

A arborização melhora o conforto térmico em áreas urbanas: O caso de Juazeiro do Norte, Ceará

Afforestation improves thermal comfort in urban areas: The case of Juazeiro do Norte, Ceará

La forestación mejora el confort térmico en las zonas urbanas: El caso de Juazeiro do Norte, Ceará

Recebido: 15/04/2020 | Revisado: 15/04/2020 | Aceito: 16/04/2020 | Publicado: 19/04/2020

Eliezio Nascimento Barboza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8100-9389>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Brasil

E-mail: eliezio1999@outlook.com

Girlaine Souza da Silva Alencar

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5753-9299>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Brasil

E-mail: girlainealencar@gmail.com

Francisco Hugo Hermógenes de Alencar

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5930-3685>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Brasil

E-mail: hugohermogenes@gmail.com

Resumo

Os espaços urbanos no Brasil vêm sendo alterados ao longo do tempo, as cidades se tornaram um meio artificial e provocaram amplas mudanças no clima urbano. A retirada da cobertura vegetal e as propriedades dos materiais que constituem as superfícies modificadas como o asfaltamento, aumentou o escoamento superficial, diminuiu a umidade e modificou da velocidade dos ventos, aumentando a temperatura e causando desconforto térmico. Nesse contexto, é importante que sejam dadas alternativas para mitigar os impactos gerados. O objetivo deste artigo é verificar as oscilações das variáveis climatológicas: temperatura mínima, temperatura máxima, umidade relativa do ar e velocidade dos ventos em dois Bairros da cidade de Juazeiro do Norte/CE. Para a realização da pesquisa, foram realizadas medições no Bairro Pirajá e no Parque Ecológico das Timbaúbas. Foram selecionados 12 pontos para realização das coletas. Utilizou-se o Termo-Higro-Anemômetro digital portátil marca Instrutherm, modelo

THAR-185. Os dados foram coletados nos meses de: agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro de 2019, por ser o período mais quente do ano. Os resultados evidenciaram que a presença de arborização interfere nas variáveis climáticas e desempenha uma função essencial na melhoria do conforto térmico.

Palavras-chave: Climatologia urbana; Urbanização; Arborização; Nordeste.

Abstract

Urban spaces in Brazil have been changing over time, cities have become an artificial medium and have caused extensive changes in the urban climate. The removal of the vegetation cover and the properties of the materials that constitute the modified surfaces such as asphaltting increased the surface runoff, decreased humidity and modified the wind speed, increasing the temperature and causing thermal discomfort. In this context, it is important that alternatives be given to mitigate the impacts generated. The aim of this article is to verify the oscillations of the climatological variables: minimum temperature, maximum temperature, relative humidity and wind speed in two neighborhoods of the city of Juazeiro do Norte/CE. To carry out the research, measurements were made in the Pirajá Neighborhood and in the Timbaúbas Ecological Park. Twelve points were selected to perform the collections. The Thermo-Higro-Anemometer portable digital brand Instrutherm, model THAR-185. Data were collected in The following months: August, September, October, November and December 2019, because it is the hottest period of the year. The results showed that the presence of afforestation interferes with climatic variables and plays an essential role in improving thermal comfort.

Keywords: Urban climatology; Urbanization; Afforestation; Northeast.

Resumen

Los espacios urbanos en Brasil han estado cambiando con el tiempo, las ciudades se han convertido en un medio artificial y han causado grandes cambios en el clima urbano. La eliminación de la cubierta vegetal y las propiedades de los materiales que constituyen las superficies modificadas como el asfaltado aumentaron la escorrentía superficial, disminuyeron la humedad y modificaron la velocidad del viento, aumentando la temperatura y causando molestias térmicas. En este contexto, es importante que se den alternativas para mitigar los impactos generados. El objetivo de este artículo es verificar las oscilaciones de las variables climatológicas: temperatura mínima, temperatura máxima, humedad relativa y velocidad del viento en dos barrios de la ciudad de Juazeiro do Norte/CE. Para llevar a cabo la investigación, se realizaron mediciones en el Barrio Pirajá y en el Parque Ecológico Timbaúbas. Se

selecionaron doce puntos para realizar las colecciones. El termo-Higro-Anemometer marca digital portátil Instrutherm, modelo THAR-185. Los datos se recogieron en los meses siguientes: agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre de 2019, porque es el período más caluroso del año. Los resultados mostraron que la presencia de forestación interfiere con las variables climáticas y desempeña un papel esencial en la mejora del confort térmico.

Palabras clave: Climatología urbana; Urbanización; Forestación; Noreste.

1. Introdução

Nas últimas décadas, houve uma expansão desordenada dos centros urbanos no Brasil causando modificações no ambiente natural na composição da atmosfera e no clima local (Costa, Silva & Peres, 2010). Isto ocorre quando o crescimento das cidades quando não está aliado ao planejamento ambiental e urbanístico provocando alterações no microclima, na dinâmica da atmosfera da região, no ciclo hidrológico, no relevo, na vegetação, e na fauna (Albuquerque & Lopes, 2016). O aumento da supressão vegetal para dar lugar aos equipamentos urbanos (Lima & Ribeiro, 2012), diminui a qualidade ambiental pelo aumento do desconforto térmico e formação as de ilhas de calor (Silva et al., 2016).

As ilhas de calor é um dos fenômenos que melhor representam as alterações climáticas causadas por modificações e crescimento do espaço urbano, já que essas alterações implicam no aquecimento diurno dos materiais usados na construção civil e sua dissipação durante a noite (Santos, Moura, Silva, Oliveira & Machado), elevando a temperatura dos ambientes urbanizados (Lombardo, 1985).

Há diversos fatores que podem contribuir para as mudanças climáticas, um deles é a concentração de fontes de calor nas cidades como: como fluxo de veículos, indústrias e construções, levando a condições climáticas impróprias e perda da qualidade de vida da população (Lamberts et al., 1997).

De acordo com Bernatzky (2012), as cidades se tornaram um meio artificial, tendo em vista que às propriedades dos materiais que constituem as superfícies foram modificadas, como: retirada da cobertura vegetal e os diversos tipos de poluições nas cidades. Lombardo (1985) acrescenta que as características térmicas dos materiais das construções contribuem com condução mais rápida de calor que o solo exposto e a vegetação natural, fornecendo uma maior diferença de conforto térmico entre essas duas regiões. Somado a isso, a autora mostrou que nos locais com maior superfície vegetal e próximos de rios, lagos e mares as temperaturas são mais agradáveis.

Normalmente a variação de temperaturas de duas áreas, sendo uma urbana e outra menos urbanizada, não varia mais que 1°C (Weng & Larson, 2005). Entretanto, devido ao processo de urbanização, as variáveis climatológicas em diferentes locais podem ser diferentes de forma altamente significativa, gerando mudanças nas sensações térmicas (Costa Saraiva, Vale & Zanella, 2017). A impermeabilização dos solos pelo asfaltamento e a retirada árvores provoca modificações no clima urbano, pela redução infiltração da água da chuva no solo, diminuição da umidade e modificação da velocidade dos ventos (Duarte & Serra, 2003).

Existem estratégias para diminuir os efeitos das ilhas de calor, uma delas é o aumento das áreas verdes, como: arborização de ruas, implantação de parques, bosques e jardins públicos (Soleckia et al., 2005). Pois de acordo com Gartland (2011) a arborização é importante para amenizar essa problemática, pois a evapotranspiração transforma a energia luminosa em vapor de água, regularizando a temperatura ambiental, além de interceptar a incidência solar (Silva et al., 2016).

As medidas mitigadoras são necessárias no planejamento urbano e ambiental de um município e contribuem para a amenização da problemática climática no meio urbano e áreas que sofrem o processo de urbanização mais intenso há uma maior alteração no clima. Estudos realizados em Barbalha-CE e Missão Velha-CE por Barboza, Alencar, Alencar e Felipe (2020) e Barboza, Alencar e Alencar (2020), respectivamente, comparando ruas com e sem asfaltamento, demonstraram que apesar do asfaltamento contribuir para o aumento da temperatura média e redução da umidade relativa do ar, as ruas asfaltadas e arborizadas são mais confortáveis termicamente do que ruas sem asfaltamento e sem arborização.

A Região Metropolitana do Cariri foi criada devido ao processo de conurbação nas últimas décadas das cidades de Juazeiro do Norte, Barbalha e Crato (Oliveira Júnior, Pereira & Costa, 2018). Nas últimas décadas, a cidade de Juazeiro do Norte vem crescendo de forma desordenada e sem planejamento, tendo como reflexo, a retirada da vegetação nativa e o aumento da pavimentação asfáltica, alterações no relevo pelas edificações, provocado pelo forte processo de urbanização (Lima & Ribeiro, 2012). Nesse contexto, o objetivo desse artigo é verificar as oscilações das variáveis climatológicas em dois Bairros de condições microclimáticas distintas da cidade de Juazeiro do Norte, Ceará.

2. Metodologia

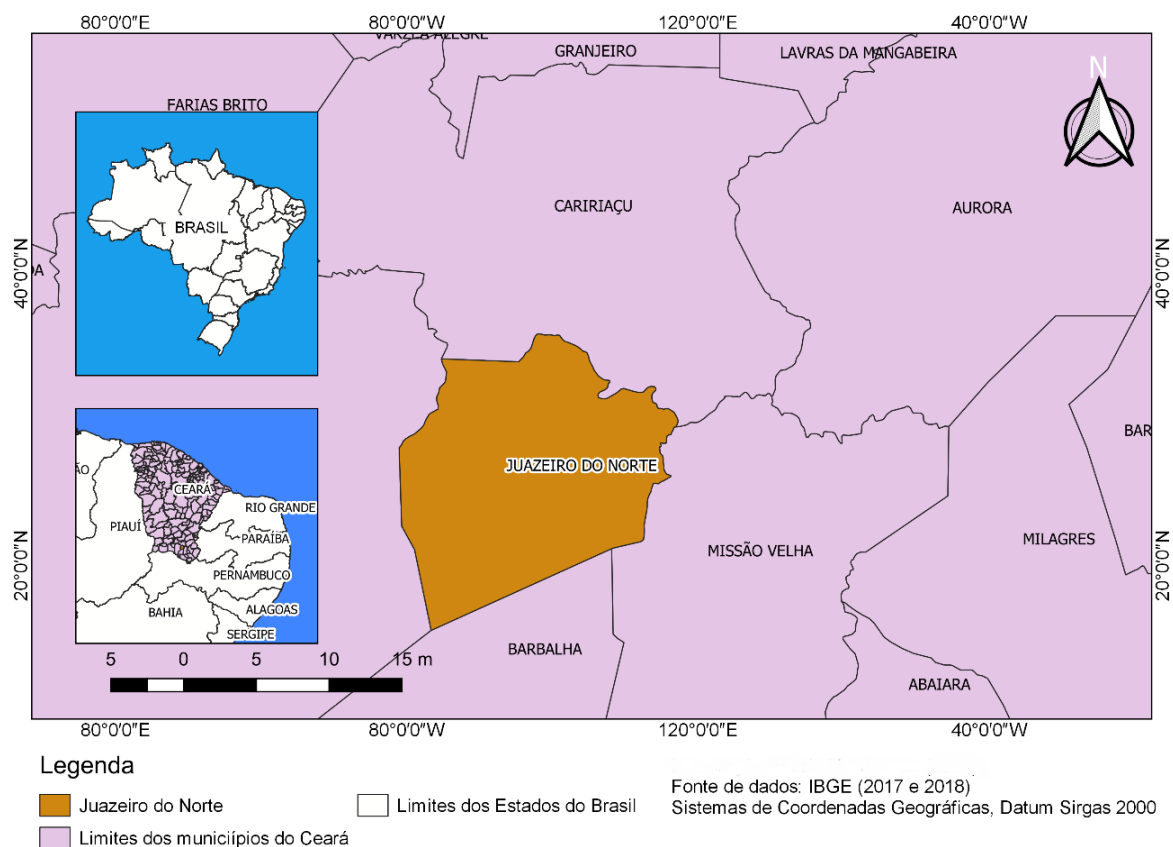
2.1 Tipo da pesquisa

Conforme caracterizam Pereira, Shitsuka, Parreira e Shitsuka (2018) do ponto de vista da sua natureza, esta é uma pesquisa básica. Pela perspectiva de abordagem, é uma pesquisa quantitativa. Analisando os objetivos, essa pesquisa é exploratória. Em relação aos procedimentos técnicos, é uma pesquisa do tipo experimental.

2.2 Descrição da área de estudo

A cidade de Juazeiro do Norte está localizada na Região Metropolitana do Cariri, Sul do estado do Ceará (Figura 1), entre as coordenadas geográficas: 7°12'47" S e 39°18'55" W, altitude de 377,3 m (IPECE, 2017).

Figura 1. Mapa de localização de Juazeiro do Norte, Ceará.



Fonte: Autores, 2020.

Através da Figura 1, verifica-se os municípios limítrofes: Crato ao oeste, Barbalha ao sul, Caririáçu ao norte e Missão Velha ao leste e os Estados vizinhos do Ceará: Piauí, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco. Juazeiro do Norte possui taxa de urbanização de 95,3% (IPECE, 2017). Sua área é de 248,832 km², a população estimada é de 274.207 habitantes e densidade demográfica é de 1.004,45 hab/km² (IBGE, 2019).

O município de Juazeiro do Norte é basicamente dividido em dois compartimentos morfológicos: as formas aplainadas e a sul o relevo de planalto da chapada do Araripe e os solos predominantes são divididos em dois: os aluviais e podzólicos, com a vegetação predominante é a de Caatinga arbórea e de Cerrado. O substrato geológico do município é formado basicamente por: xistos, quartzitos, granitos, conglomerados arenitos do Paleozóico, arenitos e calcários do Mesozóico (MME, 1998).

O relevo na maior parte apresenta elevações suaves com baixa declividade, movimento incessante por drenagens rasas que estabelece leitos espaçosos e encostas rebaixadas (Lima & Ribeiro, 2012). O clima da região é Tropical Quente Semiárido e Tropical Quente Semiárido Brando, a pluviosidade média anual de é 925,1mm (900-1000 mm), e temperatura variando entre 24 e 26 °C (IPECE, 2017). Há dois regimes climáticos relativamente definidos: um chuvoso (janeiro a maio) e o restante dos meses secos (Lima & Ribeiro, 2012). O período de inverno do município é caracterizado por ser chuvoso e altas temperaturas, destaca-se o mês de setembro como o mais seco do ano, já novembro é o mês mais quente.

2.3 Definição dos campos de coletas de dados

Esta pesquisa foi realizada no Parque Ecológico das Timbaúbas, localizado no Bairro Lagoa Seca e em ruas do Bairro Pirajá. Os dois locais apresentam características distintas de uso e ocupação do solo, especialmente na cobertura do solo. Os pontos Pirajá estão localizados às margens da Avenida Ailton Gomes e a Avenida Castelo Branco. Nessa localidade é predominantemente de estabelecimentos comerciais, habitações, muita circulação de pessoas e veículos, de ruas com pavimentação asfáltica e pouca arborização.

O Parque Ecológico das Timbaúbas foi criado pelo decreto de Lei Municipal nº 1.038 de 23/03/1995 finalidade recuperar a Várzea das Timbaúbas e proteger os mananciais. Sua área é de 634,50 hectares, localizada ao longo dos rios Salgadinho e Timbaúbas (SEMACE, 2010). É a maior área verde e única de preservação permanente da cidade e tem grande importância para a sustentabilidade urbana de Juazeiro do Norte (Nascimento, Rocha & Nascimento, 2015), pois possui 11 fontes naturais de água que abastecem 70% do município.

Foram definidos 12 pontos de coleta das variáveis climatológicas, sendo 6 pontos distribuídos no interior do Parque Ecológico Timbaúbas (Figura 2) e mais 6 pontos distribuídos em localidades do Bairro Pirajá (Figura 2), sendo 3 pontos na Avenida Castelo Branco e mais 3 pontos na Avenida Ailton Gomes.

Figura 2. Pontos de coletas no Parque Timbaúbas, a esquerda e Pirajá a direita.



Fonte: Autores, 2020.

Verifica-se através da Figura 2 as posições dos pontos de coletas nos dois ambientes de interesse nesse estudo, com pontos abrangendo as porções representativas da área. A Figura localizada a esquerda representa o Parque Ecológico e na direita o Bairro Pirajá. Nota-se grandes áreas vegetadas no Parque, com presença de corpo aquático e solo exposto, já no Bairro Pirajá alta adensamento urbano e ausência de áreas vegetadas.

Os dados foram coletados entre os meses de agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro de 2019, por ser o período mais quente do ano. As coletas tiveram início em 28 de setembro de 2019 e foram encerradas em 28 de dezembro de 2019. Foram coletadas as seguintes variáveis: temperatura máxima, temperatura mínima, umidade relativa do ar e velocidade dos ventos.

As coletas foram realizadas no último sábado de cada mês nos períodos da manhã (entre 8:00 e 9:00 horas) e tarde (entre 14:00 e 15:00 horas). Os dados foram tabulados no aplicativo Excel, no Laboratório de Estudos Ecológicos (LEECO) em IFCE - *Campus* Juazeiro do Norte. Os 12 pontos foram identificados e localizados (Tabela 1) com auxílio de imagens de satélites do *Google Earth* e GPS portátil Etrex Vista. Foi elaborado uma tabela com as coordenadas

geográficas desses subpontos, para representar a posição horizontal no planeta, com a latitude (S) e a longitude (W).

Tabela 1. Localização dos pontos de coletas nos dois pontos escolhidos.

Pontos de coletas	Latitude (S)	Longitude (W)
Ponto 01 - P01	- 7.237228	- 39.311309
Ponto 02 - P02	-7.237049	- 39.309938
Ponto 03 - P03	-7.236713	- 39.310893
Ponto 04 - P04	- 7.235149	-39.310585
Ponto 05 - P05	-7.228886	-39.308766
Ponto 06 - P06	- 7.229285	-39.306309
Ponto 07 - P07	-7,227024	-39,312314
Ponto 08 - P08	-7,224959	-39,312898
Ponto 09 - P09	-7,224513	-39,311824
Ponto 10 - P10	-7,224123	-39,313108
Ponto 11 - P11	-7,223628	-39,314404
Ponto 12 - P12	-7,222934	-39,313464

Fonte: Autores, 2020.

A Tabela 1 representa a localização dos pontos de coletas nesse estudo por meio da Latitude (S) e Longitude (W). Os pontos de 01 a 06 são os pontos localizados no Parque Ecológico das Timbaúbas, os pontos de 07 a 12 estão localizados no Bairro Pirajá.

2.4 Materiais utilizados

Para a obtenção dos dados das variáveis climatológicas, foi utilizado o aparelho Termo-Higro-Anemômetro digital portátil da marca Instrutherm, modelo THAR-185, de peso 256g e dimensões 180x72x32 mm (Figura 3). Esse aparelho mede a velocidade do vento em (m/s), temperatura em mínima e máxima em (°C) e umidade relativa do ar (%). Com precisão para velocidade do ar é de $\pm 2\%$ + 1 dígito, para temperatura $\pm 0,8$ °C/1,5 °F, para umidade relativa do ar $\pm 3\%$ + 1 dígito. Também foi utilizado um GPS portátil Etrex Vista.

Figura 3. Aparelho utilizado na coleta de dados.



Fonte: Autores, 2020.

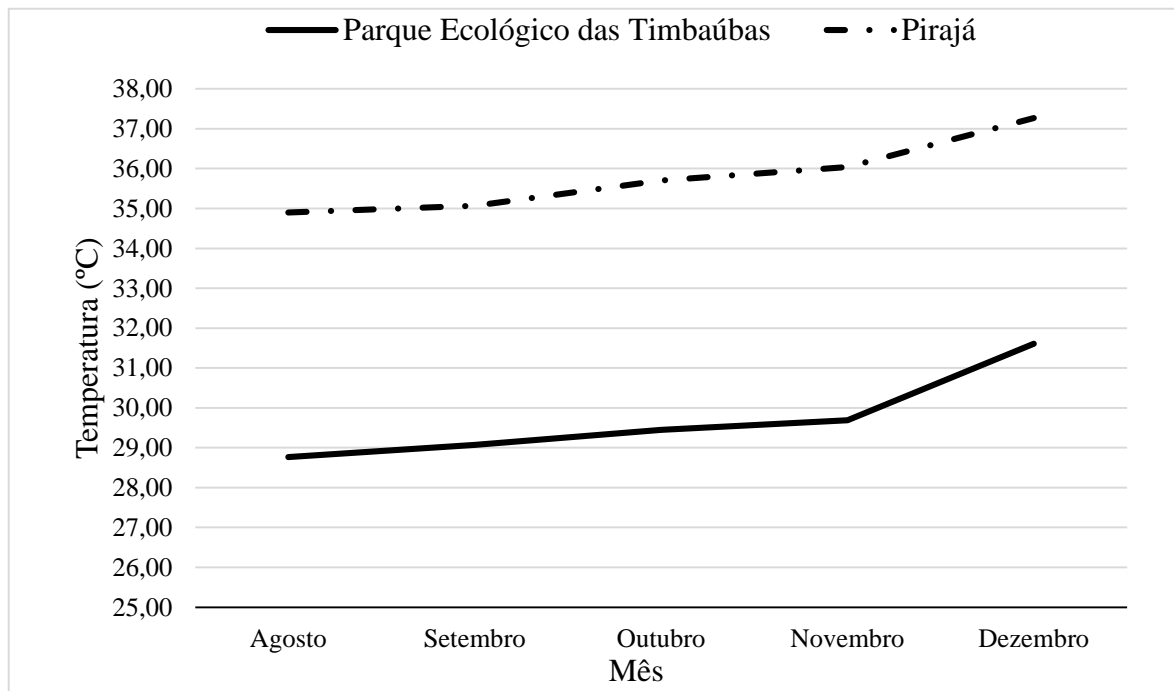
A Figura 3 apresenta o principal equipamento na coleta de dados das variáveis climatológicas: velocidade do vento em (m/s), temperatura em mínima e máxima em (°C) e umidade relativa do ar (%). O equipamento estava devidamente calibrado. Esse equipamento é composto por um anemômetro, termômetro e higrômetro.

3. Resultados e Discussões

A partir da análise dos resultados, verificou-se que no período vespertino (entre 14:00 e 15:00 horas) as temperaturas foram mais elevadas em ambos os Bairros, mais o Bairro Pirajá apresentou a maior média (Gráfico 1).

Os pontos no Parque Ecológico das Timbaúbas obtiveram menores valores, provavelmente devido a presença de mananciais e grandes áreas arborizadas. As árvores, agem através do sombreamento, diminuindo a radiação solar incidente e o aquecimento das superfícies, reduzindo a temperatura devido o processo de evapotranspiração, ocorre o resfriamento das folhas e do ar (Labaki, Santos & Abreu, 2013).

Gráfico 1. Temperatura média máxima mensal durante o intervalo de estudo.-

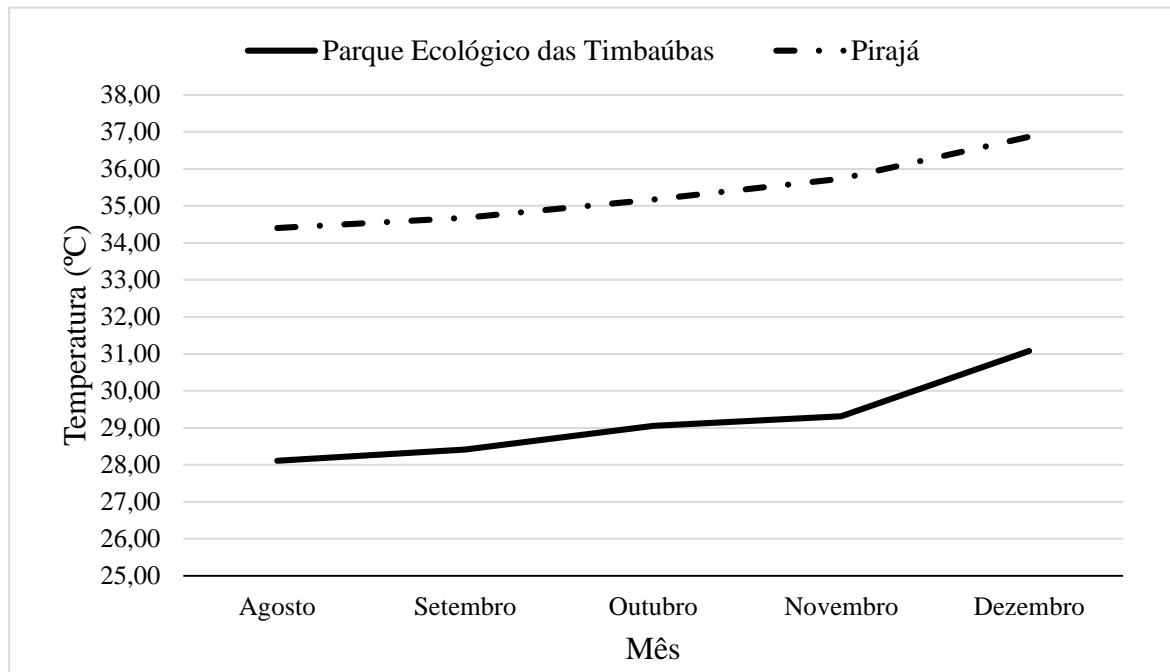


Fonte: Autores, 2020.

Através do Gráfico 1, verifica-se que a temperatura no Bairro Pirajá foi mais elevada, ultrapassando 37 °C no mês de dezembro no mês mais quente desse estudo, a temperatura mínima encontrada nesse Bairro foi inferior a 35 °C em agosto. A temperatura no Parque Ecológico apresentou-se como mais baixa, porém ainda ultrapassando 31 °C em dezembro.

No intervalo de estudo o mês mais quente foi dezembro e o mês com valores menores de temperaturas foi agosto (Gráfico 2), com média mensal da temperatura no Bairro Pirajá de 37,27 °C e no Parque Ecológico das Timbaúbas de 31,61 °C com temperatura mínima de 31,08 °C e 36,87 °C respectivamente. O gráfico da temperatura mensal dos meses tem como comportamento uma reta crescente. O mês com valor menor foi agosto, com média mensal da temperatura no Bairro Pirajá de 34,9 °C e no Parque Ecológico das Timbaúbas de 28,77 °C com temperatura mínima de 34,40 °C e 28,11°C respectivamente. Houve pequenas mudanças de temperatura, exceto o aumento do mês de novembro para dezembro, com aumento de 1,92 °C no Parque Ecológico e 1,23 °C no Bairro Pirajá.

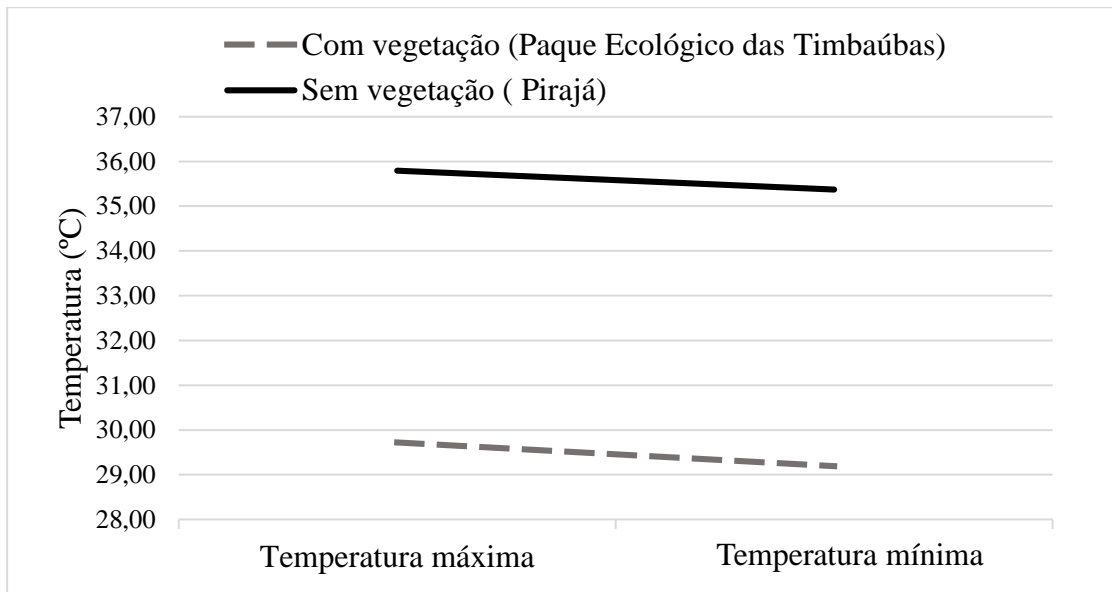
Gráfico 2. Temperatura média mínima mensal durante o intervalo de estudo.-



Fontes: Autores, 2020.

Por meio do Gráfico 2, nota-se que o comportamento da temperatura mínima foi similar a temperatura máxima nos dois pontos de estudo, com temperaturas mais baixas no mês de agosto e temperaturas mais elevadas em dezembro. O Gráfico 2 tem como comportamento duas retas crescentes, com pouca diferença para temperatura máxima obtida no Gráfico 1. O Gráfico 3 representa o comportamento da temperatura máxima e mínima no período de estudo. Os resultados constataram que há uma pequena variação das temperaturas máximas para as mínimas.

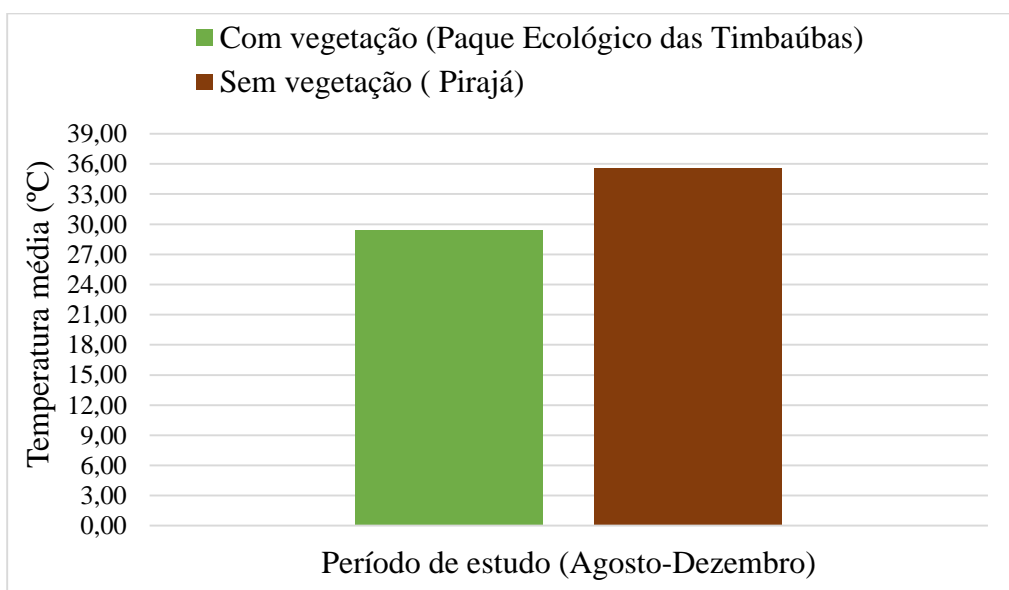
Gráfico 3. Temperaturas máximas e mínimas no período estudado.-



Fonte: Autores, 2020.

É importante observar no Gráfico 3 a pequena variação das temperaturas máximas para as mínimas nos meses analisados, com variação menor do que 1 °C para os dois pontos. Isso acontece devido as características do aparelho utilizado para as coletas de dados. No Parque Ecológico das Timbaúbas, a temperatura variou de 35.79 °C (temperatura máxima) para 35.37 °C (temperatura mínima), um valor de 0.42 °C (Gráfico 4).

Gráfico 4. Variação das médias da temperatura (°C) em duas áreas de condições microclimáticas diferentes.-



Fonte: Autores, 2020.

A oscilação da temperatura de superfície está intimamente ligada a cobertura vegetal ou sua ausência. Ao analisar a cidade de São Paulo, Lombardo (1985) demonstrou que os valores mais elevados de temperaturas ocorrem em locais mais urbanizados, com pouca cobertura vegetal.

No intervalo de estudo, a média de temperatura do ar no Parque Ecológico das Timbaúbas foi de 29.46 °C e no Pirajá de 35.58 °C (Gráfico 4). A diferença da média de temperatura durante o intervalo de estudo foi de 6.12 °C, um valor considerável e determinante no conforto térmico humano e na qualidade de vida.

Ritter (2006) corrobora com esse resultado, demonstrando em seu estudo que a diferença de temperatura em um ambiente urbanizado (meio urbano) para outro com presença de arborização (meio rural) pode ser superior a 10 °C, segundo o autor, há redução das áreas verdes e a impermeabilização do solo, aumenta a condutividade térmica, pois há uma maior absorção de radiação solar.

O resultado evidencia a presença de uma Ilha de Calor Urbano – ICU. Esse fenômeno urbano pode ser observado em diferentes escalas, como exemplo Bairros, ruas, um edifício ou até mesmo uma cidade (Coltri, 2006). Essa diferença de temperatura do meio urbanizado para o meio com características rurais determina a magnitude da intensidade da Ilha de Calor (Leal, 2012).

Souza, Silva e Silva (2016), em um estudo sobre a influência do uso e ocupação do solo na temperatura superficial na cidade de João Pessoa/PB, verificaram que os valores mais elevados de temperatura na superfície foram obtidos no solo sem vegetação e os menores valores de temperatura foram obtidos sobre o corpo aquático e vegetação arbórea/arbustiva.

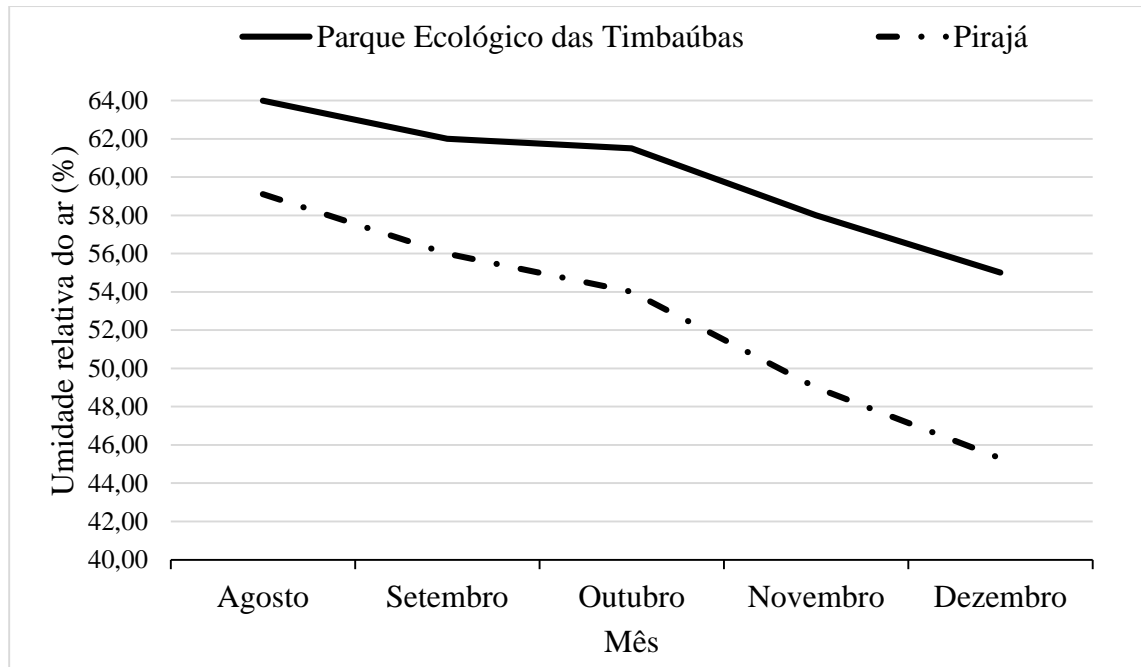
Silva et al. (2016), em uma pesquisa realizada nos municípios de Cáceres, Cuiabá, Rondonópolis, Tangará da Serra, Várzea Grande e Corumbá, localizados na Bacia do Alto Paraguai, mostraram através de Geotecnologias que os ambientes com menor índice de vegetação apresentam maiores temperaturas superficiais, contribuindo com a formação das Ilhas de Calor Urbana.

Albuquerque & Lopes (2016), em um estudo em Bairros da cidade de Teresina/PI, o estudo demonstrou que os Bairros com maiores áreas verdes apresentaram valores mais baixos de temperatura do ar, com temperaturas mais elevadas em pontos sem arborização. Estas afirmações corroboram com os resultados desse estudo, destacando a importância dos parques ecológicos na melhoria do conforto térmico em cidades mais urbanizadas.

O Gráfico 5 apresenta a umidade relativa do ar média para os meses durante o intervalo de estudo. O comportamento do Gráfico foi o esperado, os meses que apresentaram altas

temperaturas, também foi acompanhado por baixa umidade relativa do ar, pois as duas variáveis são inversamente proporcionais.

Gráfico 5. Umidade relativa do ar média durante o intervalo de estudo.



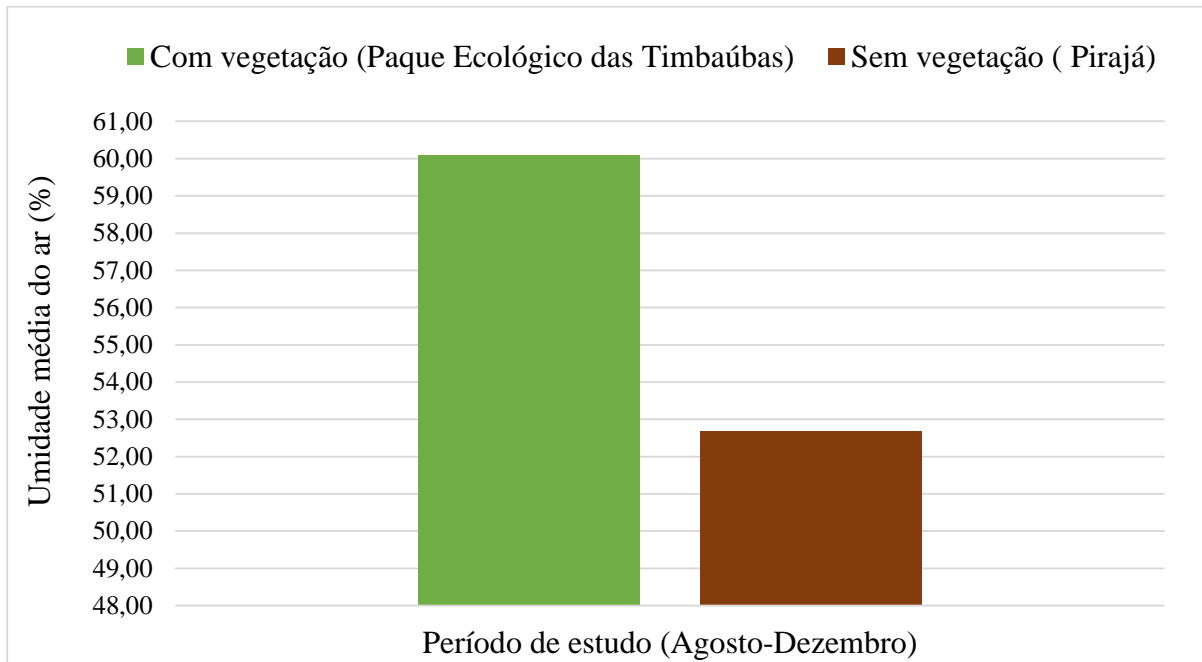
Fonte: Autores, 2020.

No Bairro Pirajá, a umidade relativa do ar variou de 45.30% a 59.11%. No Parque Ecológico das Timbaúbas a umidade relativa do ar variou de 55% a 64%. O Gráfico 5 representa que a umidade foi maior no Parque Ecológico em comparação com o Bairro Pirajá. A umidade relativa do ar dos pontos no Pirajá apresentou-se como menor devido as características, como exemplo o solo impermeabilizado e ausência de vegetação, que segundo Santos (2011), reduz a evapotranspiração por umidificação do local.

Os valores da umidade relativa do ar são inversamente proporcionais aos valores da temperatura, pois quanto menor a temperatura, maior a umidade relativa do ar. Durante a pesquisa, o mês com menor umidade relativa do ar foi em dezembro e com maior e umidade foi maior em agosto.

O Gráfico 6 apresenta a variação das médias da umidade do ar (%) nas duas áreas de condições microclimáticas diferentes.

Gráfico 6. Variação das médias da umidade do ar (%) em duas áreas de condições microclimáticas diferentes.



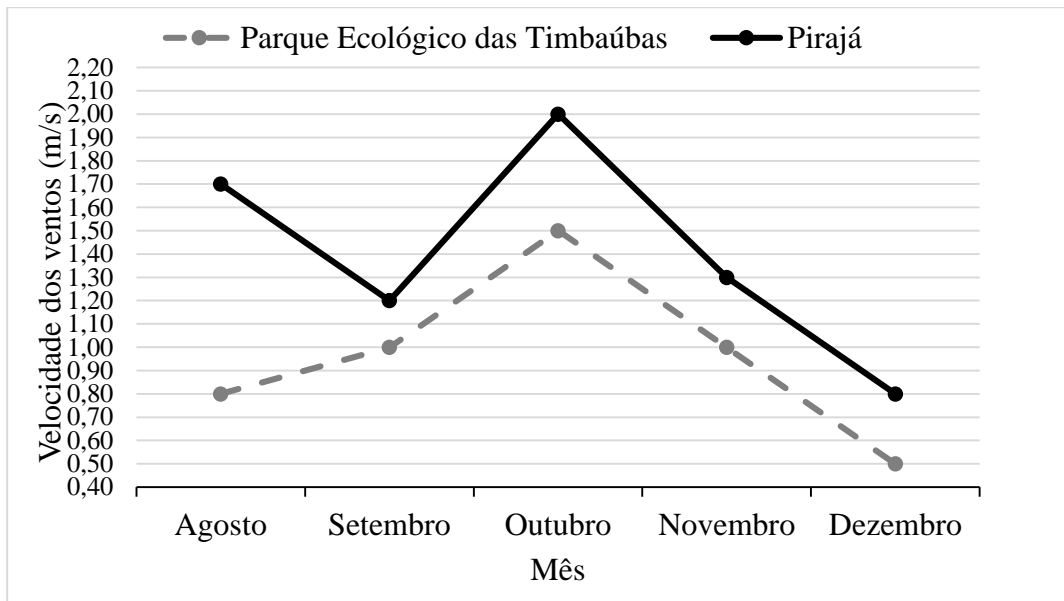
Fonte: Autores, 2020.

Verifica-se pelo Gráfico 6 que a média da umidade relativa do ar no Parque Ecológico das Timbaúbas foi de 60.10% e no Pirajá de 52.68. A diferença da média da umidade relativa do ar durante o intervalo de estudo foi de 7.42 %, um valor considerável alto e influenciado diretamente com a presença de vegetação no Parque e ausência no Pirajá. Os estudos de Furtado (1994) e Tyrväinen, Pauleit, Seeland e de Vries (2005) demonstram que a vegetação é fundamental para diminuição da temperatura e aumento da umidade relativa.

Callejas, Durante e Rosseti (2005) corroboram com os resultados afirmando que a umidade relativa do ar é maior nas áreas com presença de vegetação do que em áreas impermeabilizadas, evidenciando a importância da vegetação para o conforto térmico no meio urbano.

A partir da análise dos resultados da variável velocidade dos ventos (Gráfico 7), foi verificado que para a estação mais quente do ano (agosto-dezembro), nas duas regiões com características microclimáticas distintas, os valores mais elevados de velocidade dos ventos foram no Pirajá e menor no Parque Ecológico das Timbaúbas, tendo em vista que as árvores auxiliam no controle da velocidade dos ventos (Biondi, 2008). O vento é o ar em movimento, resultante do deslocamento de massas de ar de um gradiente de pressão (Silva, Gonzales & Filho, 2011).

Gráfico 7. Velocidade dos ventos média durante o intervalo de estudo.

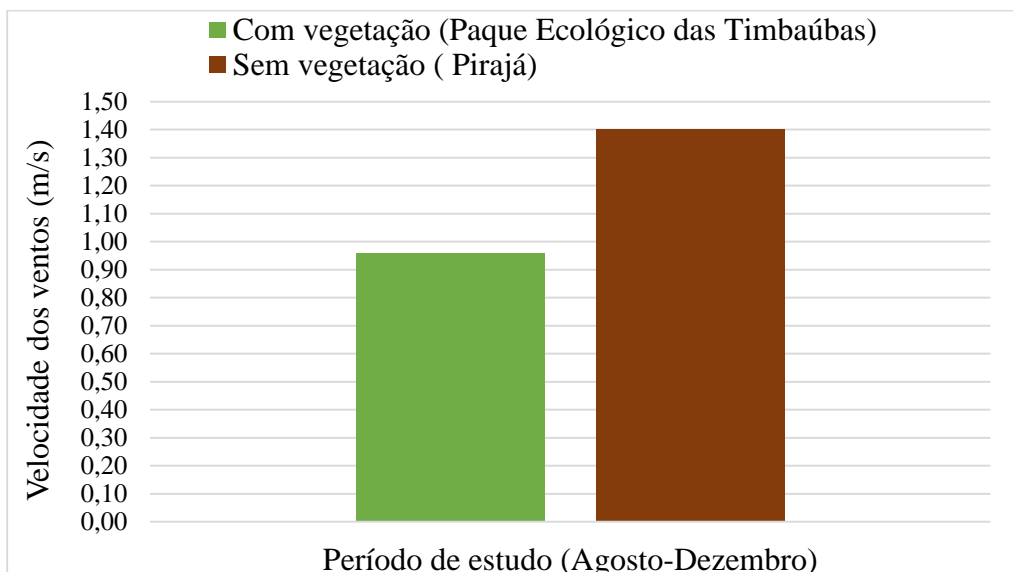


Fonte: Autores, 2020.

Verifica-se pelo Gráfico 7, que o mês com maior velocidade dos ventos foi em outubro, representando o pico do gráfico, o mês com menor velocidade foi em dezembro, agravando ainda mais o desconforto térmico.

No intervalo de estudo, a média da velocidade dos ventos (Gráfico 8) no Parque Ecológico das Timbaúbas foi de 0,96 (m/s) e no Pirajá 1,40 (m/s).

Gráfico 8. Variação das médias das velocidades dos ventos (m/s) em duas áreas de condições microclimáticas diferentes.



Fonte: Autores, 2020.

Pelo Gráfico 8, a diferença da média da velocidade dos ventos foi de 0.44 (m/s). Estudos de Heerdt e Oliveira (2016) corroboram com o resultado afirmando que as árvores além de contribuir com a amenização da radiação solar e aumento da umidade relativa do ar, pode contribuir com a redução da velocidade dos ventos.

Lamberts, Candido, Dear e Vecchi (2013) a ventilação natural é a estratégia bioclimática mais importante em termos de conforto ambiental, pois os ambientes naturalmente ventilados resultam no resfriamento oriundos da inercia térmica. A alteração da rugosidade de uma área pode modificar a velocidade dos ventos, pois cria obstáculos para a passagem de ventos e contribui para o aumento de temperatura. A ventilação pode contribuir com o conforto térmico humano, quando está em no máximo 0.8 m/s pode provocar a sensação de resfriamento em torno de 3°C (Andreasi & Versage, 2007).

4. Considerações Finais

Este estudo aponta que o processo acentuado de urbanização contribuiu para alterar as condições microclimáticas da cidade de Juazeiro do Norte, visto que houve uma diferença significativa na temperatura, umidade relativa do ar e velocidade dos ventos nas regiões estudadas. A diferença de temperatura (6.12 °C) e de umidade relativa do ar (7.42 %) entre os Bairros pesquisados, pode ser uma consequência dos tipos de materiais que recobrem o solo, causando a alteração do microclima local.

Os pontos localizados no Parque Ecológico das Timbaúbas apresentaram valores menores em temperatura, maiores em umidade e menor em velocidade dos ventos e os pontos do Bairro Pirajá, valores altos de temperatura, baixa umidade relativa do ar e alta velocidade dos ventos, nos meses mais quentes do ano. Isso acontece devido a presença de vegetação e reservatório de água superficial no Parque Ecológico das Timbaúbas e a falta de arborização no Bairro Pirajá.

Acredita-se que a presença de árvores foi fundamental para a melhoria das variáveis climáticas no Parque Ecológico das Timbaúbas e sua ausência para o alto desconforto térmico no Bairro Pirajá. A arborização é fundamental para amenizar os efeitos negativos da urbanização e melhoria das variáveis climáticas. Sugere-se que sejam implementados programas de incentivo a arborização nas áreas urbanas da cidade de Juazeiro do Norte e uma melhor manutenção do Parque Ecológico das Timbaúbas.

Sugere-se ainda para trabalhos futuros, uma análise comportamental das ilhas de calor urbano em toda a cidade de Juazeiro do Norte através de Sensoriamento Remoto (SR) e

Sistemas de Informações Geográficas (SIG) para identificação da temperatura superficial terrestre das áreas verdes e construídas e mitigação dos impactos negativos.

Referências

Akbari, H., Pomerantz, M., & Taha, H. (2001). Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas. *Solar energy*, 70(3), 295-310.

Albuquerque, M. M., & Lopes, W. G. R. (2016). Influência da vegetação em variáveis climáticas: estudo em Bairros da cidade de Teresina, Piauí. *Raega-O Espaço Geográfico em Análise*, 36, 38-68.

Andreasi, W. A., & de Souza Versage, R. (2007). A Ventilação natural como estratégia visando proporcionar conforto térmico e eficiência energética no ambiente interno.

Barboza, E. N., da Silva Alencar, G. S., & de Alencar, F. H. H. (2020). Influência do asfaltamento nas variáveis de conforto térmico em ruas de Missão Velha-CE/Influence of asphaltting on heating comfort variables in Missão Velha-CE streets. *Brazilian Journal of Development*, 6(1), 599-607.

Barboza, E. N., da Silva Alencar, G. S., de Alencar, F. H. H., & de Moraes Felipe, Á. G. (2020). Influência da arborização nas variáveis climáticas em ruas com e sem asfaltamento na cidade de Barbalha-CE/Influence of arborization on climate variables in streets with and without asphaltting in the city of Barbalha-CE. *Brazilian Journal of Development*, 6(1), 980-986.

Bernatzky, A. (2012). *Tree ecology and preservation*. Elsevier.

Bezerra, I., Santos, J., & Aguiar, A. (2013). Ilhas de Calor: Importância da vegetação na amenização climática em João Pessoa-PB. *Revista Brasileira de Geografia Física, Recife*, 6(5), 1499-1516.

Biondi, D. (2008). Arborização urbana: aplicada à educação ambiental nas escolas. *Curitiba: O Autor*.

Callejas, I. J. A., Durante, L. C., & Rosseti, K. D. A. C. (2015). Pavimentação Asfáltica: Contribuição no Aquecimento de Áreas Urbanas. *E&S Engineering and Science*, 3(1), 64-72.

Cavalcante, M. R. C. (2007). Avaliação da qualidade térmica de praças em Maceió–Alagoas: três estudos de caso.

Coltri, P. P. (2006). *Influência do uso e cobertura do solo no clima de Piracicaba, São Paulo: análise de séries históricas, ilhas de calor e técnicas de sensoriamento remoto* (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).

Costa Saraiva, A. L. B., do Vale, C. C., & Zanella, M. E. (2017). Comportamento dos Elementos Climáticos no Município de Mossoró (RN) e os Impactos na Saúde Humana. *Revista GeoInterações*, 1(1), 87-105.

Costa, D. F. D., Silva, H. R., & Peres, L. D. F. (2010). Identificação de ilhas de calor na área urbana de Ilha Solteira-SP através da utilização de geotecnologias. *Engenharia Agrícola*, 30(5), 974-985.

Dimoudi, A., & Nikolopoulou, M. (2003). Vegetation in the urban environment: microclimatic analysis and benefits. *Energy and buildings*, 35(1), 69-76.

Duarte, D. H. S., & Serra, G. G. (2003). Padrões de ocupação do solo e microclimas urbanos na região de clima tropical continental brasileira: correlações e proposta de um indicador. *Ambiente construído*, 3(2), 7-20.

Francisco de Assis, S., de Moraes, H. F., & Vicente de Paulo, R. (2011). Influência da urbanização no clima da cidade de Campina Grande-PB. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 1, 134-145.

FURTADO, A. E. (1994). Simulação e análise da utilização da vegetação como anteparo às radiações solares em uma edificação. *Rio de Janeiro: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFRJ*.

Gartland, L. (2011). *Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas*. Oficina de Textos.

Gomes, M. A. S., & Amorim, M. C. C. T. (2003). Arborização e conforto térmico no espaço urbano: estudo de caso nas praças públicas de Presidente Prudente (SP). *Caminhos de Geografia*, 7(10), 94-106.

Heerdt, C., & Oliveira, M. C. A. D. (2016). Um estudo sobre a influência da arborização na praça da avenida NS15 da quadra 307 Norte. *Revista Desafios*, 3(esp.), 34-48.

IBGE. (2019). *Panorama da cidade de Juazeiro do Norte*. Acesso em 20 dezembro, em <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/juazeiro-do-norte/panorama>.

IPECE. (2017). *Perfil Municipal 2017 Juazeiro do Norte*. Acesso em 20 dezembro, em https://www.ipece.ce.gov.br/wpcontent/uploads/sites/45/2018/09/Juazeiro_do_Norte_2017.pdf.

Labaki, L. C., dos Santos Santos, R. F., Lotufo, B. B. C., & de Abreu Abreu, L. V. (2013). Vegetação e conforto térmico em espaços urbanos abertos. *Fórum Patrimônio: Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável*, 4(1).

Lamberts, R., Candido, C., de Dear, R., & De Vecchi, R. (2013). Towards a brazilian standard on thermal comfort. *Florianópolis: LabEEE*.

Lamberts, R., Goulart, S., Dutra, L., de Andrade, S., Pereira, F., & Barbosa, M. (1997). Building Bioclimatology in Brazil. In *14 th International Conference on Passive and Low Energy Architecture. PLEA* (Vol. 97, pp. 203-208).

Leal, L. *A influência da vegetação no clima urbano da cidade de Curitiba-PR. 2012* (Doctoral dissertation, Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Curitiba: Universidade Federal do Paraná).

Lima Neto, E. M., Bardelli-da-Silva, M. Y., da Silva, A. R., & Biondi, D. (2019). Arborização de ruas e acessibilidade no Bairro centro de Curitiba-PR. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, 5(4), 40-56.

Lima, G. G., & Ribeiro, S. C. (2012). Geomorfologia e paisagem do município de Juazeiro do Norte/CE: Relações entre a natureza semi-árida e os impactos antrópicos. *Revista Geonorte*, 3(5), 520-530.

Lombardo, M. A. (1985). *Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo*. Editora Hucitec com apoio de Lalekla SA Comércio e Indústria.

MME. (1998). *Diagnóstico do município de Juazeiro do Norte*. Acesso em 26 setembro, em: http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/16281/Rel_Juazeiro%20do%20Norte.pdf.pdf?sequence=1.

Nascimento, D. C., Rocha, G. A., & do Nascimento, V. S. (2015). Parque ecológico das timbaúbas: Um paradoxo na relação homem-natureza em Juazeiro do Norte (CE). *Boletim Goiano de Geografia*, 35(2), 339-358.

Oke, T. R. (1984). Methods in urban climatology. *Applied Climatology*, 14, 19-29.

Oliveira Júnior, A. I., Pereira, M. M., & da Costa, C. T. F. (2018). Diagnóstico de canteiros de obras situados na conurbação Crajubar no Cariri Cearense. *REEC-Revista Eletrônica de Engenharia Civil*, 14(2).

Paula, R. Z. R. D. (2005). A influência da vegetação no conforto térmico do ambiente construído.

Pereira, A.S., Shitsuka, D.M., Parreira, F.J., & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [e-book]. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Acesso em 5 março, em https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_MetodologiaPesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1.

Ritter, M. E. (2006). *The physical environment: An introduction to physical geography*. Date visited July, 25, 2008.

Santos, J. (2011). *Campo térmico urbano e a sua relação com o uso e cobertura do solo em uma cidade tropical úmida*. 108 f (Doctoral dissertation, Tese (Doutorado em Recursos Naturais). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande).

Santos, T. O. D., Moura, G. B. D. A., Silva, B. B. D., de Oliveira, L. M., & Machado, C. C. (2013). Influence of urbanization on land surface temperature in Recife city. *Engenharia Agrícola*, 33(6), 1234-1244.

SEMACE. (2010). *Parque Ecológico das Timbaúbas*. Acesso em 2 setembro, em <https://www.semace.ce.gov.br/2010/12/09/parque-ecologico-das-timbaubas/>.

Silva, G. D. J. O., Caione, C., Souza, V. L., Ramos, A. W. P., da Silva Neves, S. M. A., & dos Santos Galvanin, E. A. (2016). Ilhas de calor nas cidades contidas na Bacia do Alto Paraguai, Brasil. *Simpósio de Geotecnologias no Pantanal*, 6, 433-441.

Silva, I. M., Gonzalez, L. R., & da Silva Filho, D. F. (2019). Recursos naturais de conforto térmico: um enfoque urbano. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, 6(4), 35-50.

Solecki, W. D., Rosenzweig, C., Parshall, L., Pope, G., Clark, M., Cox, J., & Wiencke, M. (2005). Mitigation of the heat island effect in urban New Jersey. *Global Environmental Change Part B: Environmental Hazards*, 6(1), 39-49.

Souza, J. F. D., Silva, R. M., & Silva, A. M. (2016). Influência do uso e ocupação do solo na temperatura da superfície: o estudo de caso de João Pessoa-PB. *Ambiente Construído*, 16(1), 21-37.

Tyrväinen, L., Pauleit, S., Seeland, K., & de Vries, S. (2005). Benefits and uses of urban forests and trees. In *Urban forests and trees* (pp. 81-114). Springer, Berlin, Heidelberg.

Weng, Q., & Larson, R. C. (2005). Satellite remote sensing of urban heat islands: current practice and prospects. In *Geo-spatial technologies in urban environments* (pp. 91-111). Springer, Berlin, Heidelberg.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Eliezio Nascimento Barboza – 40%

Girlaine Souza da Silva Alencar – 30%

Francisco Hugo Hermógenes de Alencar – 30%