

IMPACTO DA ARBORIZAÇÃO NA TEMPERATURA E UMIDADE DO AR EM ZONA URBANA DO SEMIÁRIDO

Leoncio Gonçalves Rodrigues

Universidade Federal do Cariri

Crato - CE – Brasil

E-mail: leonmeid@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8770-9172>

Yago Neco Teixeira

Universidade Federal do Cariri

Crato - CE – Brasil

E-mail: yago.neco.teixeira@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1538-4655>

Estelita Lima Cândido

Faculdade de Medicina do ABC – FMABC

Santo André - SP – Brasil

E-mail: estelita.lima@ufca.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9434-2930>

Francisca Laudeci Martins Souza

Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ

Rio de Janeiro - RJ – Brasil

E-mail: laudecimartins@yahoo.com.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4211-3233>

Ana Célia Maia Meireles

Universidade Federal do Ceará – UFC

Crato - CE – Brasil

E-mail: ana.meireles@ufca.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8860-204>

Submetido em 07/03/2022 Aceito em 13/07/2022

DOI: [10.5380/guaju.v8i7.77741](https://doi.org/10.5380/guaju.v8i7.77741)

Resumo

O semiárido apresenta características que o distingue de outras regiões do Brasil como altas temperaturas, baixas umidades do ar, baixa precipitação e má distribuição. Nessa região, após a estação das chuvas ocorre uma elevação natural da temperatura e uma redução da umidade. As plantas do semiárido adaptaram-se para sobreviver a essas condições adversas, em sua maioria são xerófitas, caducifólias etc. Os centros urbanos são muito afetados pelo ar quente e seco na estação de

veranico, a presença de áreas verdes é essencial para mitigar as condições do clima e atenuar os efeitos da alta temperatura e baixa umidade. Posto isso, o objetivo desta pesquisa foi avaliar o impacto da arborização em centros urbanos e seus efeitos sob a temperatura e umidade do ar, utilizou-se como área de estudo praças arborizadas em Juazeiro do Norte, CE. Para tanto, foram empregadas fotografias do satélite *Landsat OLI/TIRS* do dia 14 de outubro de 2020 processadas no *software QGIS* versão 3.22, pontos de referência para coleta de dados localmente com auxílio de sensor DHT11 em Arduino Uno na projeção da copa de árvores, e dados do censo demográfico do IBGE 2010.

Palavras-chave: Preservação. Calor. Ambiente. Arduino. Satélite.

IMPACT OF ARBORIZATION ON AIR TEMPERATURE AND HUMIDITY IN SEMI-ARID URBAN AREA

Abstract

The semi-arid region has characteristics that distinguish from other regions of Brazil, such as low temperatures, low moistures, small precipitation and poor distribution. In this region, after the rains, there is a natural grow of temperature and reduction in humidity. At the Semi-arid plants have adapted to survive on these adverse conditions, most of the plants are xerophytes, deciduous etc. The urban center is the most affected by the effects of high temperature and low humidity. That said, the objective of this research was to evaluate the impact of afforestation in urban centers and its effects on air temperature and humidity, using as a study area the tree-lined squares in Juazeiro do Norte, CE. For that, they were selected photographs of the Landsat OLI/TIRS satellite of october 14, 2020 processed through in the QGIS software version 3.22, local data collection points were defined to get datas with DHT11 sensor in Arduino Uno under the treetops, and also was used dices of IBGE 2010 demographic census.

Keywords: Preservation. Heat. Environment. Arduino. Satellite.

1 Introdução

O processo de urbanização é o principal responsável na interferência da qualidade de vida dos habitantes de uma cidade em função das consequências geradas devido às demandas por infraestrutura, moradia, transporte, saúde, entre outros. Essas mudanças têm relação com a qualidade do ar, por provocar alterações, principalmente, na umidade relativa e temperatura do ambiente (ROCHA; SOUZA, 2009). Alguns dos efeitos ocasionados pela ausência de vegetação em áreas urbanas é a ocorrência do fenômeno climático

conhecido como ilhas de calor, que é a elevação da temperatura nos centros urbanos em relação ao meio rural (PINHEIRO; SOUZA, 2017).

A vegetação em áreas urbanas é de fundamental importância, uma vez que atua diretamente na melhoria e estabilidade microclimática nessas áreas, devido à redução das amplitudes térmicas, ampliação das taxas de transpiração, redução da insolação direta, dentre outros benefícios (MILANO; DALCIN, 2000). Desta forma, a arborização nos centros urbanos atua como regulador para conforto térmico humano, reduzindo a temperatura e aumentando a umidade.

O semiárido brasileiro em função das condições meteorológicas tem um clima quente e seco, principalmente nos locais inseridos no que se chama polígono das secas. Ao todo são 1.342 municípios que compõem esse polígono, onde as pessoas devem conviver com as condições adversas do clima. Centros urbanos como o município de Juazeiro do Norte, CE, além das condições impostas pela sua localização territorial, têm de lidar com os efeitos antrópicos causados pelo processo de urbanização que culminam para desconforto do clima (PINHEIRO; SILVA, 2017). O município de Juazeiro do Norte - CE tem uma temperatura média anual de 25, 2 °C e temperatura nos meses mais quentes como outubro, novembro e dezembro, com médias mensais de 26,5 °C, 26, 8 °C e 26, 4 °C, respectivamente (LIMA *et al.*, 2017).

Posto isto, o objetivo desta pesquisa é estudar o impacto da arborização na temperatura e umidade do ar. Para tanto foi empregado duas abordagens que consistiram na determinação do NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) e na medição da temperatura e umidade do ar em diferentes praças da cidade com auxílio de um sensor de umidade e temperatura do ar "DHT11" acoplado em um Arduino Uno R3.

2 Material e Métodos

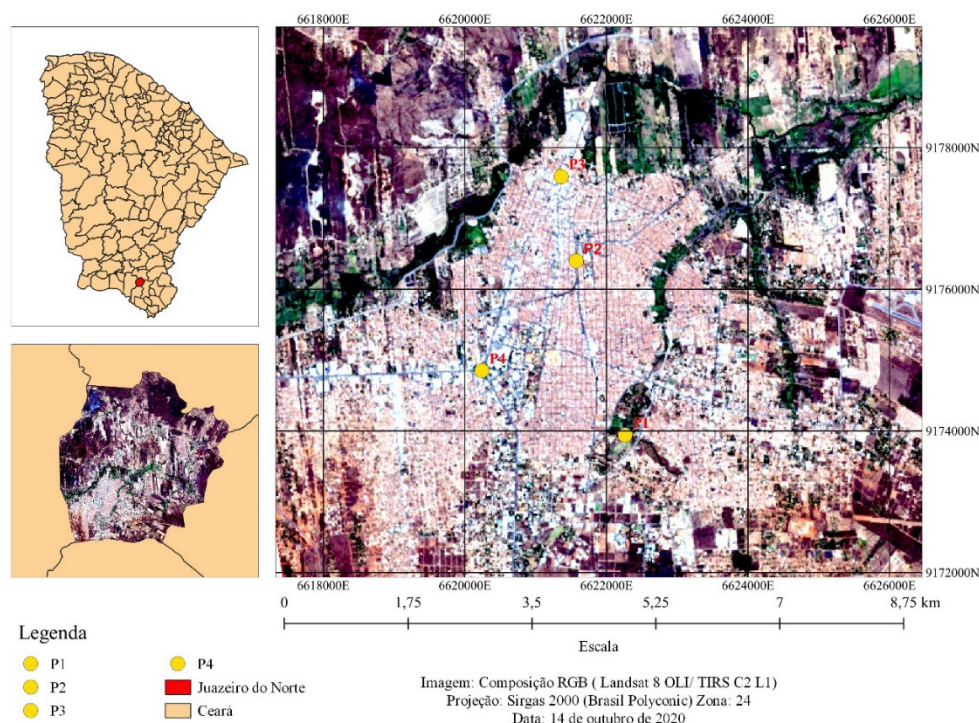
A área de estudo é o município de Juazeiro do Norte-CE, situado sob as coordenadas 39,2883 W e 7,1885 S a uma altitude média de 377,00 m em relação ao nível médio do mar. Seu clima é classificado segundo o método de Köppen-Geiger como AW, com precipitações anuais de 1133,00 mm e temperatura média do ar de 25,2 °C (LIMA *et al.* 2017).

Para esta pesquisa foram adotadas duas abordagens: uma que consistia no levantamento de dados de temperatura e umidade do ar em praças arborizadas, onde foram selecionadas quatro diferentes praças, e outra que buscou identificar a área verde do município, para tanto foi empregado o índice NDVI.

Para monitorar as condições de temperatura e umidade do ar sob copas árvores, foi utilizado um Arduino Uno R3, equipado com um sensor DTH11 de umidade e temperatura, com um intervalo de leitura da temperatura entre 0 a 50° e precisão de $\pm 2^\circ\text{C}$ e umidade entre 20 a 80% com precisão de $\pm 5\%$, o intervalo de leitura do sensor estabelecido foi de 10 segundos, sendo realizado uma média de 30 leituras para cada ponto, totalizando um tempo de amostragem de 300 s para leitura. Segundo Rodrigues, Meireles e Oliveira (2021) o sensor DHT11 permite obter de forma satisfatória dados de temperatura e umidade do ar.

A Figura 1 apresenta o mapa da área de estudo e a localização das praças onde foram monitorados a temperatura e umidade do ar, em que o Ponto P1 é a localização do parque das Timbaúba (PT), o ponto P2 é a praça dos Franciscanos (PF), o ponto P3 é a praça Padre Cicero (PC) e ponto P4 a praça do Triângulo (PT). Nos pontos, foram coletados a temperatura média do ar (TMA) e a umidade média do ar (UMA). A coleta dos dados foi realizada de 14 de outubro de 2020 a 04 de novembro de 2020, uma vez por semana, três vezes ao dia, nos intervalos de 9:00h às 10:00h, 13:00h às 14:00h e de 16:00h às 17:00h,

Figura 1. Mapa com a localização da área de estudo.



Fonte: Autor.

Para determinação do NDVI foi utilizado a imagem do satélite *Landsat 8 OLI/TIRS C2 L1* do catálogo da USGS (*United States Geological Survey*) do dia 14 de outubro de 2020 nas bandas B4 (vermelho) e B5(infravermelho), cuja a resolução espacial é de 30,00 m. O *software* de geoprocessamento utilizado foi o QGIS versão 3.22. O NDVI é um índice que realça as áreas vegetadas seu valor varia de -1,00 a 1,00 (RODRIGUES; MEIRELES; OLIVEIRA, 2021). A Equação 1 apresenta o modelo matemático de determinação do NDVI.

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

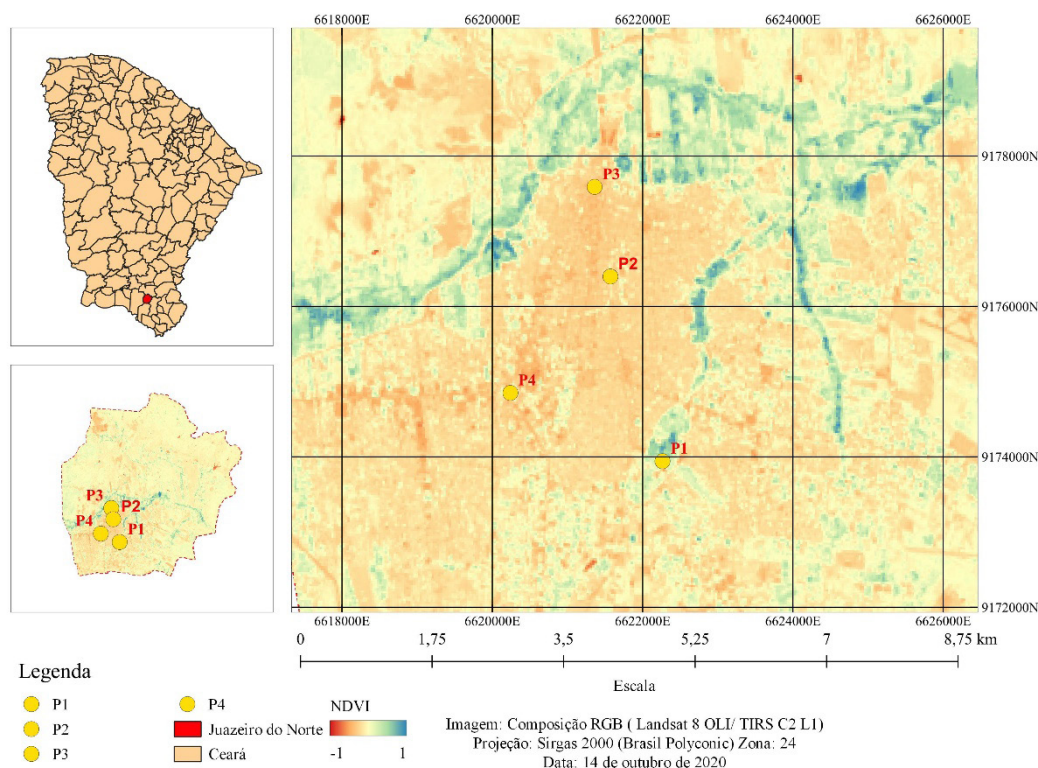
Em que: RED é a banda B4 referente a faixa espectral do vermelho e NIR é a banda B5 referente a faixa espectral do infravermelho próximo.

3 Resultados e Discussão

O NDVI observado para o município demonstra haver poucas áreas verdes, principalmente no centro urbano, onde estão inseridas as praças. Essa reduzida quantidade de vegetação detectada no índice, reflete a necessidade urgente de uma política de arborização no município. Aglomerados de massa vegetal, colaboram para menores temperaturas e maiores umidades do ar (PEREIRA; BRANDÃO; BARBOSA, 2021).

Apesar de as imagens serem do período seco do ano. As plantas do semiárido são em maioria caducifólias, ou seja, perdem suas folhas na estação seca (PEREIRA, 2021). Nos centros urbanos é comum a presença de árvores que permanecem sempre verdes para arborização, entretanto nas regiões rurais, onde há vegetação nativa as plantas perdem suas folhas na estação seca do ano, nesses locais é possível observar uma coloração amarelada no NDVI determinado, isso advém das perdas das folhas da vegetação nativa. A Figura 2 apresenta o NDVI para o município de Juazeiro do Norte, onde é possível verificar que no centro urbano tons a vermelhados e laranjas a denotam a reduzida presença de folhagens, assim portanto, a pouca presença de árvores ou sua ausência, por outro lado, tons azulados e verdes indicam forte presença de vegetação.

Figura 2. Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) em Juazeiro do Norte, CE.



Fonte: Autor.

Nota-se ainda que com exceção dos pontos P1 “Parque das Timbaúba” nas demais praças o NDVI não capta a presença de árvores, seja por consequência da resolução da imagem ou pela ausência das mesmas. Assim, a resolução espacial que é de 30,00 m pode afetar essa exatidão. Rodrigues, Meireles e Oliveira (2021) relatam que imagens com menor resolução pode trazer um maior nível de detalhamento.

Os resultados de temperatura e umidade obtidos do sensor DHT11, foram submetidos ANOVA utilizando o teste de Tukey com fator de variação “praças”, para o nível de 5% de probabilidade. A temperatura do ar no horário das 9:00h não demonstrou diferença significativa, a média geral foi de 31,13 °C e o coeficiente de variação de (CV) de 3,52%. Por outro lado, o horário das 14:00h demonstrou diferença significativa para as praças, com uma média geral de 36,02 °C e um CV de 1,88%. Para o horário das 5:00h não se observou diferença significativa para as praças, mas entre as coletas, a média geral foi de 34, 65 °C e o CV de 1,2%. Magalhães *et al.* 2020 relata que devido as mudanças climáticas o município

de Juazeiro do Norte-CE tende a sofrer com aumentos de temperatura. Como as médias de temperatura já são altas nos diferentes horários, no período seco do ano, faz-se necessário ainda mais importante a reintrodução de espécies arbóreas na cidade.

Os resultados para umidade relativa do ar, não apresentaram diferença significativa às 9:00h, a média geral foi de 39,36% e o CV de 6,62%. Para o horário das 14:00h, houve diferença significativa, a média geral de 22,10% e o CV de 5,31%. Para as 17:00h não houve diferença significativa, a média geral foi de 23,00% e o CV de 4,61. Os baixos registros de umidade do ar demonstram um risco para a saúde humana. Novais *et al.* (2018) relata a importância do cuidado constante ao realizar atividades físicas em condições de baixa umidade do ar, devendo se evitar horários mais quentes. A Tabela 5 demonstra as médias do teste de Tukey nos horários das 9:00h; 14:00h e 17:00h para temperatura e umidade.

Tabela 1 - Médias para o teste de Tukey para o fator variação praças nos horários das 9:00h; 14:00h e 17:00h.

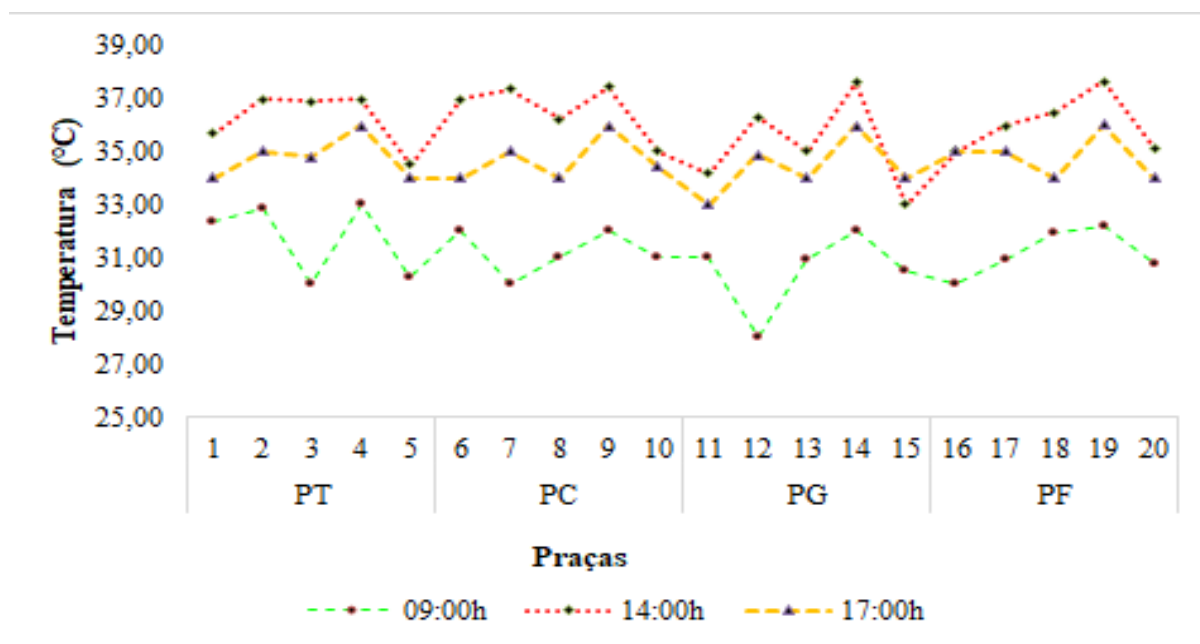
Locais	Temperatura do ar °C			Umidade relativa do ar (%)		
	9:00h (ns)	14:00h (*)	17:00h (ns)	9:00h (ns)	14:00h (*)	17:00h (ns)
PT	31,35a	36,22b	34,76a	37,66a	21,20a	22,22a
PC	30,42a	36,6ab	34,68a	40,20a	22,00ab	23,80a
PG	30,95a	35,22ab	34,76a	40,20a	23,80b	23,60a
PF	31,35a	36,06b	34,80a	39,40a	21,40a	22,40a

*Significativo a 5% de probabilidade; ns: não significativo; valores seguidos da mesma letra não diferem entre si estatisticamente.

Fonte: Autor.

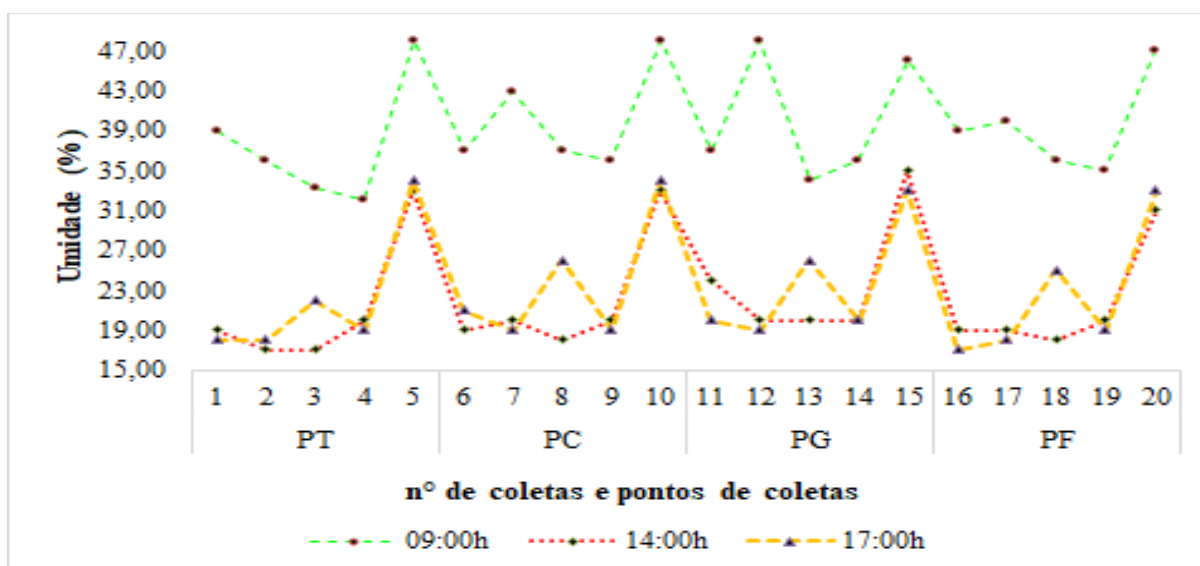
De acordo com os resultados apresentados na Tabela 1, pode-se observar que as maiores temperaturas médias foram registradas no horário das 14:00h assim como, as menores umidades do ar, por outro lado às 9:00h a temperatura do ar encontra-se mais baixa e a humidade relativa mais elevada. Por fim, constata-se que as 17:00h quando comparado com as 14:00h, houve uma menor temperatura e um leve aumento da humidade do ar. Muniz e Caracristi (2021) estudando o município de sobral observaram comportamento semelhante na variação da temperatura e umidade ao longo do dia. As Figuras 4 e 5 apresentam a representação gráfica dos dados coletados de temperatura e umidade nos diferentes horários respectivamente.

Figura 3 - Variação da temperatura do ar, nas praças de Juazeiro do Norte - CE, em diferentes horários e pontos de amostragem.



Fonte: Autor.

Figura 4 - Variação da umidade relativa do ar, nas praças de Juazeiro do Norte - CE, em diferentes horários e pontos de amostragem.



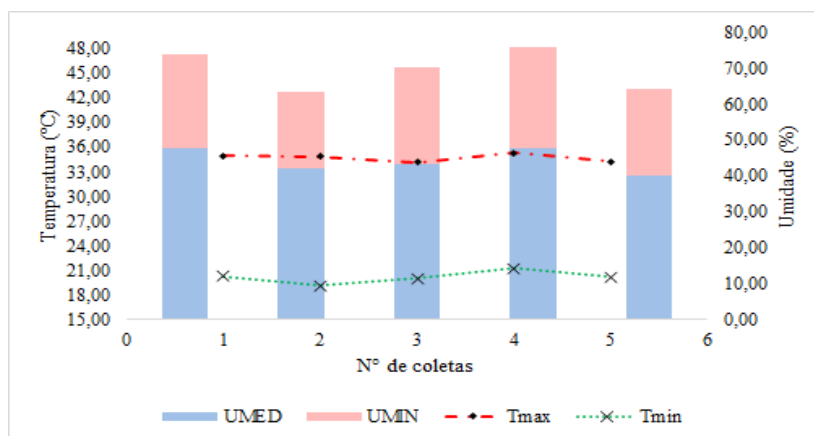
Fonte: Autor.

De acordo com o gráfico da Figura 3, pode-se observar pouca variação para temperatura nos diferentes horários de coleta, sendo que a maior variação foi no período das 14:00h, colaborando assim para diferença significativa para o teste de Tukey. Do mesmo modo, observa-se para umidade relativa onde para o período das 14:00h, observou-se também diferença significativa em torno da média.

Em estudos Duarte e Maitelli (1999) em medições de temperatura e umidade relativa do ar na superfície, em alguns pontos fixos da cidade de Cuiabá (MT). Verificaram uma amplitude térmica de até 6°C entre os pontos de baixa ocupação e as áreas densamente construídas, concluindo que a área mais aquecida é o centro da cidade, enquanto as mais secas são aquelas que apresentam alto índice de pavimentação. Vila Nova, Gonçalves e Santos Lima (2021) relatam o efeito das ilhas de calor nos centros urbanos, em função da pequena concentração das árvores. O NDVI e as leituras obtidas nas praças permitem observar esse efeito.

Comparando os dados coletados nas praças, com os obtidos nas estações do INMET mais próxima em Barbalha-CE, observa-se que a temperatura máxima para o período foi de 35,3 °C enquanto que a umidade de 47,66 %. Por outro lado, nas praças a temperatura máxima registrada foi de 37,67 °C e 48% para umidade, valores bem aproximados. Comparando os dois pontos verifica-se uma amplitude térmica de 2,37°C. Segundo Medeiros e Holanda (2019) em balanço hídrico a temperatura média do ar para o mês em que foram observados os dados nas praças é de 27,4 °C. Ressalta-se, que a estação de Barbalha, município limítrofe de Juazeiro do Norte-CE, está localizada em zona rural. Assim verifica-se que o centro urbano de Juazeiro do Norte é mais aquecido. A Figura 5 apresenta as temperaturas máximas, mínimas, umidades relativas do ar máxima e média.

Figura 5 - Variação da umidade do ar média (UMED), umidade mínima (UMIN), temperatura máxima (Tmax), temperatura mínima (Tmin), na estação meteorológica de Barbalha - CE do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).



Fonte: Autor.

As umidades mínimas observadas na estação do INMET, são próximas às coletadas no sensor para os períodos da tarde e fim de tarde, conforme apresentado na Figura 4 e 5. Demonstrando a eficiência de coleta de dados assim como evidenciando um risco a saúde humana. Portanto, deve-se evitar os horários da tarde e fim de tarde para práticas desportivas nos períodos mais quentes e secos do ano, a fim de evitar problemas de saúde.

Segundo Oliveira (1996), alguns dos benefícios da vegetação urbana são: controle climático; controle da poluição do ar e acústica; melhoria da qualidade estética; efeitos sobre a saúde mental e física da população; aumento do conforto ambiental; valorização de áreas para convívio social; valorização econômica das propriedades e formação de uma memória e do patrimônio cultural.

Gonçalves *et al.* (2018) relatam a importância da arborização urbana para qualidade de vida nas cidades, relatando haver uma relação lógica entre arborização e qualidade de vida, fato que está embasado nas questões éticas, estatísticas e psicológicas. E que é muito importante que um planejamento prévio para arborização.

Londe e Mendes (2014), afirma que a qualidade do ambiente urbano depende muito dos seus espaços verdes, onde estes devem ser adequados e de fácil acesso a população. Paiva (2021) relata alguns benefícios da arborização como: purificação do ar, fixação de poeiras, depuração bacteriana, reciclagem de gases, temperatura amenas, minimização de ruídos e valorização visual.

Nesse sentido, pelo observado no índice NDVI e nos registros de temperatura e umidade do ar obtidos nas diferentes praças de Juazeiro do Norte, a necessidade de uma maior arborização, e de um planejamento adequado para reintrodução arbórea nos centros urbanos, afim de mitigar, os efeitos deletérios da ausência de áreas verdes.

4 CONCLUSÕES

O NDVI é uma ferramenta que permite avaliar as áreas verdes em centros urbanos, e pode auxiliar no processo de rearborização de áreas. Pela manhã e ao entardecer a temperatura e umidade são mais amenas e às 14:00 h atinge valores extremos. A arborização é essencial para garantir a qualidade de vida nas cidades, trazendo benefícios a saúde e estéticos. Para pesquisas futuras, pode-se utilizar diferentes tipos de Arduino em diferentes pontos com Data Logger's capazes de armazenar dados durante um período de tempo superior a seis meses. Dessa forma, pode-se verificar com maior amplitude as variações de temperatura e

umidade do ar nas áreas urbanas arborizadas ou **não** arborizadas. Pode-se também utilizar outros sensores, como o sensor LDR, para verificar a intensidade de luminosidade nas áreas arborizadas, ou seja, avaliar a quantidade de luz incidente em uma área coberta por copas de árvores. Os dados coletados com Arduino instalado em diferentes pontos podem ainda ser utilizados através do método inverso da distância (IDW) para espacialização da temperatura e umidade nas áreas urbanas. Desse modo, o sistema proposto nesse trabalho abre uma gama de possibilidades para uma infinidade de pesquisas nas áreas urbanas.

REFERÊNCIAS

DUARTE, D.; MAITELLI, G. T. Clima Urbano e Planejamento em Regiões Tropicais Continentais. In: V Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 1999, Fortaleza/CE. Anais.

GONÇALVES, L. M. *et al.* Arborização Urbana: A Importância do seu Planejamento para Qualidade de Vida nas Cidades. **Revista ensaios científicos**, v. 22, n. 2., p. 128-136, 2018.

LIMA, M. T. V. *et al.* Koppen-Geiger and Thornthwaite climatic classification for the metropolitan region of the Cariri, Ceará. **Revista Geama**, v. 3, n. 3, p. 136-143, 2017.

LONDE, P. R.; MENDES, P. C. A Influência das áreas verdes na qualidade de vida urbana. **Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 10, n. 1, p. 264-272, 2014.

MAGALHÃES, J. H. F. *et al.* Avaliação dos impactos das mudanças climáticas na temperatura em juazeiro do norte segundo modelos globais do IPCC. In: XV Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2020, Recife/PE. Anais.

MEDEIROS, R. M. de.; HOLANDA, R. M. de. Classificação climática e balanço hídrico pelo método de Köppen e Thornthwaite do município de Barbalha, Ceará, Brasil. **Revista Equador**, v. 8, n. 3, p. 19-43, 2019.

MILANO, M.; DALCIN, E. **Arborização de vias públicas**. 1ª Ed. Rio de Janeiro: Light, 2000.

MUNIZ, F. G. L.; CARACRISTI, I. Análise da variação da temperatura e umidade no período de pré-estação chuvosa na cidade de Sobral-CE. **Revista Research Society**, v. 10, n. 17, 214101724780, 2021.

NOVAIS, J. W. Z. *et al.* Índice de Temperatura e Umidade (ITU) Visando o Conforto Térmico para o Parque Mãe Bonifácia, Cuiabá-MT. **Revista ensaio e ciência**, v. 22, n. 2, p. 69-75, 2018.

OLIVEIRA, C. H. *Planejamento ambiental na cidade de São Carlos (SP) com ênfase nas áreas públicas e áreas verdes: diagnóstico e propostas*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, São Carlos – SP, 1996.

PAIVA, C. M.; VARGAS, A. S. **Arborização e conforto térmico no espaço urbano**. In: Seminário Científico do UNIFACIG, 2021, Rio de Janeiro/RJ, Anais.

PEREIRA, J. D. S.; BRANDÃO, L. K. V. Análise da distribuição espacial de áreas verdes urbanas na qualidade térmica em região de clima semiárido. **Revista Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 7, n. 1, p. 1-9, 2021.

PEREIRA, M. F. *Agrobiodiversidade, produção de serrapilheira e cobertura do solo em sistemas agroflorestais de região semiárida*. TCC. Universidade Federal do Ceará – UFC, Fortaleza – CE, 2021.

PINHEIRO, C. R.; SOUZA, D. D. A importância da arborização nas cidades e sua influência no microclima. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 6, n. 1, p. 67 - 82, 2017.

PINHEIRO, M. A.; SILVA, J. M. O. Análise da temperatura de superfície e a relação com o NDVI da zona urbana do município do Crato/Ceará. (2017). **Revista casa da geografia de Sobral**, v. 21, n. 1, p. 334-347, 2019.

ROCHA, L. M. V.; SOUZA, L. C. L. Desenho urbano, clima e saúde em São José do Rio Preto. In: Simpósio de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, 2009, Maringá/PR, Anais.

RODRIGUES, L. G., MEIRELES, A. C. M. Desenvolvimento de software e miniestação meteorológica com arduino para monitoramento da umidade do solo, temperatura e umidade do ar. In: Inovagri II Virtual Meeting 2021/XXX Congresso Nacional de Irrigação, 2021, Fortaleza/CE, Anais.

RODRIGUES, L. G., MEIRELES, A. C. M. Emprego do sensoriamento remoto para análise do uso e ocupação do solo no perímetro irrigado várzeas de Sousa-PB. **Revista Irriga**, v. 1, n. 4, p. 722-720, 2021.

VILA NOVA, R. A.; GONÇALVES, R. M. Análise Temporal de Ilhas de Calor Através da Temperatura de Superfície e do Índice de Vegetação em Recife-PE, Brasil. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 3, n. 2, p. 598-614, 2021.