



ANÁLISE DAS MODIFICAÇÕES NAS ÁREAS INDUSTRIAIS DA ZONA OESTE DE FORTALEZA POR MEIO DA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE ENTRE 1985 E 2020

Analysis of changes in industrial areas in the west area of Fortaleza using land surface temperature between 1985 and 2020

Análisis de cambios en zonas industriales en la zona oeste de Fortaleza utilizando temperatura de la superficie entre 1985 y 2020

Chris Anelise Costa Campos  

Universidade Federal do Ceará
chris.anelise@gmail.com

Maria Elisa Zanella  

Universidade Federal do Ceará
elisazv22@gmail.com

Resumo: O desenvolvimento das cidades acelerou as transformações do meio natural para o urbano trazendo consigo diferentes impactos ambientais e sociais. Entre os problemas associados, destaca-se o aumento da temperatura de superfície da cidade como um todo. Grandes áreas impermeabilizadas, mudança do uso e cobertura do solo, usos de materiais que absorvem e retêm mais radiação solar e pelo calor antropogênico são fatores que aumentam a temperatura de superfície terrestre (TST), influenciando na temperatura do ar e gerando adversidades para os habitantes. Portanto, a análise da TST pode ser um importante indicador para avaliar os efeitos das transformações urbanas dentro da cidade. A relevância desse estudo está no potencial de embasar futuras decisões de planejamento urbano direcionadas a uma melhor qualidade de vida para a população. Diante disso, esta pesquisa tem como objetivo analisar as relações entre a temperatura de superfície e as transformações do uso do solo ocorridas entre 1985 e 2020, através do desenvolvimento de mapas de TST, análise de imagens aéreas e busca na literatura sobre as modificações que ocorreram em áreas que já foram ou ainda são industriais na zona Oeste de Fortaleza. Os resultados mostraram que apesar de o espaço de algumas indústrias terem sido transformados e estarem atualmente apenas com o solo exposto, mesmo que seja uma área livre e permeável, houve um aumento na TST, demonstrando que esses espaços necessitam de sombreamento, preferencialmente por vegetação, para a amenização a TST.

Palavras-chave: Temperatura de superfície terrestre. Uso e cobertura do solo. Clima urbano.

Abstract: The cities' development has been accelerating transformations from the natural to the urban environment, which brings various environmental and social impacts. Among the associated problems, it is possible to highlight the surface temperature increase of the city as a whole. Large impermeable areas, changes in land use and coverage, use of materials that absorb and retain more solar radiation, and the anthropogenic heat increase the land surface temperature (LST), influencing the air temperature and generating adversities for the population. Therefore, LST analysis can be a significant indicator for evaluating the effects of urban transformations within the city. The study's importance lies in its potential to support future urban planning decisions aimed at a better quality of life for the population. Thus, this research aims to analyze the relationship between surface temperature and land use changes between 1985 and 2020 through the development of LST maps, analysis of aerial images, and a literature search for changes that occurred in areas that were or still are industrial in the west region of Fortaleza. The results showed that although the space of some industries has been transformed, and there is exposed soil even in a free and permeable area, there was an increase in LST. Then, this demonstrates that these spaces require shading, preferably by vegetation, to attenuation LST.

Keywords: Land surface temperature. Land use and cover. Urban climate.

Resumen: El desarrollo de las ciudades ha acelerado las transformaciones del entorno natural para el urbano, trayendo consigo diferentes impactos ambientales y sociales. Entre los problemas asociados, se puede destacar el aumento de la temperatura superficial de la ciudad. Grandes áreas impermeables, cambios en el uso y cobertura del suelo, uso de materiales que absorben y retienen más radiación solar y el calor antropogénico son factores que aumentan la temperatura superficial terrestre (TST), influyendo también en la temperatura del aire y generando adversidades en la población. Por lo tanto, el análisis TST puede ser un indicador importante para evaluar los efectos de las transformaciones urbanas dentro de la ciudad. La importancia de este estudio radica en su potencial para apoyar futuras decisiones de planificación urbana orientadas a una mejor calidad de vida de la población. Así, esta investigación tiene como objetivo analizar las relaciones entre la temperatura superficial y los cambios de uso del suelo ocurridos entre 1985 y 2020, mediante el desarrollo de mapas de TST, análisis de imágenes aéreas y una búsqueda en la literatura sobre los cambios ocurridos en las áreas que eran o son industriales en la zona oeste de Fortaleza. Los resultados mostraron que si bien el espacio de algunas industrias se ha transformado y actualmente solo existe un suelo expuesto, aunque sea un área libre y permeable, hubo un aumento en la TST, demostrando que estos espacios requieren sombra, preferentemente por vegetación, para mitigar la TST.

Palabras clave: Temperatura de la superficie terrestre. Uso y cobertura del suelo. Clima urbano.

Submetido em: 18/11/2023

Aceito para publicação em: 16/08/2024

Publicado em: 08/09/2024

1. INTRODUÇÃO

As significativas mudanças na paisagem natural que surgem com o desenvolvimento das cidades são capazes de influenciar o balanço energético superficial trazendo impactos negativos para os seres vivos (OKE, 1982). As transformações decorrentes desse desenvolvimento são em parte advindas das mudanças sociais, incluindo o aumento populacional, que impactam na organização territorial das cidades e nas suas construções, com alterações do uso do solo e também dos materiais construtivos (FAHMY; ABDELFATAH; EL-FIKY, 2023).

O desequilíbrio energético urbano repercute em temperaturas mais altas, tanto do ar quanto da superfície, ao serem comparadas com ambiente não construído, causando intenso desconforto térmico aos seus habitantes (NICE *et al.*, 2022). No geral, os centros das cidades apresentam uma temperatura mais elevada do que seus arredores com menos intervenções humanas, fenômeno conhecido como Ilhas de Calor Urbano - ICU (OKE, 1982).

De acordo com Nice *et al.* (2022), o clima urbano sofre influência de quatro fatores principais: a forma urbana, relacionada aos espaços livres e construídos, o tecido urbano, referente aos tipos de materiais presentes nas cidades, incluindo naturais e artificiais, a função urbana, que diz respeito à emissão de calor, umidade e poluentes e, por fim, o clima e a geografia pertencentes à região. Segundo Amorim (2019), esses elementos influenciam na formação das ICU, destacando-se a questão da urbanização e suas grandes áreas impermeabilizadas e a concentração de atividades humanas que geram calor antropogênico.

Diferentes áreas de uma mesma cidade podem ter um microclima local que afeta na sensação térmica da população. Essas áreas sofrem constantemente com a influência das características dos materiais utilizados nos sistemas de infraestrutura e nos edifícios (GUILHERME *et al.*, 2020). Isso está associado ao fato de que cada material possui propriedades capazes de absorver a radiação solar e reter o calor. Já os espaços verdes, mesmo absorvendo a radiação, utilizam uma parte dela para o processo de evapotranspiração, de modo a amenizar a temperatura local (BOKAIE *et al.*, 2016).

Nesse sentido, essas propriedades de aquecimento e radiação dos materiais relacionam-se com o conceito de temperatura de superfície terrestre (TST). Uma elevada TST indica que o material absorve grande energia da radiação solar e a transforma em calor e que

a reflectância deste, conhecida como albedo, é pequena. Dessa forma, a energia incidida e o albedo são os fatores mais significativos para a temperatura de superfície (GIORDANO; KRUGER, 2013). O calor retido irá afetar na temperatura e umidade do ar (STEWART; OKE, 2012), por isso, a TST é um dos fatores mais importantes que influenciam na formação das ICU (LIU; ZHANG, 2011).

As altas temperaturas podem afetar a população de diferentes formas: através do aumento de doenças cardiovasculares (RAMARAJ R; ALPERT JS, 2008 apud RYDIN *et al.*, 2012) e respiratórias (JAAFARI *et al.*, 2020), pelo aumento no gasto de energia para resfriamento interno e pela queda na qualidade de vida (LUCENA, 2013). Dessa forma, analisar a presença das ICU ou a temperatura de superfície é importante para que se possam realizar intervenções urbanísticas a fim de mitigar os problemas advindos pelo fenômeno.

Portanto, compreendendo os fatores que influenciam o clima urbano, esta pesquisa tem como objetivo analisar a relação entre o uso e cobertura do solo e as mudanças da TST. Como área de estudo, tem-se a zona oeste da cidade de Fortaleza, pontuando-se lotes ou glebas que já serviram de local para atividades industriais e que hoje estão vazias ou receberam novos usos. O recorte temporal proposto vai de 1985 a 2020, período em que é possível observar desde fábricas mais antigas em atividade até o período atual.

A região escolhida é caracterizada pelo intenso processo de urbanização que foi surgindo a partir da expansão do centro da cidade, no final do século XIX, com a chegada da rede ferroviária e com a concentração de indústrias implantadas no local. Logo, a zona oeste foi sendo ocupada tanto por trabalhadores das fábricas quanto por uma camada mais pobre da população que não tinha condições de habitar os bairros mais nobres da cidade (CAVALCANTI, 2018).

Esse processo culminou em uma região com poucas áreas verdes e baixo índice de vegetação urbana. Alguns estudos apresentam essa área como uma das mais quentes do município. Moura, Zanella e Sales (2008), por exemplo, salientam que os setores de Fortaleza em que se concentram as ICU são: sudoeste, oeste, noroeste e a região central da cidade.

No estudo realizado por Pinheiro (2017), que analisa a evolução urbana e a TST em Fortaleza entre os anos de 1980 e 2000, os resultados mostraram que a porção norte da cidade, que inclui os bairros selecionados nesta pesquisa, apresentou altas temperaturas no decorrer do estudo. Pinheiro (2017) destaca que a urbanização foi um fator que colaborou

para as altas TST de toda a cidade, mas, como esse setor já estava bem consolidado, o crescimento da temperatura de superfície foi maior em outras áreas da cidade que foram se desenvolvendo durante o recorte temporal.

Por fim, para atingir os objetivos desta pesquisa, serão analisados mapas de temperatura de superfície para acompanhar as mudanças que aconteceram no decorrer do tempo e associá-las ou não às transformações do uso do solo, diferenciando-se de outras pesquisas pelo uso da microescala urbana e escolha dos alvos de análise. Dessa maneira, é possível apontar prováveis fatores que possam ser considerados como motivadores da mudança ou não da TST em cada lote ou quadras selecionadas na zona oeste de Fortaleza.

2. METODOLOGIA

2.1. Área de Estudo

De acordo com Ascher (2010), o desenvolvimento das cidades inicia-se ainda no período renascentista, mas destaca-se principalmente a partir da Revolução Industrial. Nessa fase, as cidades recebem um elevado contingente de pessoas vindas do campo e a paisagem urbana começa a se modificar com o surgimento de fábricas, expansão dos limites da malha urbana e com o desenvolvimento tecnológico, como iluminação e transportes.

A presença das indústrias dentro do contexto urbano foi marcante devido às suas dimensões, número de trabalhadores, assim como por problemas referentes à poluição. Quando em muitas cidades deixou-se de ser estratégico manter as indústrias próximas aos centros urbanos, houve um processo de desindustrialização, no qual várias fábricas, a partir das novas tendências globais de reorganização da atividade do setor secundário, optaram por novas localizações, em geral, distante das cidades mais populosas.

Em Fortaleza, no Ceará, a atividade industrial juntamente com a expansão da rede ferroviária foi determinante no processo de expansão e desenvolvimento da cidade (SILVA, 1992). A zona industrial mais forte e dinâmica ficava à oeste do centro da capital, sendo orientada principalmente pela Avenida Francisco Sá e pelos trilhos da Estrada de Ferro de Sobral. Todavia, a zona também sofreu com o fenômeno de desindustrialização que levou fábricas a fecharem ou transferirem suas atividades para outras localidades, muitas delas para

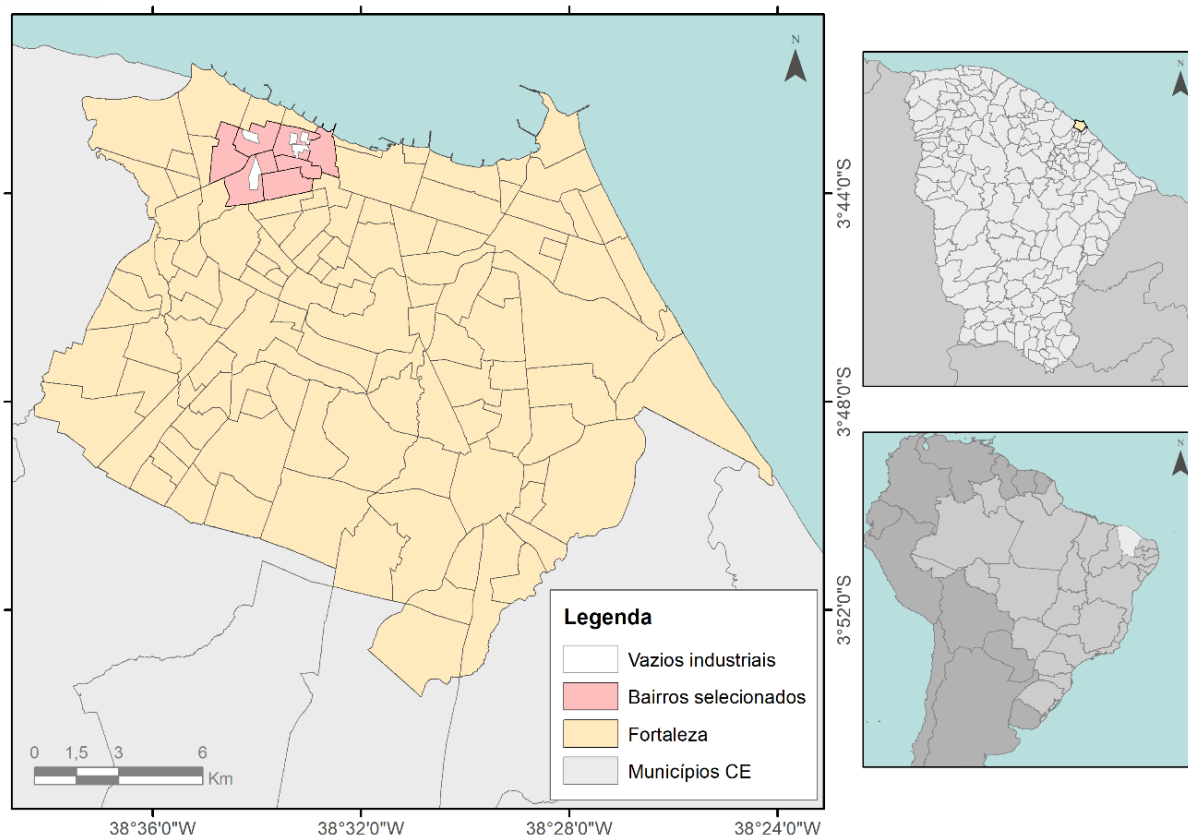
a Região Metropolitana por meio de incentivos fiscais e financeiros (CABRAL; MUNIZ; SAMPAIO, 2019).

Todo esse processo de instalação de indústrias, apogeu das suas atividades e depois sua retirada, repercutiu no tecido urbano e na questão do uso e cobertura do solo de forma visível e direta, impactando a região e seus moradores (CAMPOS, 2023). Dessa forma, o presente estudo busca conhecer as relações entre a mudança do uso do solo nessa antiga zona industrial de Fortaleza e a temperatura de superfície.

Para a análise do fenômeno, recorreu-se a lotes que já foram destinados à atividade industrial e que hoje estão em diferentes situações: receberam um novo uso, estão em processo de transformação, são vazios ou espaços subutilizados. O último termo refere-se a lotes que possuem uma área construída inferior ao índice de aproveitamento mínimo exigido pelo plano diretor para a sua zona. A seleção desses lotes deu-se por meio do trabalho de pesquisa de Cavalcanti (2018), o qual foram identificados terrenos que pertencem ou pertenciam a indústrias na zona Oeste de Fortaleza e quais suas mudanças no recorte de 2000 e 2018.

Cavalcanti (2018) identificou 24 vazios industriais, este termo refere-se a terrenos ou construções que se encontram em estado de vacância, abandonados ou subutilizados, quando possuem um uso, mas a área construída do terreno é inferior ao índice de aproveitamento mínimo indicado pelo Plano Diretor de Fortaleza. Para esta pesquisa utilizou-se cinco dos mais significativos espaços industriais em questões de tamanho e que ainda se encontram dentro do conceito de vazio industrial. Eles se localizam nos seguintes bairros: Álvaro Weyne, Carlito Pamplona e Presidente Kennedy. Entretanto, para uma melhor visualização nos mapas, foram acrescentados os bairros: Ellery, Floresta, Monte Castelo, São Gerardo e uma parte do Jacarecanga (Figura 1).

Figura 1 - Mapa de localização dos bairros selecionados em Fortaleza -CE



Fonte: Seuma (2024).

2.2. Temperatura de Superfície

Como o propósito da pesquisa é analisar a relação entre as mudanças de uso do solo e as alterações ocorridas na temperatura de superfície em um determinado período de tempo, optou-se pelo desenvolvimento de mapas de TST através do software ArcGis (10.5). Para a obtenção de imagens de satélite que proporcionassem a execução dos mapas de TST, recorreu-se ao site do Serviço de Levantamento Geológico Americano (Serviço de Levantamento Geológico Americano - USGS). Os satélites indicados para obtenção dos dados de temperatura foram os 5 e 8 da série Landsat (PINHEIRO; LARANJEIRA, 2023).

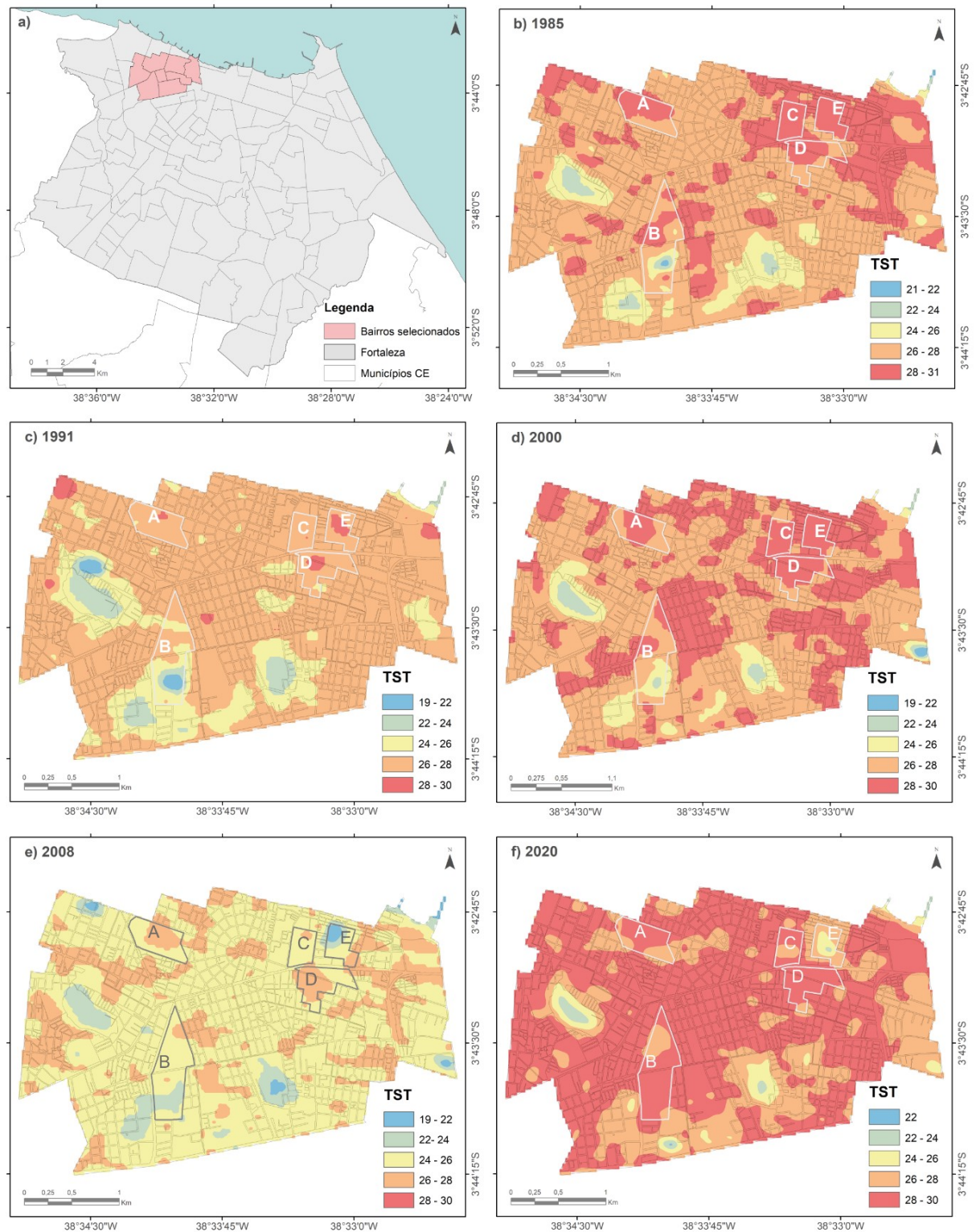
Como o ano mais antigo do Landsat 5 data de 1983, decidiu-se por fazer o recorte temporal a partir dessa data e depois de dez em dez anos. Devido a presença de nebulosidade em alguns anos, fator que interfere nos cálculos de TST que são disponibilizados pelo USGS, os anos escolhido foram 1985, seguido por 1991, 2000, 2008 e 2020, entre os meses de julho e setembro, que estão dentro do período seco do local, para que houvesse a menor interferência das nuvens nas medições. Nos quatro primeiros anos os cálculos foram feitos

dados da banda de infravermelho termal 6 do Landsat 5, com comprimento de onda entre 10.40 e 12.50 μm , enquanto no ano de 2020, com dados da banda termal 10 do Landsat 8, cujo comprimento de onda está entre 10.30 e 11.30 μm .

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nos mapas da Figura 2, foi possível fazer uma análise comparativa sobre as mudanças da TST na área de estudo e focar nas cinco áreas selecionadas. Os dados são de fácil assimilação, onde o vermelho representa a maior classe de temperatura de superfície registrada, enquanto o azul representa a classe de menor temperatura.

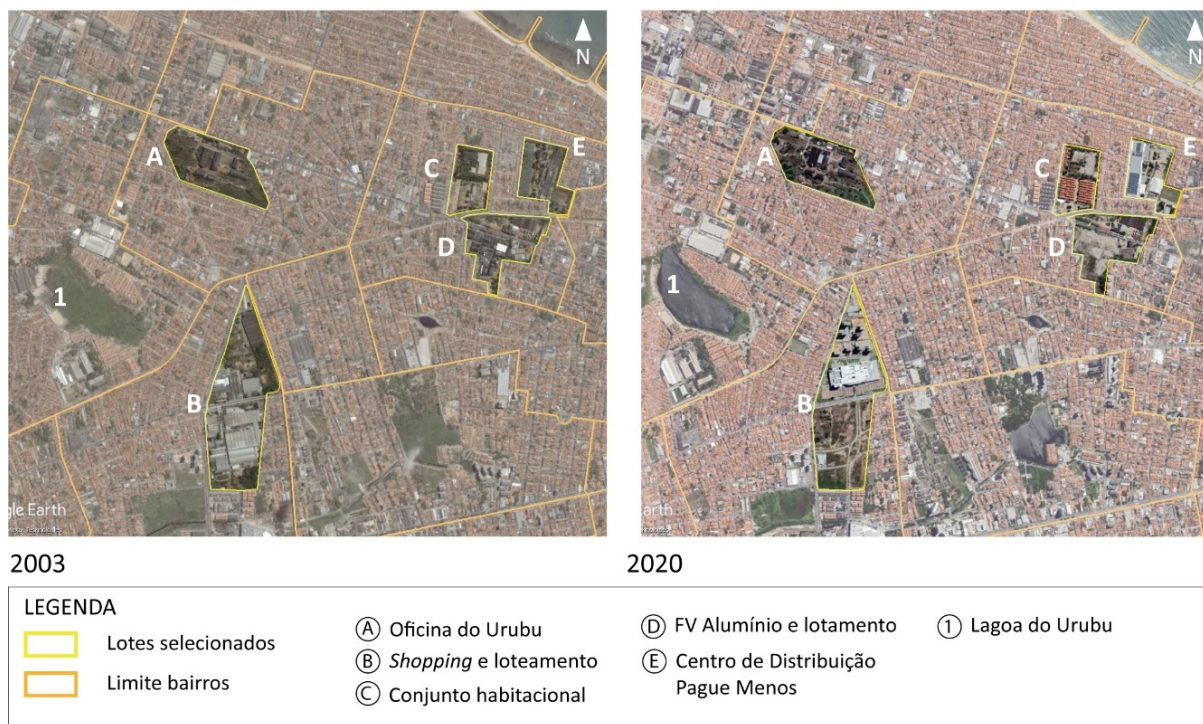
Figura 2- Comparativo entre os mapas de TST da zona oeste de Fortaleza – CE de 1985 a 2020, onde as cores representam as TST, da menor em azul até a maior em vermelho.



Para uma melhor avaliação dos dados obtidos nos mapas, propõe-se aqui discuti-los a partir de cada vazão industrial escolhido representados no mapa acima pelas letras A, B, C, D e E. Dessa forma, será possível comentar sobre as mudanças da TST em conjunto com

informações sobre as transformações do uso do solo verificadas através da literatura e por imagens aéreas do Google Earth (2024) em diferentes anos (Figura 3).

Figura 3 - Comparativo entre imagens aéreas da área entre 2003 e 2020.



Fonte: Adaptação do Google Earth (2024).

A Tabela 1 apresenta os dados de temperatura mínima e máxima do ar nas datas referentes aos cinco anos selecionados, bem como a pluviosidade anual, a fim de avaliar se as chuvas do ano poderiam ter contribuído para o fortalecimento da vegetação existente e no desenvolvimento de espécies espontâneas surgidas em espaços livres e, assim, auxiliar na redução das TST na área (Tabela 1).

Tabela 1 - Temperatura mínima e máxima dos lotes na data de registro e total pluviométrico anual de Fortaleza

Ano	Temperatura mínima (°C)	Temperatura máxima (°C)	Total pluviométrico (mm)
1985	22,3	30,6	2836,0
1991	21,6	30,7	1548,7
2000	22,3	30,8	1673,2
2008	23,4	33,2	1378,8
2020	21,8	31,4	2011,3

Fonte: INMET e FUNCEME (2024).

a) Vazio A: Oficina do Urubu (OUR)

Com uma área com mais de 165 mil metros quadrados, o local corresponde a uma Oficina Modelo da antiga Rede de Viação Cearense, construída em 1930, conta com dois grandes galpões e uma casa administrativa que fazem parte do patrimônio histórico ferroviário do Estado. Seu uso era destinado principalmente à manutenção e construção de locomotivas (FAÇANHA; DIÓGENES; DIÓGENES, 2021).

Atualmente, os responsáveis pela OUR são a Transnordestina Logística S/A e a Ferrovia Transnordestina Logística, atuando no transporte de cargas (CAVALCANTI, 2018). Apesar de possuir um uso vigente, o valor correspondente à área construída em relação ao tamanho do terreno faz com que o índice de aproveitamento seja abaixo do apresentado para a zona (ZOP 1 – Zona de Ocupação Prioritária 1), tendo sido classificado como terreno subutilizado.

Na Figura 2B a OUR, correspondente ao vazio A, já existia e permanece com poucas alterações da sua estrutura no decorrer do tempo até 2020, como é possível verificar na Figura 3. Assim, a mudança da TST nos cinco mapas é pequena, apresentando manchas que variaram entre 26°C e 30°C, representadas pelas cores laranja e vermelho, exceto pelo ano de 2008 com manchas entre 24 e 28°C. No ano de 1985 a média da TST no lote foi de 28,2°C, em 1991, a média esteve em 26,7°C, em 2000, 28,1°C, em 2008, 25,8°C, e por fim, em 2020 tem-se uma média de 28,1°C.

Em 1985, 2000 e 2020 o terreno tem predominância de temperaturas mais quentes, em especial ao centro e na parte norte onde ficam localizadas as edificações; a temperatura diminui na parte mais ao sul e sudeste do terreno. A possível explicação para a diminuição da temperatura nessa região está na presença de um provável afloramento de lençol freático, além disso, a vegetação do seu entorno fica mais compacta em relação ao restante do terreno (CAMPOS, 2023).

Por imagens aéreas (Figura 4) é possível ver algumas características do terreno, como a pouca vegetação que se encontra espalhada e a grande área permeável com solo exposto, fatos que contribuem com o aumento da TST do local. Dentro do período de análise, é possível ver a preservação das árvores dentro do terreno, enquanto no seu entorno houve a supressão de várias espécies que contribuíam com a amenização da TST.

Figura 4 - Comparativo entre imagens aéreas da OUR entre 2003 e 2020.



Fonte: Adaptado de Google Earth (2024).

b) Vazio B: *Shopping Rio Mar Kennedy* e loteamento

A área de análise B corresponde a duas grandes glebas: a superior onde localizam-se o *shopping* Rio Mar Kennedy e seu empreendimento *Boulevard Shopping Residence* e a inferior, com novos usos diversificados. Na primeira, existiram duas fábricas do setor têxtil, ambas estavam em atividade em 1985, no entanto a mais ao norte foi fechada em 1987, enquanto a outra não foi identificado o ano de encerramento das atividades (CAVALCANTI, 2018).

Na segunda gleba, uma única fábrica ocupava todo o espaço, suas atividades começaram em 1973 e se encerraram no final da década de 2000 quando passa a ser um edifício vacante. As três fábricas permaneceram com toda a sua estrutura no terreno até o ano de 2012.

Em relação à TST, pode-se observar na Figura 2 que o local sofreu diferentes alterações nos cinco mapas. A área mais ao norte é uma região mais quente representada pelas cores vermelho e laranja, já na fábrica ao sul a TST se apresenta mais amena com uma pequena área com temperatura entre 21° e 22° C sendo menor do que a Lagoa do Urubu, corpo hídrico próximo ao local, cuja TST durante os anos observados se mostraram mais constantes.

Dessa forma, apesar de o terreno inferior ser intensamente ocupado pela estrutura da fábrica até 2010, vê-se a amenidade da temperatura de tal forma como se houvesse um ponto de massa arbórea ou hídrico, levando à questão de insuficiência de dados para analisar a ocorrência. Entretanto, seu entorno possui menores TST devido à proximidade de áreas verdes como o Parque Raquel de Queiroz e de drenagem, como o Riacho Alagadiço. Esse fato

permanece nos seguintes anos de 1991 e 2000.

Em 2008 (Figura 2e), as temperaturas são mais amenas em comparação com os outros anos, inclusive o próprio vazão B apresenta essa amenidade. Nesse caso, como não houve mudanças no uso e cobertura do solo é possível que a influência tenha vindo de fatores climáticos característicos do ano. Entretanto, a partir da Tabela 1, é possível ver que foi um ano com temperaturas maiores do que os outros analisados e com menor total pluviométrico anual registrado.

A maior mudança acontece em 2020 (Figura 2f), quando já existe o *shopping* e suas torres residenciais e o loteamento. Na parte superior, em uma porção um pouco mais centralizada, encontram-se TST menores do que seu entorno. Esta amenidade pode estar associada às escolhas de projeto para as torres residenciais, como o uso de cores claras nas lajes e telhas metálicas com pintura branca, elementos que podem apresentar uma menor TST impactando o seu entorno imediato (FERREIRA; PRADO, 2003). Além disso, dependendo do horário em que o satélite tenha registrado o local, pode ter ocorrido um sombreamento da área devido à altura das quatro torres.

Na gleba inferior, o solo está exposto e existem novas vias internas. O local apresenta-se quase completamente com temperaturas elevadas, indicadas pela cor vermelha, o que pode estar relacionado com o solo exposto (BOKAIEA *et al.*, 2016, ALSHEHRI; ABUAMARAH; ADB EL-HAMID, 2023). Além disso, o seu entorno também aparece com maiores temperaturas do que nos anos anteriores, fato que pode indicar uma região de ilha de calor urbano (Figura 5).

Figura 5 – Comparação da área das três fábricas (Vazio B) com o atual *shopping Rio Mar Kennedy* e os demais edifícios da antiga gleba e o loteamento.



Fonte: Adaptado do Google Earth (2024).

c) Vazio C: Conjunto Dom Helder Câmara e antiga Cia. Ceará Têxtil

A área selecionada corresponde a dois grandes lotes em uma única quadra. O primeiro mais ao norte fazia parte da fábrica Cia. Ceará Têxtil, fundada por volta de 1966 e com encerramento de suas atividades entre 1996 e 2001 (ARAGÃO, 2002; CALVALCANTI, 2018). Por imagens aéreas do Google Earth é possível identificar uma certa conservação do local até que em 2017 começou o desmonte da estrutura, sendo hoje um lote vazio com a presença de algumas espécies vegetais, em especial, palmeiras.

O segundo lote hoje é o espaço correspondente ao Conjunto Habitacional Dom Helder Câmara que teve sua construção concluída em 2009. Antes disso, o terreno era usado por uma indústria chamada Cia. Gasparian Industrial do Norte, sua fundação não tem data conhecida, mas, segundo Cavalcanti (2018), ocorreu entre os fins do século XIX e os anos 1950. De acordo com a Figura 3, pode-se perceber que em 2003 (data da imagem aérea nítida mais antiga de Fortaleza) o terreno encontrava-se vazio e com a indicação de uma estrutura anterior que foi demolida.

Entre 1985 e 2000, a TST se mantém de forma homogênea no terreno, não apresentando diferença entre áreas construídas e não construídas. Comparando os dois primeiros mapas, 1985 e 1991 (Figura 2b e 2c), houve uma diminuição na TST, passando de

uma média de 29°C para 27°C. Em 2000, a TST volta a aumentar e diminui em 2008, apresentando agora uma pequena variação dentro do lote.

Em 2020, com o conjunto habitacional consolidado há 11 anos e a fábrica da parte superior desmontada, a TST apresenta um padrão um pouco diferente. Na região laranja se encontra o conjunto habitacional com edifícios de 4 pavimentos e com afastamentos entre eles que possibilita sombreamento e circulação do ar. Logo abaixo existe uma praça que poderia representar um lugar com TSTs mais baixas se as decisões do projeto fossem diferentes, como por exemplo, escolha de piso, de espaços para áreas permeáveis e de quantidade de espécies arbóreas. Logo, o espaço se apresenta como uma região bastante impermeabilizada e de pouca vegetação.

Já a região superior, também vermelha, trata-se de um vazio com solo parcialmente exposto e cercado por casas com tipologia parecida com seu entorno. A região possui assentamentos precários e com uma densidade populacional acima da média (IBGE, 2010). A média da TST neste ano foi de 28°C.

d) Vazio D: Antiga Fábrica Iracema e Fábrica FV Alumínio

O terreno mais ao norte corresponde hoje à fábrica FV Alumínio. Anteriormente, o espaço industrial em questão servia para a empresa Brasil Oiticica S/A fundada em 1934 (CAVALCANTI, 2018). Desde sua fundação a área vem sendo utilizada para fins industriais, entretanto, trata-se de um terreno subutilizado, tendo bastante área livre e permeável, podendo ser comprovado por imagens aéreas da Figura 3.

O terreno logo abaixo correspondia à Iracema Indústria e Comércio de Castanhas de Caju LTDA, instalada no ano de 1950 (CAVALCANTI, 2018). Suas atividades foram encerradas em 2013 e seus edifícios ficaram abandonados até 2016 quando começou o desmonte de sua estrutura, mas permanecendo a laje do piso, impossibilitando a permeabilidade do solo. O desmembramento que atualmente existe na gleba foi iniciado apenas em 2021, um ano após o limite temporal desta análise.

No ano de 1985, o conjunto apresenta alta temperatura de superfície, especialmente mais a noroeste, com uma média de 28,5° C, com uma diminuição na seguinte análise, em 1991, com uma média da TST em torno de 27° C. Em 2000, a TST volta a aumentar para 28,5° C, a parte a noroeste mais quente começa a se expandir para as extremidades. Em 2008, é

identificada uma queda na TST do local (média de aproximadamente 26°C) novamente com uma parte mais quente voltado para noroeste. O último mapa, de 2020, volta a apresentar altas temperaturas de superfície de forma mais constante no terreno, com uma média de quase 29° C.

Assim, apesar de também ser um terreno com considerável área permeável, não é o suficiente para abater tais temperaturas devido às suas características de solo exposto.

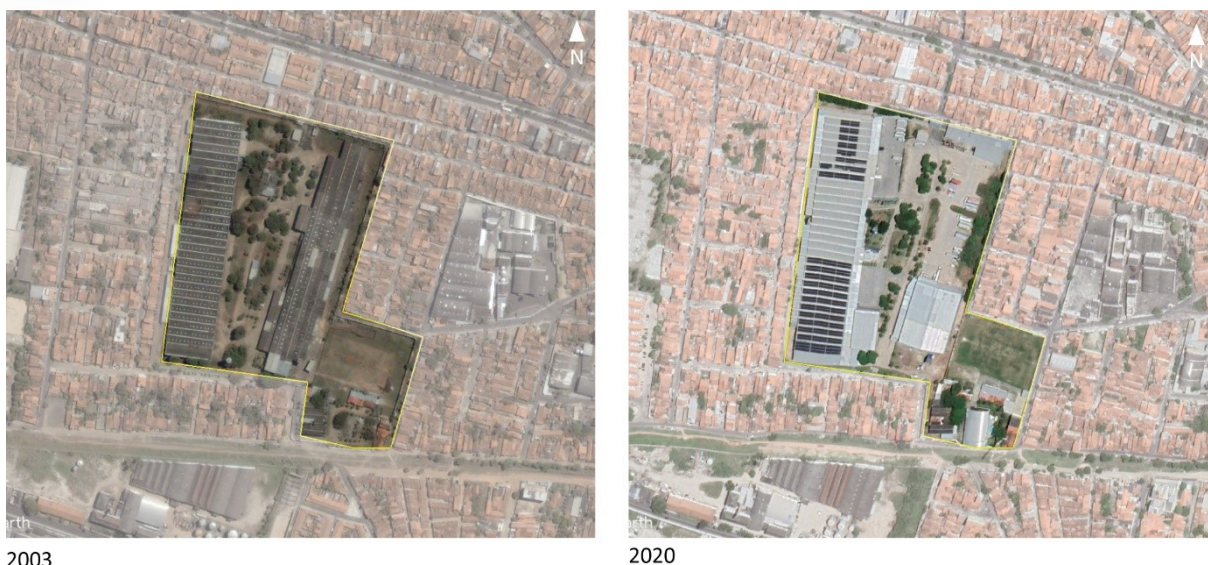
e) Vazio E: Central de distribuição da Rede Pague Menos

A gleba com área de quase 100.000 m² era o local da fábrica de móveis Confiança, por volta da década de 70. Posteriormente, o terreno mudou de uso industrial para de serviço com a instalação do Centro de Distribuição Pague Menos em 2008 (CAVALCANTI, 2018). O local também é considerado como subutilizado.

Analisando o mapa de 1985, quando o espaço já era utilizado por uma fábrica, constata-se a predominância da alta TST, com média de 29°C. No ano de 1991, existe uma queda na temperatura de superfície terrestre do local, mantendo apenas na área central temperatura mais elevada, a média girou em torno de 27,5°C. Em 2000, a TST volta a ser homogênea e mais alta, com média de 29°C (Figura 2d).

Em 2008, ano em que o espaço passou a ser utilizado como o centro de distribuição, a TST muda drasticamente, agora a média caiu para 24°C. Pelas imagens aéreas do Google Earth (Figura 6), é possível ver que foram retiradas algumas estruturas anexas, permanecendo apenas um galpão maior que também teve sua cobertura modificada, antes eram telhas com coloração escura, aparentemente de amianto, e passou a ser ou telha metálica ou apenas foi pintada de cinza claro, modificando até o seu entorno imediato que se tornou mais ameno.

Figura 6 - Imagem aérea do Centro de Distribuição Pague Menos.



Fonte: Adaptado do Google Earth (2024).

No mapa de 2020, a TST adquire uma nova espacialidade, apresentando temperatura mais baixa ao centro e aumentando à medida que chega nas extremidades do lote, a média foi de 26°C. Uma das modificações que pode ter influenciado essa alteração foi a implantação de um sistema de energia solar com placas fotovoltaicas nos telhados do galpão que de fato interferem na TST pelo valor da sua reflectância, sendo indicador já mencionado na literatura (AMIR; KAKROODI; KIAVARZ, 2023). Seu entorno continua mais ameno, um pouco mais quente do que o ano de 2008, mas com temperaturas menores do que os outros anos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mapas de temperatura de superfície podem ser grandes aliados na avaliação de como as transformações das formas urbanas e do uso do solo impactam na TST. Entretanto, nem sempre conhecer as alterações ocorridas na área de estudo são suficientes para compreender as alterações de temperatura de superfície no decorrer do tempo, quanto maiores informações sobre a área, como material construtivo, relevo e vegetação, além dos fatores climáticos da data de análise, maior a possibilidade de criar associações entre os dados para compreender o fenômeno.

Sendo o objeto desta pesquisa analisar as mudanças da TST entre 1985 e 2020 e a sua relação com as transformações de uso do solo, pode-se considerar que o mesmo foi atingido,

porém, para uma melhor avaliação, mais dados são necessários que contemplam também a pesquisa de campo. Entretanto, apenas com os dados obtidos, a análise demonstrou que diferentes usos e coberturas do solo é um fator de interferência na TST, podendo elevar ou diminuir sua temperatura.

Notou-se que em um dos casos a exposição do solo gerou maiores temperaturas de superfície do que a extensa estrutura industrial que existia antes, já sendo um motivador do aumento de temperatura, assim como pelo calor antropogênico vinculado à atividade. Também foi possível associar a diminuição da TST à utilização de superfícies reflexivas, como o uso de telhas metálicas pintadas de branco. Adicionalmente, é importante notar que a criação de praças sem o estímulo da criação de áreas verdes e/ou da previsão de materiais com menor absorção de radiação solar tornam-se obsoletas para amenizar as altas temperaturas de superfície, influenciando, assim, na sensação térmica dos seus usuários e do entorno.

A área escolhida como estudo apresentou no geral altas temperaturas, tendo um padrão construtivo semelhante, sendo sua maioria casas ou edifícios mais baixos de até quatro pavimentos, possui praças distribuídas pela região, mas que não possuem preocupação em ter espaços com massa arbórea representativa (CAMPOS, 2023). Além disso, estudos comprovam que a regional 1, a qual pertence a maioria dos bairros selecionados, possui o pior índice de cobertura vegetal de toda a capital (CRUZ, 2019; PAIVA *et al.*, 2022), fator que contribui nas altas temperaturas de superfície observadas.

Diante disso, o desenvolvimento de mapas de TST juntamente com uma análise do uso e cobertura do solo pode ter grande importância na tomada de decisão das transformações desses espaços a fim de enfrentar os problemas advindos do estresse térmico. Por fim, salienta-se que a existência de áreas livres e permeáveis não são o suficiente para promover menores TST sem a presença de uma vegetação capaz de oferecer sombra e seus demais serviços ambientais.

REFERÊNCIAS

ALSHEHRI, F; ABUAMARAH, B. A.; EL-HAMID, H. T. A. Impact of land use dynamics on land surface temperature using optical remote sensing data integrated with statistical analysis in

Riyadh, Saudi Arabia. **Advances in Space Research**, v. 72, p. 1739-1750, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.asr.2023.04.051>.

AMIR, T.; KAKROODI, A.; KIAVARZ, M. Monitoring of land surface albedo and its impact on land surface temperature (LST) using time series of remote sensing data. **Ecological Informatics**, v. 75, p. 1-20, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2023.102118>.

AMORIM, M. C. C. T. Ilhas de calor urbanas: métodos e técnicas de análise. **Revista Brasileira de Climatologia**, Juíz de Fora, p. 22-46, 2019. Edição Especial. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v0i0.65136>.

ARAGÃO, E. F. **O Fiar e o tecer**: 120 anos da indústria têxtil no Ceará. Fortaleza: Sinditêxtil/FIEC, 2002.

ASCHER, F. **Os novos princípios do urbanismo**. Romano Guerra: São Paulo. 2010.

BOKAIEA, M.; MIRMASOUD, K. Z.; PEYMAN, D. A.; ALI, H. Assessment of Urban Heat Island based on the relationship between land surface temperature and Land Use/ Land Cover in Tehran. **Sustainable Cities and Society**, v. 23, p. 94-103, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scs.2016.03.009>.

CABRAL, J. M. T.; MUNIZ, A.; SAMPAIO, P. M. A dinâmica industrial na região metropolitana de Fortaleza no contexto da reestruturação produtiva e espacial. **PEGADA - A Revista da Geografia do Trabalho**, [s. l.], v. 20, n. 2, p. 170-200, 2019. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/pegada/article/view/6343/pdf>. Acesso em: 28 nov. 2022.

CAMPOS, C. A. C. **Vazios cheios de expectativas**: a potencialidade de transformação de vazios industriais em áreas verdes na zona oeste de Fortaleza-CE. 2023. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023.

CAVALCANTI, E. R. **Cidades vacantes, cidades expectantes**: produção e transformação dos vazios urbanos em Fortaleza (2000-2018). 2018. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2018.

CRUZ, A. M. L. da. **Análise da cobertura vegetal, das áreas verdes e dos espaços livres de Fortaleza – Ceará**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

DENG, Y.; YANG, J.; YU, W.; REN, J.; XIANGMING, X.; JIANHONG, C. X. Relationship among land surface temperature and LUCC, NDVI in typical karst area. **Scientific Reports**, v. 8, n. 641, p. 1-12, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104374>.

DOULOS, L.; SANTAMOURIS, M.; LIVADA, I. Passive cooling of outdoor urban spaces: The role of materials. **Solar Energy**, n.77, p. 231-249, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2004.04.005>.

FAÇANHA, T. R.; DIÓGENES, B. H. N.; DIÓGENES, G. A dimensão [i]material da arquitetura industrial de fortaleza: um estudo sobre as “Oficinas do Urubu”. **Revista Indisciplinar**, Belo Horizonte, v. 7, n. 2, 2021. Disponível em:

<https://periodicos.ufmg.br/index.php/indisciplinar/article/view/38150>. Acesso em: 25 out. 2023.

FAHMY, A. H.; ABDELATAH, M. A.; EL-HIKY, G. Investigating land use land cover changes and their effects on land surface temperature and urban heat islands in Sharqiyah Governorate, Egypt. **Remote Sensing and Space Sciences**, Egito, v. 26, p. 293-306, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2023.04.001>.

FERREIRA, F. L. S.; PRADO, R. T. A. Medição do albedo ou refletância dos materiais utilizados em coberturas de edifícios no Brasil. In: XVI ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2003, Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba, 2003.

GIORDANO, D. E.; KRUGER, E. Potencial de redução da temperatura de superfície pelo aumento do albedo nas diversas regiões brasileiras. **Paranoá**, Brasília, n. 11, 2013.

GOOGLE EARTH PRO. Disponível em: <https://earth.google.com>. Acesso em: 15 ago. 2024.

GUILHERME, A. P.; BIUDES, M. S.; MOTA, D. S.; DE MUSIS, C. R. Relação entre tipo de cobertura do solo e temperatura de superfície. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v. 32, 2020. DOI: <https://doi.org/10.14393/SN-v32-2020-47462>.

JAAFARI, S. *et al.* Applying landscape metrics and structural equation modeling to predict the effect of urban green space on air pollution and respiratory mortality in Tehran. **Environmental Monitoring Assessment**, Suíça, v. 192, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08377-0>.

LIU, L.; ZHANG, Y. Urban heat island analysis using the Landsat TM data and ASTER data: A case study in Hong Kong. **Remote Sensing**, 3(7), p.1535-1552, 2011. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/3/7/1535> . Acesso em: 25 out. 2023.

LUCENA, A. J. DE. Notas conceituais e metodológicas em clima urbano e ilha de calor. **Revista Continentes** (UFRRJ), ano 2, n. 2, 2013. Disponível em: <https://www.revistacontinentes.com.br/index.php/continentes/article/view/17> . Acesso em: 25 out. 2023.

MENESE, P. R.; ALMEIDA, T. DE. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília, CNPq, v. 1. p. 256, 2012.

MOURA, M. de O.; ZANELLA, M. E.; SALES, M. C. L. Ilhas térmicas na cidade de Fortaleza/CE. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 28, n. 2, p. 33-44, 2008. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=337127150003>. Acesso em: 15 mar. 2024.

NICE, K. A.; NAZARIAN, N.; LIPSON, M. J.; HART, M. A.; SENEVIRATNE, S.; THOMPSON, J.; NASERIKIA, M.; GODIC, B.; STEVENSON, M. Isolating the impacts of urban form and fabric from geography on urban heat and human thermal comfort. **Building and Environment**, v. 224, p. 1-14, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109502>.

PAIVA, A. C. de Q.; CARVALHO, R. G.; ESCOBAR, M. L.; SOARES, I. A.; BASTOS, F. de H. Análise da distribuição espacial da vegetação e áreas verdes na cidade de Fortaleza – CE. **Caminhos de Geografia**, [s. l.], v. 23, n. 89, p. 131-149, 2022. DOI: <https://doi.org/10.14393/RCG238960266>.

PINHEIRO, J. **Análise espaço-temporal da temperatura de superfície terrestre (TST) como subsídio para o estudo do clima urbano de Fortaleza-Ceará.** 2017. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2017.

PINHEIRO, C. de A.; LARANJEIRA, M. M. Ilha(s) de calor urbano de superfície em territórios de urbanização difusa: o estudo de caso dos municípios de Braga e de Guimarães (Portugal). **Revista Brasileira de Climatologia**, [s. l.], v. 32, n. 19, p. 61–82, 2023. DOI: 10.55761/abclima.v32i19.16123. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/rbclima/article/view/16123>. Acesso em: 15 ago. 2024.

RYDIN, Y.; BLEAHU, A.; DAVIES, M.; D DÁVILA, J.; FRIEL, S.; DE GRANDIS, G.; GROCE, N.; HALLAL, P. C.; HAMILTON, I.; HOWDEN-CHAPMAN, P.; LAI, K.; LIM, C. J.; MARTINS, J.; OSRIN, D.; RIDLEY, I.; SCOTT, I.; TAYLOR, M. WILKINSON, P.; WILSON, J. Shaping cities for health: complexity and the planning of urban environments in the 21st century. **The Lancet**, Londres, v. 379, n. 9831, p. 2079-2108, 2012. Disponível em: [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(12\)60435-8/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(12)60435-8/fulltext). Acesso em: 25 out. 2023.

SILVA, J. B. **Os incomodados não se retiram.** Fortaleza, Multigraf Editora, 1992.

STEWART, I. D.; OKE, T. R. Local climate zones for urban temperature studies. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 93, p. 1879–1900, 2012.

OKE, T. R. The energetic basis of the urban heat island. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 108, p. 1–24, 1982. DOI: <https://doi.org/10.1002/qj.49710845502>.