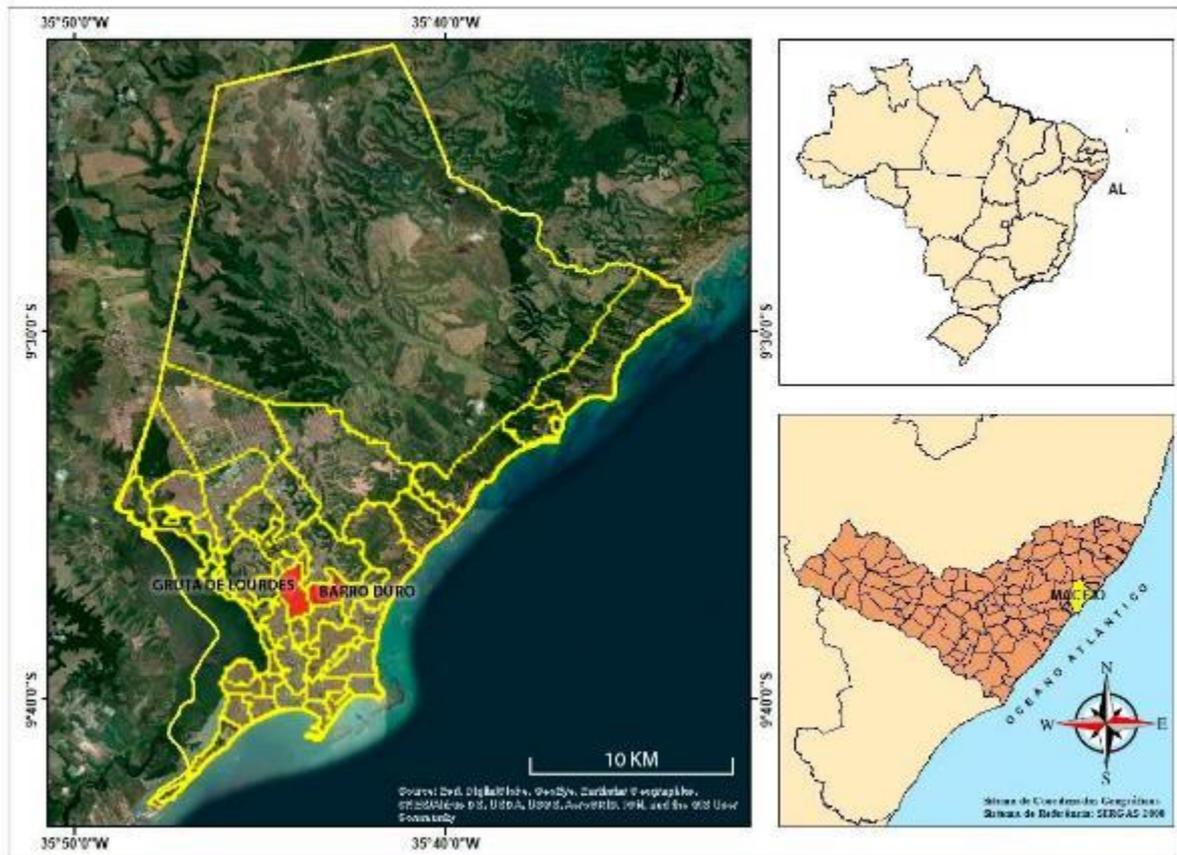


Figura 1 - Localização da área de estudo, Maceió -AL.

A cidade é caracterizada por um clima quente e úmido, com radiação solar intensa, alta umidade relativa do ar e ventos constantes (Almeida, 2006). Segundo as Normas Climatológicas do período de 1961 a 1990, nos meses mais quentes do ano (outubro a março) é predominante o vento Leste, e nos demais meses (abril a setembro) o vento sudeste. A temperatura média anual é de 25,1 °C (INMET, 2018). Possui o bioma de Mata Atlântica (IBGE, 2006), cuja vegetação predominante caracteriza-se como Floresta Ombrófila Aberta, identificada por estrato arbustivo pouco denso e árvores dispostas de forma mais espaçada.

Em Maceió, o relevo dos solos urbanizáveis é compartimentado em planícies costeiras e baixos planaltos em tabuleiro, resultantes respectivamente de dois períodos geológicos distintos: o quaternário e o terciário, que contribuem para a conformação de duas situações urbanas principais: cidade-baixa e cidade-alta. Uma terceira situação urbana, corresponde à formação geológica pode ser denominada cidade-das-grotas-e-encostas. As duas primeiras correspondem à cidade “legal”, cuja maior parte é resultante de parcelamentos projetados e registrados. A terceira, porém, corresponde à parte da cidade “informal” (FARIA, 2016).

As ocupações irregulares, em Maceió, encontram-se principalmente às margens de rios, córregos e lagoas. A formação territorial acidentada da cidade esconde a maioria das ocupações irregulares existentes, especialmente nas encostas dos vales, também denominadas grotas (Figura 2).



Figura 2 - (a) Vale do Reginaldo e (b) e Grota da Macaxeira. (SETRAND, 2017).

As grotas de Maceió são áreas de fundo de vale que funciona como as calhas naturais da cidade, levando as águas da chuva até a planície marítima. As mesmas são locais de moradia para cerca de 300 mil pessoas, a partir de ocupações irregulares. Segundo Lima:

[...] são áreas legalmente declaradas "impróprias à edificação", já que são áreas inundáveis ou com grandes declividades e sem o interesse para o mercado imobiliário, [...] pois são desvalorizadas em função de fragilidades ambientais ou da existência de restrições aos usos e a ocupação (LIMA, 2009, p.70).

Nos anos de 1950, Maceió passou por modificações urbanísticas com o aumento da migração campo-cidade. A população chegou a 121.000 habitantes, ocasionando uma escassez habitacional. Com esse crescimento populacional, também ocorreram problemas relacionados ao uso e ocupação do solo (Romão, Santos e Badiru, 2016). Desde então, iniciou-se a ocupação de áreas de preservação ambiental, como encostas, vales e planície de inundação.

Em 2016, as grotas de Maceió passaram por um processo de reurbanização (Figura 3), realizado pelo Governo do Estado de Alagoas e com parceria da ONU-Habitat, por meio do programa Vida Nova nas Grotas. Os lugares antes eram inóspitos e sem condições de mobilidade. As ações efetuadas compreenderam a otimização da mobilidade e dos espaços de convivência, por meio da construção e reforma de escadarias, distribuídas entre novas e recuperadas, pontilhões, passeios, muro de contenção, meio-fio, corrimão e canaletas (SETRAND, 2016). As escadarias implantadas na grota contam com um sistema de drenagem que impede que a água da chuva escoe pelos barrancos, ajudando a evitar possíveis desmoronamentos, proporcionando maior segurança aos moradores. Além disso, foi realizada a pintura de 40 casas na comunidade (SETRAND, 2016).



Figura 3 – Ocupação na Grota do Aterro em Maceió, AL.

(a) e (b) (SANTOS, 2018) e (c) (SEINFRA, 2018).

2.2. Estudo de caso: Grota do Aterro

A Grota do Aterro, estudo de caso deste artigo, está localizada entre os bairros da Gruta de Lourdes e Barro Duro (Figura 4) e está incluída nas Grotas que foram reurbanizadas em Maceió. Sua população é em torno dos 4.000 habitantes (GOVERNO DE ALAGOAS, 2017).

A Grota compõe uma área de aproximadamente 6,45 há e com o processo de ocupação irregular, tornou-se notório o crescimento das áreas construídas, acarretando a retirada da vegetação nativa.



Figura 4 - Delimitação Grota do Aterro.



Figura 5 - Grota do Aterro. (SANTOS, 2018).

3. Procedimentos metodológicos

3.1 Dados

Para realização da análise temporal, foram utilizadas duas imagens orbitais do satélite LANDSAT 5 – TM e LANDSAT 8 – OLI, como forma de cobrir todo o lapso temporal abordado na pesquisa, a saber, de 1999 a 2020, totalizando 21 anos. As imagens foram adquiridas junto a plataforma da USGS (*United States Geological Survey*).

3.2 Tratamento dos dados e elaboração dos resultados

Para análise dos percentuais de vegetação que compõe a área de estudo, foi utilizado o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), dado pela Equação 1.

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

Onde, ρ_{NIR} é reflectância da banda infravermelho próximo, ρ_{SWIR} é a reflectância da banda infravermelho de onda curta (médio), correspondente as bandas 3 e 4 do sensor TM, 4 e 5 do sensor OLI.

O cálculo da reflectância é dado pela Equação 2.

$$L_{\lambda} = M_L Q_{cal} + A_L \quad (2)$$

Onde L_{λ} é a espectral do sensor de abertura em Watts/(m² x sr x μm), M_L é o fator multiplicativo de redimensionamento da banda 10 = 3.3420E-04 e Q_{cal} é o valor quantizado calibrado pelo pixel em DN = Imagem banda 10.

Todas as imagens orbitais utilizadas nesta pesquisa foram tratadas e processadas no *software* de plataforma livre QGIS, assim como os mapas elaborados.

A metodologia utilizada nesta pesquisa é comumente utilizada em diversas análises ambientais, conforme os trabalhos de Elnmer et al. (2019), Enriquez et al. (2019) e Malik et al. (2019).

4. Resultados

As Figuras 6, percebe-se claramente a dinâmica da expansão urbana e o modo como ela impactou os remanescentes de vegetação nativa dentro da delimitação da Grota do Aterro, como também no seu entorno.

Ao analisar o NDVI dos anos de 1999 e 2020, é possível visualizar os focos de maior alteração na vegetação. É o caso evidente da região sul da grota, que sofreu uma perda significativa de vegetação nativa.

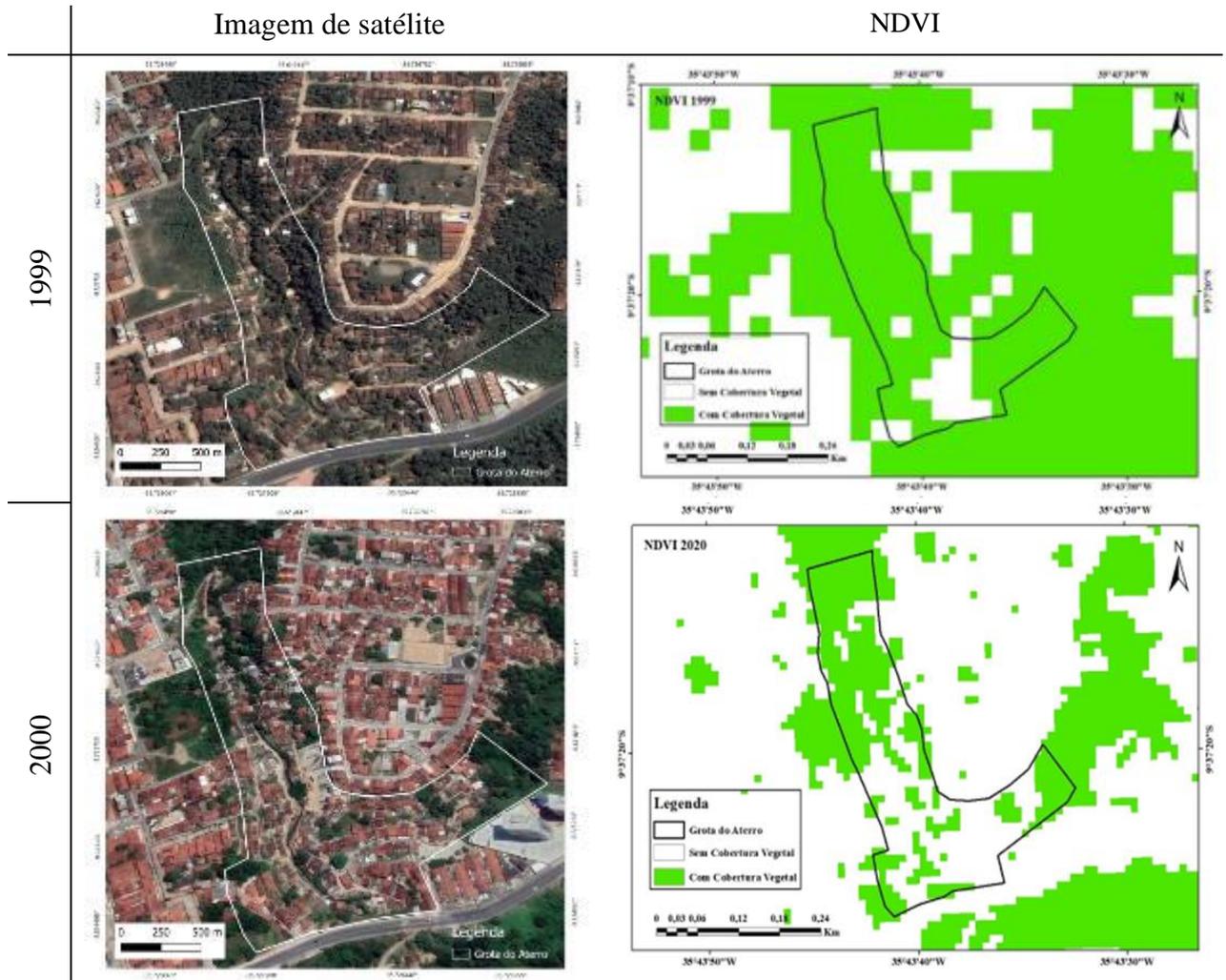


Figura 6 - Avaliação do espaço temporal do NDVI para a Grota do Aterro, 1999 e 2020.

Tabela 1 - Quantificação da área vegetada na Grota do Aterro nos anos 1999 e 2020.

	1999	2020
Áreas vegetadas	5,58 ha (86,1%*)	3,45 ha (53,2%*)
Área total Grota do Aterro		6,48 ha

* Percentual de área recoberta por vegetação nativa em relação à área total da Grota.

A Grota do Aterro teve uma redução de aproximadamente 3 ha na vegetação nativa existente, em 21 anos. Essa área é equivalente à 53% da massa vegetal existente em 1999, conforme Tabela 1.

A redução da vegetação nativa na Grota dá-se em consequência do contínuo processo de ocupação do solo em área de fundo de vale e encostas de forma irregular, no qual a vegetação nativa é suprimida para construção de moradias.

5. Discussões

As áreas com vegetação são de grande importância para áreas intraurbanas. As ocupações em áreas de vale causam diversas consequências para o meio ambiente e coloca em risco a vida dos moradores. O desmatamento das áreas de vale causa exposição do solo e perda da estruturação superficial conferida pelas raízes, além do aumento da infiltração e exposição de erosão que pode evoluir para o deslizamento das encostas, conforme Rossetti, Pinto e Almeida (2007), uma diminuição da intensidade de ventos e ruídos, além da redução de temperatura e aumento da umidade.

O avanço de espaços construídos na cidade de Maceió tem comprometido áreas de grande valor ambiental, como as margens de rios, córregos e lagoas, ocupação de encostas e regiões de fundo de vales (grotas). Nas grotas de Maceió, percebe-se pelo caso apresentado, referente à Grota do Aterro, uma tendência cada vez maior de urbanização dessas áreas que legalmente são consideradas impróprias à ocupação.

Áreas de vale naturalmente captam as águas da chuva. Assim, em regiões com esta característica, a presença e manutenção de áreas com vegetação permite melhor permeabilidade do solo intraurbano, reduzindo o escoamento superficial da água da chuva, evitando inundações, problemas e assoreamento de corpos d'água (ROSSETTI, PINTO E ALMEIDA, 2007). Entretanto, diante do avanço da urbanização, conforme observado, as áreas com vegetação estão sendo suprimidas das áreas intraurbanas. Dessa forma, é importante que medidas sejam tomadas com vistas a preservar a vegetação existente, especialmente em área de fragilidade ambiental, como nascentes e matas ciliares de rios e córregos e regiões de fundos de vale e encostas.

6. Considerações finais

A investigação proposta confirma que o detalhamento espacial das feições fenológica podem ser construídos pelo NDVI por meio de alta resolução temporal, apresentando grande potencial em aplicações urbanas. No cenário apresentado, permitiu caracterizar a redução da área vegetada na região tomada como estudo de caso, mostrando o suporte que o emprego do NDVI, obtido por meio de imagens de satélite, pode oferecer para o direcionamento de estudos mais detalhados e implementação de práticas de monitoramento e recuperação de áreas urbanas degradadas, com a concepção integrada da importância da vegetação para a sustentabilidade urbano ambiental.

A utilização de dados orbitais segue como uma alternativa ao monitoramento de diversas áreas, com as áreas urbanas, uma vez que se caracteriza como uma ferramenta de fácil acesso e disposição de dados de forma gratuita pelas mais diversas organizações, nacionais e internacionais, a exemplo do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e United States Geological Survey (USGS).

Referências

- Aburas, M. M., Abdullah, S. H., Ramli, M. F.; Ash'aari, Z. H. (2015). Measuring Land Cover Change in Seremban, Malaysia Using NDVI Index. *Procedia Environmental Sciences*, 30, p. 238–243. [doi:10.1016/j.proenv.2015.10.043](https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.10.043)
- Adnan N A, Noralam N F F, Salleh S A, Abd L Z. (2015). Utilizing Landsat imageries for land surface temperature (LST) analysis of the Penang Island. In *International Conference on Space Science and Communication*, p. 193-198.
- Almeida, E. M. A. (2006). *A configuração urbana e sua relação com os microclimas: estudo de frações urbanas na cidade de Maceió*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Brasil.
- Amorim, M. C. C. T. (2010). Climatologia e Gestão do Espaço Urbano. *Mercator*, Fortaleza, número especial. p. 71-90. [doi: 10.4215/RM2010.0901](https://doi.org/10.4215/RM2010.0901)
- Barbosa, R. V. R. (2005). Áreas verdes e qualidade térmica em ambientes urbanos: estudo em microclimas em Maceió (AL). Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Carlos, Brasil.
- Bastian, O., Haase, D., Grunewald, K. (2012). Ecosystem properties, potentials and services – the EPPS conceptual framework and an urban application example. *Ecol. Indic.* 21, p.7–16.
- Ceballos-Silva, A., & López-Blanco, J. (2003). Delineation of suitable areas for crops using a MultiCriteria Evaluation approach and land use/cover mapping: a case study in Central Mexico. *Agricultural Systems*, 77(2), p. 117–136. [doi:10.1016/s0308-521x\(02\)00103-8](https://doi.org/10.1016/s0308-521x(02)00103-8)
- Colding, J. (2011). The role of ecosystem services in contemporary urban planning. In: Niemelä, J. (Ed.), *Urban Ecology. Patterns, Processes, and Applications*. Oxford University Press, New York, p. 228–237.
- Duhme, F., Pauleit, S. (1992). Strukturtypenkartierung als Instrument der räumlichintegrativen Analyse und Bewertung der Umweltbedingungen in München. Teil 1: Ziele und Methode (Mapping of structural types as tool for a spatial-interactive analysis of the environmental conditions in Munich), Freising.
- Elnmer, A.; Khadr, M.; Kana, E. S.; Tawfik, A. (2019). Mapping daily and seasonally evapotranspiration using remote sensing techniques over the Nile delta. *Agricultural Water Management*, [S.L.], v. 213, p. 682-692, Elsevier BV. [doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2018.11.009](https://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2018.11.009).
- Enriquez, R.; Rodriguez, M.; Blaco, A. C.; Estacio, I; Depositario, L. R. (2019). Spatial and temporal analysis of monthly water consumption and land surface temperature (lst) derived using landsat 8 and modis data. *The International Archives Of The Photogrammetry: Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Philippines, p. 193-198.
- Faria, G. M. G. (2016). Proposta de macrozoneamento para Maceió: revisão do Plano Diretor - 2015/2016. Maceió: Texto Produzido para o Conselho de Arquitetura e Urbanismo de Alagoas-CAU-AL. Disponível em: http://www.caul.gov.br/wp-content/uploads/2016/04/PROPOSTA_MACROZONEAMENTO1.pdf Acesso em 08 nov. 2020.
- GOVERNO DO ESTADO DE ALAGOAS. (2017). *Vida Nova nas Grotas*. Maceió: Governo do Estado de Alagoas, v. 1.
- Huang, G. L., Zhou, W. Q., Cadenasso, M. L. (2011). Is everyone hot in the city? Spatial pattern of land surface temperatures, land cover and neighborhood socioeconomic characteristics in Baltimore, MD. *J. Environ. Manag.* 92, 1753–1759. [doi: 10.1016/j.jenvman.2011.02.006](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.02.006).
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). (2006). Mapa da Área de Aplicação da Lei nº 11.428 de 2006: Lei da Mata Atlântica Disponível em: https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/estudos_ambientais/biomas/mapas/lei11428_mata_atlantica.pdf.> Acesso em 06 nov. 2020.

- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). (2010). Censo Demográfico 2010. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/al/maceio.html>
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (2018). Normais climatológicas do Brasil 1981 - 2010 - Direção predominante do vento. Brasília – DF. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas>>. Acesso em: 05 nov. 2020.
- Lakes, T., Hyun-ok, K. (2012). The urban environmental indicator “BiotopeArea Ratio” – an enhanced approach to assess and manage the urban ecosystem services using high resolution remote-sensing. *Ecol. Indic.* 13, p.93–103.
- Li, X.X., Li, W.W., Middel, A., Harlan, S., Brazel, A., Turner, B. (2016). Remote sensing of the surface urban heat island and land architecture in Phoenix, Arizona: combined effects of land composition and configuration and cadastral–demographic–economic factors. *Remote Sens. Environ.* 174, p.233–243. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.12.022>.
- Lima, B. M. (2009). *Áreas de proteção permanente-APPs em Maceió: do ideário conservacionista aos usos sócio-ambientais das zonas de interesse ambiental e paisagístico*. 2009. 155 f. Dissertação (Mestrado em Dinâmicas do Espaço Habitado) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió.
- Malik, M. S.; Shukla, J. P. & Mishra, S. N. (2019). Relationship of LST, NDBI and NDVI using Landsat-8 data in Kandaihimmat Watershed, Hoshangabad, India Mohammad. *Indian Journal Of Geo Marine Sciences*. India, p. 25-31. 01 jan. 2019.
- Myint, S. W., B. Zheng, E. Talen, C. Fan, S. Kaplan, A. Middel, M. Smith, H. Huang, and A. Brazel. (2015). Does the spatial arrangement of urban landscape matter? Examples of urban warming and cooling in Phoenix and Las Vegas. *Ecosystem Health and Sustainability* 1(4):15. <http://dx.doi.org/10.1890/EHS14-0028.1>.
- Pauleit, S., Breuste, H.J. (2011). Ecology in cities: man-made physical conditions. Chapter 1.1. Land-Use and surface-cover as urban ecological indicators. In: Niemelä, J. (Ed.), *Urban Ecology, Patterns, Processes, and Applications*, p. 19–72.
- Pereira, J. D. S.; Barbosa, R. V. R. (2016). Análise das áreas verdes urbanas e sua influência na redução do rigor térmico em cidade de clima semiárido. Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável – PLURIS 2016, Maceió, Brasil.
- Pereira, J. D. S.; Barbosa, R. V. R. (2019). Diagnóstico da influência de áreas verdes urbanas na redução do rigor térmico em cidade de clima semiárido. XVIII Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional – ENANPUR 2019, Natal, Brasil.
- Romão, V. S.; Santos, A. F. V.; Badiru, A. I. (2016). Ocupação de Maceió traçada desde o Porto de Jaraguá até o Plano Diretor. In: SIMPÓSIO SOBRE AS GEOTECNOLOGIAS E GEOINFORMAÇÃO NO ESTADO DE ALAGOAS, 4., 2016, Maceió. Anais eletrônicos... Maceió: Seplag, p. 1 - 14
- Rossetti, L. A. F. G.; Pinto, S. A. F.; Almeida, C. M. (2007). 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, Florianópolis, Brasil, INPE, p.5479-5486.
- Santos, P. O. C. (2018). *Avaliação pós-ocupação na Grota do Aterro em Maceió, Alagoas: estudo de caso baseado em condições de habitabilidade*. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade de Alagoas, Maceió, Brasil.
- SECRETARIA DE TRANSPORTE E DESENVOLVIMENTO URBANO DE MACEIÓ. (2016). Detalhamento de reurbanização na Grota do Aterro.
- SECRETARIA DE TRANSPORTE E DESENVOLVIMENTO URBANO DE MACEIÓ. (2017) Grota da Macaxeira.
- Silva, J. A. (2004). Direito ambiental constitucional. 5. ed. São Paulo: Malheiros.

- Silva, J. F.; Ferreira, H. S.; Santos, Marcelo. (2015). Considerações sobre os estudos em clima urbano. *Revista Geama*, Vol.1(2), pp.162-175.
- Zhou, W.Q.; Huang, G. L., Cadenasso, M.L. (2011). Does spatial configuration matter? Understanding the effects of land cover pattern on land surface temperature in urban landscapes. *Landsc. Urban Plan.* 102, p. 54-63. doi: <https://10.1016/j.landurbplan.2011.03.009>