



ANÁLISE COMPARATIVA DO IMPACTO DA COBERTURA ARBÓREA NO MICROCLIMA URBANO DO MUNICÍPIO DE CARUARU/PE

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE IMPACT OF TREE COVER ON THE URBAN MICROCLIMATE OF THE MUNICIPALITY OF CARUARU/PE

Luiz Martins Pereira Neto
luiz.mneto@xn--estcio-rta.br

Lucas Alves Batista Pequeno
lucas.pequeno@ufrpe.br

Regina Coeli Lima
regina.coeli@ufrpe.br

Sidney Kal-Rais Pereira de Alencar
taiza.alvessouza@ufrpe.br

Taiza Karla Alves Souza
sidneykalrais@gmail.com

RESUMO

O presente artigo discute o fenômeno das ilhas de calor urbanas, caracterizado pelo aumento acentuado da temperatura em áreas densamente urbanizadas em comparação com regiões rurais adjacentes. Esse efeito é intensificado pela substituição de áreas vegetadas por superfícies impermeáveis, como concreto e asfalto, além da emissão de poluentes e da verticalização urbana. A ausência de vegetação compromete a regulação térmica, tornando as cidades mais quentes, principalmente à noite, quando o calor absorvido durante o dia é lentamente liberado. O estudo evidencia que as ilhas de calor não apenas causam desconforto térmico, mas também agravam problemas de saúde, como doenças respiratórias, cardiovasculares e dermatológicas. Destaca-se a importância da vegetação como ferramenta natural de mitigação, uma vez que as plantas contribuem para a umidade do ar, absorvem CO₂, promovem sombra e reduzem a temperatura ambiente. Dentre as soluções apontadas, estão o planejamento urbano sustentável, a arborização de vias públicas, o incentivo à criação de áreas verdes e o uso de materiais que minimizem a absorção de calor. O texto reforça a necessidade de políticas públicas eficazes e da conscientização da população para a redução dos impactos desse fenômeno, visando à melhoria da qualidade de vida nos centros urbanos.

Palavras-Chave: Ilhas De Calor, Urbanização, Meio Ambiente, Vegetação Urbana, Planejamento Sustentável.

ABSTRACT

This article discusses the phenomenon of urban heat islands, characterized by a sharp increase in temperature in densely urbanized areas compared to adjacent rural regions. This effect is intensified by the replacement of vegetated areas with impermeable surfaces, such as concrete



and asphalt, in addition to the emission of pollutants and urban verticalization. The absence of vegetation compromises thermal regulation, making cities hotter, especially at night, when the heat absorbed during the day is slowly released. The study shows that heat islands not only cause thermal discomfort, but also aggravate health problems, such as respiratory, cardiovascular and dermatological diseases. The importance of vegetation as a natural mitigation tool is highlighted, since plants contribute to air humidity, absorb CO₂, provide shade and reduce ambient temperature. Among the solutions suggested are sustainable urban planning, tree planting on public roads, incentives for the creation of green areas and the use of materials that minimize heat absorption. The text reinforces the need for effective public policies and raising awareness among the population to reduce the impacts of this phenomenon, aiming to improve the quality of life in urban centers.

Keywords: Heat Islands, Urbanization, Environment, Urban Vegetation, Sustainable Planning.

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos séculos, as necessidades humanas foram se modificando, fazendo com que a busca por bens e serviços tenha crescido cada dia mais e as mudanças nos ambientes naturais tenham sido cada vez mais acentuadas. Dentre estas mudanças, pode-se citar a alteração de uso e ocupação do solo, onde coberturas impermeabilizadas, como asfalto e concreto, substituem as coberturas de solo natural. Esses materiais tendem a aumentar a absorção da radiação solar e da quantidade de calor, levando a maiores temperaturas quando comparados a áreas que possuem maior cobertura vegetal (Rodrigues; Quinto Júnior; Gomes Filho, 2023).

Além das mudanças na cobertura do solo, outra problemática encontrada nos centros urbanos são os altos índices de poluição atmosférica advindos das atividades antrópicas, como de fontes veiculares, industriais, uso de energia e padrões de produção e consumo não-sustentáveis. Os poluentes emitidos a partir destas atividades contribuem diretamente para o efeito estufa, que está intimamente ligado ao aquecimento global. Segundo dados do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (*Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC*, 2023), entre 2011 e 2020, o aumento da temperatura global a partir das atividades antrópicas foi registrado em 1,1°C com relação aos anos de 1850-1900.

O fenômeno climático caracterizado pelo aumento das temperaturas em áreas urbanas em comparação com as regiões rurais circundantes é conhecido como Ilhas de Calor Urbano (ICU). Esse efeito é resultante da substituição da vegetação natural por superfícies impermeáveis, como concreto e asfalto, que absorvem e retêm calor. Diversos estudos têm demonstrado a relevância desse fenômeno no contexto das mudanças climáticas globais, uma vez que as ICU podem intensificar os efeitos do aquecimento global, além de impactar

diretamente na qualidade de vida dos habitantes urbanos (Gunawardena; Wells; Kershaw, 2017; Zhou *et al.*, 2019).

A presença de áreas arborizadas pode contribuir de forma bastante significativa para a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas. No caso dos ambientes urbanos, essas áreas são caracterizadas como florestas urbanas, que podem incluir parques, bosques, áreas verdes e ruas arborizadas. Estes ambientes trazem diversos benefícios nas esferas ambiental, social e econômica, pois podem impactar positivamente no aumento da biodiversidade local, no melhoramento da qualidade do ar, na redução de ruídos, no melhoramento da qualidade da água, na diminuição da erosão do solo e no melhoramento da saúde da população, entre outros fatores. Além dos benefícios citados, as florestas urbanas podem favorecer a atenuação dos efeitos das ICU, visto que as áreas verdes são fundamentais para a evapotranspiração e, conseqüentemente, resfriamento das áreas vizinhas. Isto significa que o constante crescimento da malha urbana e de regiões densamente povoadas aliados ao desmatamento podem contribuir para a formação de ICU, de forma que áreas vegetadas podem ser peças fundamentais no resfriamento do microclima urbano (Medeiros *et al.*, 2023).

Caruaru, município localizado no estado de Pernambuco, Brasil, experimenta um rápido crescimento urbano nas últimas décadas. Esse crescimento desordenado, combinado com a falta de planejamento urbano adequado, tem contribuído significativamente para o desenvolvimento de ilhas de calor na região. A análise das ICU em Caruaru é essencial para entender os padrões locais de temperatura e para desenvolver estratégias de mitigação que possam melhorar o conforto térmico da população e reduzir os impactos ambientais negativos (Gunawardena; Wells; Kershaw, 2017). A importância do estudo das ilhas de calor urbanas se torna evidente ao considerar as implicações ambientais, sociais e econômicas do fenômeno. A literatura destaca que as ICU podem exacerbar problemas de saúde pública, aumentar o consumo de energia para resfriamento e contribuir para a degradação ambiental urbana (Gunawardena; Wells; Kershaw, 2017; Ulpiani, 2021).

Desse modo, o objetivo deste estudo consistiu em comparar temperaturas registradas em ruas da área urbana do município de Caruaru-PE, com o intuito de avaliar o impacto da cobertura arbórea no microclima urbano, visto que entender a dinâmica desse fenômeno é crucial para o desenvolvimento de uma urbanização sustentável e resiliente.

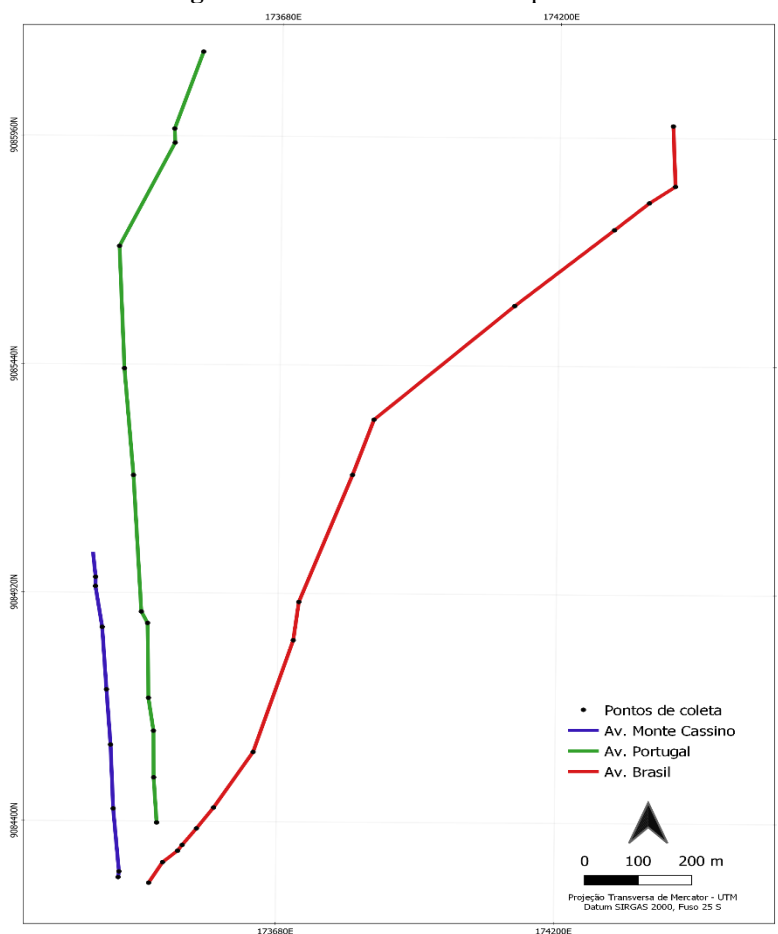
2 METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada no município de Caruaru, localizada no Agreste de Pernambuco, Brasil. A região é caracterizada por um clima semiárido, com verões quentes e secos e invernos amenos e chuvosos. O município tem uma área de 928,1 km², com uma altitude média de 554 metros. As coordenadas geográficas são 08°17'S de latitude e 35°58'W de longitude, a aproximadamente 140,7 km da capital, Recife (Alvares *et al.*, 2013; IBGE, 2024).

Foi realizado um levantamento no perímetro urbano de Caruaru para escolha de uma área que apresentasse diferentes tipos de cobertura do solo (paralelepípedo, asfalto e bloco de concreto) e elementos (árvores e edificações), que podem contribuir para alteração da temperatura.

A área do estudo trata-se de uma região com intercessão entre dois bairros (Universitário e Salgado), da qual três (03) ruas paralelas uma à outra foram escolhidas para realização das medições por apresentarem cobertura e elementos distintos em um curto intervalo espacial (Figura 1).

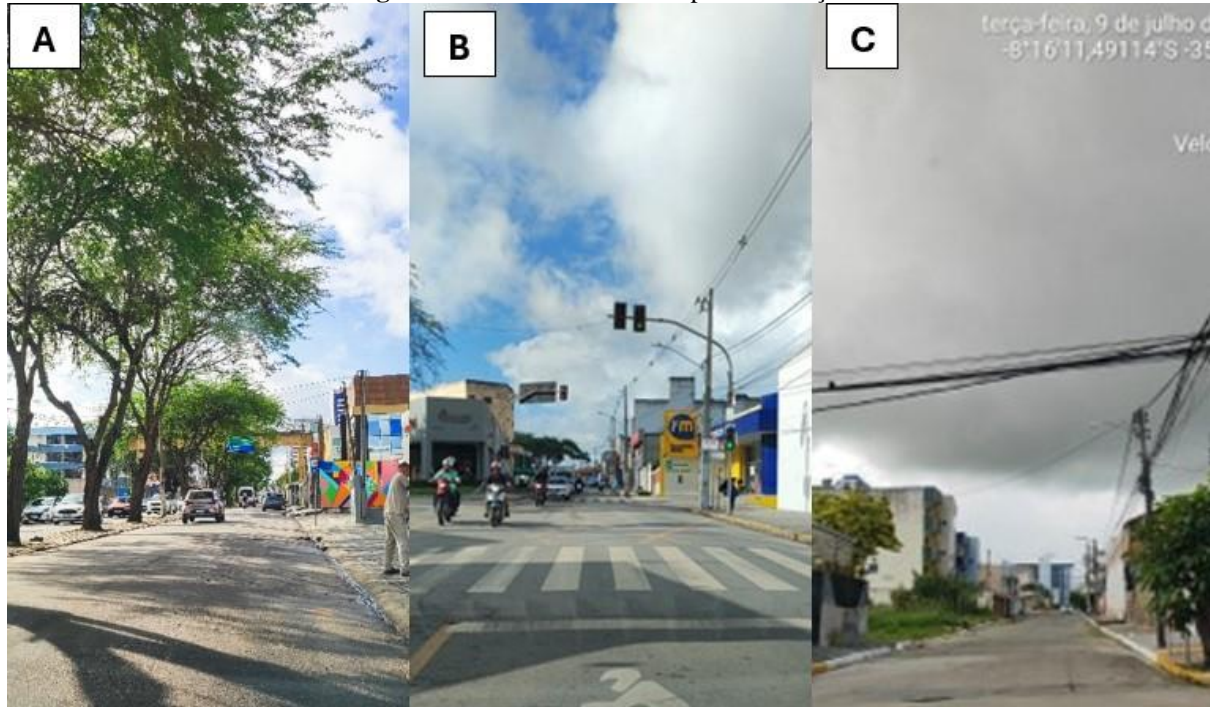
Figura 1: Pontos de coleta e ruas paralelas.



Fonte: Autor próprio, 2024.

As ruas identificadas foram Avenida Portugal, Avenida Brasil e Avenida Monte Cassino (Figura 2), com coberturas predominantes, asfalto com influência de árvores, asfalto com influência de edificações e paralelepípedo, respectivamente.

Figura 2: Avenidas escolhidas para realização do estudo.



Legenda: A = Av. Portugal; B = Av. Brasil; C = Av. Monte Cassino.

Fonte: Autor próprio, 2024.

Para obtenção das medidas, foi utilizada uma Pistola de Medição de Temperatura de marca e fabricante denominados EVTSCAN. Ao identificar a alteração de cobertura e/ou elementos construtivos e de infraestrutura, o equipamento era direcionado a cobertura e realizado a captura da temperatura após seu tempo de estabilização.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, podem-se observar as temperaturas registradas nos 36 pontos das três avenidas estudadas. Percebe-se que a temperatura local pode variar significativamente com base no tipo de cobertura do solo presente. Diferentes tipos de coberturas afetam a radiação solar absorvida pelo solo, a retenção de calor, a evaporação e outras propriedades térmicas.

Tabela 1: Temperaturas determinadas por tipo de cobertura.

| Ponto | Rua/Avenida | Lat | Long | T (°C) | Cobertura |
|-------|-------------|--------------|---------------|--------|-----------|
| 1 | Av. Brasil | 8°15'28,31"S | 35°57'18,62"W | 39,9 | asfalto |



| | | | | | |
|----|-------------------|--------------|---------------|------|------------------------------------|
| 2 | Av. Brasil | 8°15'32,78"S | 35°57'18,49"W | 42,5 | asfalto |
| 3 | Av. Brasil | 8°15'3400"S | 35°57'20,08"W | 29,7 | asfalto + Árvore |
| 4 | Av. Brasil | 8°15'35,99"S | 35°57'22,21"W | 42,1 | asfalto |
| 5 | Av. Brasil | 8°15'41,60"S | 35°57'28,30"W | 40,0 | Bloco concreto |
| 6 | Av. Brasil | 8°15'50,01"S | 35°57'36,89"W | 45,4 | concreto |
| 7 | Av. Brasil | 8°15'54,10"S | 35°57'38,20"W | 36,8 | asfalto + Árvore |
| 8 | Av. Brasil | 8°16'03,50"S | 35°57'41,48"W | 35,6 | Concreto + sombra edificação |
| 9 | Av. Brasil | 8°16'06,33"S | 35°57'41,82"W | 30,2 | Concreto |
| 10 | Av. Brasil | 8°16'14,60"S | 35°57'44,27"W | 38,4 | asfalto |
| 11 | Av. Brasil | 8°16'18,71"S | 35°57'46,68"W | 25,3 | concreto + Árvore |
| 12 | Av. Brasil | 8°16'20,26"S | 35°57'47,73"W | 31,1 | asfalto |
| 13 | Av. Brasil | 8°16'21,48"S | 35°57'48,60"W | 22,7 | paralelepípedo + sombra edificação |
| 14 | Av. Brasil | 8°16'21,91"S | 35°57'48,88"W | 24,2 | bloco concreto + sombra edificação |
| 15 | Av. Monte Cassino | 8°16'24,28"S | 35°57'50,65"W | 26,1 | paralelepípedo + sombra edificação |
| 16 | Av. Monte Cassino | 8°16'23,86"S | 35°57'52,51"W | 25,3 | paralelepípedo |
| 17 | Av. Monte Cassino | 8°16'23,44"S | 35°57'52,46"W | 29,4 | paralelepípedo |
| 18 | Av. Monte Cassino | 8°16'18,78"S | 35°57'52,81"W | 23,4 | paralelepípedo + Árvore |
| 19 | Av. Monte Cassino | 8°16'14,05"S | 35°57'52,97"W | 24,5 | paralelepípedo |
| 20 | Av. Monte Cassino | 8°16'09,96"S | 35°57'53,22"W | 24,7 | paralelepípedo |
| 21 | Av. Monte Cassino | 8°16'5,34"S | 35°57'53,48"W | 19,9 | paralelepípedo + Árvore |
| 22 | Av. Monte Cassino | 8°16'02,31"S | 35°57'53,89"W | 25,3 | paralelepípedo + sombra edificação |
| 23 | Av. Monte Cassino | 8°16'01,63"S | 35°57'53,88"W | 29,7 | paralelepípedo |
| 24 | Av. Portugal | 8°16'22,76"S | 35°57'49,80"W | 27,2 | asfalto + Árvore |
| 25 | Av. Portugal | 8°16'19,82"S | 35°57'50,16"W | 25,9 | asfalto + Árvore |
| 26 | Av. Portugal | 8°16'16,48"S | 35°57'50,34"W | 30,9 | asfalto + Árvore |
| 27 | Av. Portugal | 8°16'13,03"S | 35°57'50,35"W | 26,1 | asfalto + Árvore |
| 28 | Av. Portugal | 8°16'10,59"S | 35°57'50,66"W | 33,2 | asfalto |
| 29 | Av. Portugal | 8°16'05,05"S | 35°57'50,71"W | 31,3 | asfalto |
| 30 | Av. Portugal | 8°16'04,20"S | 35°57'51,09"W | 28,7 | asfalto + Árvore |
| 31 | Av. Portugal | 8°15'54,10"S | 35°57'51,57"W | 26,2 | asfalto + Árvore |
| 32 | Av. Portugal | 8°15'46,19"S | 35°57'52,12"W | 25,3 | asfalto + Árvore |
| 33 | Av. Portugal | 8°15'37,14"S | 35°57'52,42"W | 29,4 | asfalto |
| 34 | Av. Portugal | 8°15'28,49"S | 35°57'49,02"W | 28,8 | asfalto |
| 35 | Av. Portugal | 8°15'28,46"S | 35°57'49,05"W | 29,8 | asfalto |
| 36 | Av. Portugal | 8°15'22,76"S | 35°57'47,68"W | 29,4 | asfalto |

Fonte: Autor próprio, 2024.

No solo com cobertura vegetal, como árvores e gramíneas, observaram-se temperaturas inferiores a 30°C, ou seja, uma temperatura moderada, pois a cobertura vegetal absorve parte da radiação solar e reduz a quantidade que atinge diretamente o solo. Pesquisas indicam que a presença de vegetação pode atenuar os efeitos das ilhas de calor urbano, fenômeno onde áreas urbanas experimentam temperaturas significativamente mais altas do que as áreas rurais circundantes devido à alta concentração de superfícies construídas que absorvem e retêm calor (Qi *et al.*, 2022).

A vegetação proporciona menor variação entre temperaturas diurnas e noturnas em comparação com o solo nu e a cobertura vegetal oferece sombra durante o dia e isolamento durante a noite, diminuindo os efeitos de ilhas de calor. Para mais, a vegetação nas áreas urbanas colabora para uma menor taxa de evaporação, pois as árvores e outras plantas reduzem a exposição direta do solo ao sol e podem aumentar a umidade relativa próxima ao solo, melhorando a sensação térmica local (Huryna e Pokorný, 2016).

Quando comparado os locais com o solo revestido com asfalto e revestido com paralelepípedo, percebemos que o asfalto tende a absorver e reter mais calor devido à sua cor escura e composição, resultando em temperaturas de superfície mais altas, especialmente durante o verão, absorvendo mais de 90% da radiação solar incidente. Tal fato contribui significativamente para o efeito de ilhas de calor urbano, onde essas áreas urbanas são mais quentes que as áreas circundantes (Hu *et al.*, 2021).

Já em relação aos paralelepípedos, especialmente quando são de cores mais claras, tendem a refletir mais luz solar e a reter menos calor que o asfalto, resultando em temperaturas de superfície mais baixas. Dessa forma, contribuem menos para o efeito de ilha de calor urbano comparado ao asfalto (Vujovic *et al.*, 2021).

Estudos recentes têm focado em tecnologias de pavimentação que buscam mitigar esse efeito, como revestimentos refletivos que aumentam a refletividade do asfalto e reduzem sua temperatura superficial. Esses revestimentos podem reduzir a temperatura do asfalto em até 20°C em condições ideais (Gong *et al.*, 2022).

Destaca-se também, que o asfalto cria uma superfície impermeável que impede a infiltração de água no solo, aumentando o escoamento superficial e o risco de enchentes, enquanto o paralelepípedo oferece uma permeabilidade relativa, pois a água pode infiltrar-se através dos espaços entre eles, reduzindo o escoamento superficial e ajudando a recarregar os aquíferos. Além dos efeitos do asfalto sobre o conforto térmico da cidade, é importante pontuar

também que a produção de asfalto envolve a emissão de gases de efeito estufa e poluentes, que aumentam as temperaturas globais.

Quando da presença de árvores em solos recobertos de asfalto, percebe-se uma redução da temperatura local. No entanto, essa redução de temperatura ainda é maior quando comparada a regiões onde se têm essas árvores, mas o revestimento do solo é de paralelepípedos.

4 CONCLUSÃO

Ficou evidenciado que a arborização urbana contribui para a atenuação local da temperatura e minimização dos agravos das ICUs, conforme temperaturas levantadas nos pontos onde existem indivíduos arbóreos, se apresentando como uma medida urgente a ser implantada em áreas com maiores índices de temperaturas nos grandes centros urbanos.

É possível observar que os materiais que compõem a infraestrutura viária têm contribuição direta nas variações de temperatura, sendo que esta variação depende diretamente dos constituintes que formam os materiais, sua tonalidade de cor e aplicação.

Faz-se necessário que os novos projetos de urbanização e infraestrutura apresentem materiais e tecnologias sustentáveis para mitigar a ocorrência do fenômeno da ilha de calor. Novos projetos de arborização precisam ser disseminados e implementados nos centros urbanos do Semiárido Nordeste, possibilitando amenizar as temperaturas e melhorar o conforto térmico.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 1 dez. 2013.

GUNAWARDENA, K. R.; WELLS, M. J.; KERSHAW, T. Utilising green and bluespace to mitigate urban heat island intensity. **Science of the Total Environment**, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.158>. Acesso em: 08 jul. 2024.

GONG, Zhenlong; ZHANG, Letao; WU, Jiayi; XIU, Zhao; WANG, Linbing; MIAO, Yinghao. Review of regulation techniques of asphalt pavement high temperature for climate change adaptation. **Journal Of Infrastructure Preservation And Resilience**, [S.L.], v. 3, n. 1, p. 1-18, 3 jul. 2022. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1186/s43065-022-00054-5>.

HU, Kui; CHEN, Yujing; CHEN, Guixiang; DUAN, Yuzhou; YU, Caihua. Proposed Cool Coatings with High Near-Infrared Reflectance and Heat Insulation for Asphalt Pavement.



Coatings, [S.L.], v. 11, n. 1, p. 85, 13 jan. 2021. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/coatings11010085>.

HURYNA, Hanna; POKORNÝ, Jan. The role of water and vegetation in the distribution of solar energy and local climate: a review. **Folia Geobotanica**, [S.L.], v. 51, n. 3, p. 191-208, set. 2016. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s12224-016-9261-0>.

IBGE. Brasil. **Cidades e Estados: Caruaru**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pe/caruaru.html>. Acesso em: 08 jul. 2024.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2023: Synthesis Report**. Summary for Policymakers. A Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Genebra, Suíça, 2023.

MEDEIROS, Mirela Oliveira; PATRIOTA, Eduardo Gonçalves; SILVA, Luiz Bueno; COELHO, Victor Hugo Rabelo. A relação entre ilhas de calor urbana superficial, ocupação do solo e conforto térmico: um estudo da cidade de João Pessoa, Brasil. **XVII Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído; XIII Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído**, São Paulo, SP, 2023.

QI, Yansu; LI, Han; PANG, Zonglin; GAO, Weijun; LIU, Chao. A Case Study of the Relationship Between Vegetation Coverage and Urban Heat Island in a Coastal City by Applying Digital Twins. **Frontiers In Plant Science**, [S.L.], v. 13, n. 1, p. 1-15, 26 abr. 2022. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2022.861768>.

RODRIGUES, Rílden Gomes; QUINTO JÚNIOR, Luís de Pinedo; GOMES FILHO, Hélio. Ilhas de calor urbano: revisão sistemática das metodologias para classificação da área urbana em zonas climáticas locais. **Anais do XX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, INPE, Florianópolis, SC, 2023.

ULPIANI, Giulia. On the linkage between urban heat island and urban pollutio island: three-decade literature review towards a conceptual framework. **Science of the Total Environment**, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141727>. Acesso em: 08 jul. 2024.

VUJOVIC, Svetlana; HADDAD, Bechara; KARAKY, Hamzé; SEBAIBI, Nassim; BOUTOUIL, Mohamed. Urban Heat Island: causes, consequences, and mitigation measures with emphasis on reflective and permeable pavements. **Civileng**, [S.L.], v. 2, n. 2, p. 459-484, 9 jun. 2021. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/civileng2020026>.

ZHOU, Decheng; XIAO, Jingfeng; BONAFONI, Stefania; BERGER, Christian; DEILAMI, Kaveh; ZHOU, Yuku; FROLKING, Steve; YAO, Rui; QIAO, Zhi; SOBRINO, José A. Satellite remote sensing of surface urban heat islands: progress, challenges, and perspectives. **Remote Sensing**, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/rs11010048>. Acesso em: 08 jul. 2024.