



ESTUDO MICROCLIMÁTICO EM ÁREAS EXTERNAS DE CONVIVÊNCIA SOCIAL DO CAMPUS CENTRAL DA UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE

MICROCLIMATIC STUDY IN EXTERNAL AREAS OF SOCIAL COEXISTENCE OF THE CENTRAL CAMPUS OF THE STATE UNIVERSITY OF RIO GRANDE DO NORTE

ESTUDIO MICROCLIMÁTICO EN ÁREAS EXTERNAS DE CONVIVENCIA SOCIAL DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE RÍO GRANDE DO NORTE

Letícia Gabriele da Silva Bezerra ⁽¹⁾

Ana Luiza Bezerra da Costa Saraiva ⁽²⁾

Alfredo Marcelo Grigio ⁽³⁾

⁽¹⁾ *Graduada no curso de bacharelado em Gestão Ambiental da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte.*

e-mail:

leticia gabrielesb@gmail.com

⁽²⁾ *Mestra em Geografia pela Universidade Federal do Espírito Santo e professora do Departamento de Geografia do Campus Avançado Prefeito Walter de Sá Leitão da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte.*

E-mail:

ageopesquisadora@hotmail.com

⁽³⁾ *Doutor em Geodinâmica pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte e professor Adjunto IV do Departamento de Gestão Ambiental do Campus Central da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte.*

E-mail:

alfredogrigio1970@gmail.com

Resumo

A arborização urbana é de suma importância para áreas semiáridas, pois pode contribuir para condições termohigrométricas que proporcionem conforto térmico para população. Considerando esta realidade, foi realizado um estudo microclimático na cidade de Mossoró, nas áreas externas de convivência social do Campus Central da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN) durante o período climático mais quente e seco do município com o objetivo de comparar os dados climáticos em três áreas com padrões distintos de arborização. Foram coletados dados de temperatura do ar, umidade relativa do ar e temperatura da superfície do solo. Posteriormente, foi utilizado o Índice de Calor. As amplitudes térmicas variaram entre 4,6 °C às 12h e 13h e 1,4 °C às 16h. Já as amplitudes higrométricas variaram entre 0% às 11h e 8,8% às 14h, sendo que os pontos mais arborizados registraram as menores temperaturas do ar e maiores teores de umidade. As menores temperaturas superficiais do solo, bem como os valores do Índice de Calor foram registradas no ponto mais sombreado. Estes resultados demonstraram o quão importante é a arborização para amenizar as temperaturas, aumentar os teores de umidade relativa do ar e reduzir os Índices de Calor nas áreas externas de convivência social da UERN.

Palavras chave: Microclima urbano; Semiárido; Arborização.

Abstract

Urban afforestation is of paramount importance for semiarid areas, as it can contribute to thermohygro-metric conditions that propose thermal comfort for the population. Considering this reality, a microclimatic study was carried out in the city of Mossoró, in the external areas of social coexistence of the Central Campus of the State University of Rio Grande do Norte (UERN) during the hottest and driest climatic period of the municipality with the objective of comparing climate data in three areas with distinct patterns of afforestation. Data on air temperature, relative humidity and soil surface temperature were collected. Subsequently, the Heat Index was used. Thermal amplitudes ranged from 4.6 °C to 12:00 and 1:00 pm and 1.4 °C to 4:00 pm. The hygrometric amplitudes varied between 0% at 11am and 8.8% at 2 pm, and the more wooded spots recorded the lowest air temperatures and higher moisture content. The lowest surface temperatures of the soil, as well as the values of the Heat Index were recorded at the most shaded point. These results demonstrated how important afforestation is to soften temperatures, increase relative humidity levels and reduce heat indices in the external areas of social coexistence of UERN.

Keywords: Urban microclimate; Semiarid; Afforestation.

Resumen

La forestación urbana es de suma importancia para las zonas semiáridas, ya que puede contribuir a las condiciones termohigrométricas que proponen confort térmico para la población. Teniendo en cuenta esta realidad, se realizó un estudio microclimático en la ciudad de Mossoró, en las zonas externas de convivencia social del Campus Central de la Universidad Estatal de Rio Grande do Norte (UERN) durante el período climático más caluroso y seco del municipio con el objetivo de comparar datos climáticos en tres áreas con distintos patrones de forestación. Se recogieron datos sobre la temperatura del aire, la humedad relativa y la temperatura del suelo. Posteriormente, se utilizó el índice de calor. Las amplitudes térmicas oscilaban entre 4,6 oC y 12:00 y 1:00 pm y 1,4 oC a 4:00 pm. Las amplitudes higrométricas variaron entre 0% a las 11 am y 8.8% a las 2 pm, y los puntos más arbolados registraron las temperaturas más bajas del aire y un mayor contenido de humedad. Las temperaturas superficiales más bajas del suelo, así como los valores del índice de calor se registraron en el punto más sombreado. Estos resultados demostraron lo importante que es la forestación para suavizar las temperaturas, aumentar los niveles de humedad relativa y reducir los índices de calor en las áreas externas de coexistencia social de la UERN.

Palabras clave: Microclima urbano; Semiárido forestación.

1. Introdução

As áreas urbanas brasileiras são marcadas por complexas relações sociais, econômicas, culturais e ambientais. Quando o planejamento e a gestão destas cidades não acompanham seu processo de crescimento com o propósito de construir locais mais justos, salubres e sustentáveis, os níveis de qualidade urbana e de vida da população podem diminuir significativamente.

O uso e ocupação do solo urbano pode influenciar na dinâmica dos elementos da natureza e na vida da população citadina, tais como: impactos causados pelo escoamento superficial das águas pluviais, deslizamento de encostas, valores inapropriados de poluentes na atmosfera, baixos teores de umidade relativa do ar, elevadas temperaturas do ar e desconforto térmico humano.

A exemplo, o município de Mossoró, estado do Rio Grande do Norte (RN), passou por diversas transformações de uso e ocupação do solo decorrentes do processo de urbanização, que impactam diretamente o clima local, ocasionando alterações microclimáticas, como: elevadas temperaturas do ar, baixos teores de umidade relativa do ar, ilhas de calor e o desconforto térmico, interferindo na qualidade de vida e saúde dos cidadãos e cidadãs (SARAIVA, 2014).

Esse sistema de relação do clima local com as interferências em virtude do processo de urbanização, Monteiro (2003, p.19) denominou como clima urbano, que é “um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização”. O autor também complementa que estudar o clima urbano é “[...] preocupação geográfica de alguém que está consciente de que o universo urbano está amplamente aberto ao que há de mais interdisciplinar” (MONTEIRO, 2003, p.10).

Saraiva, Vale e Zanella (2017), relatam os principais impactos causados à saúde humana em virtude das variáveis climáticas, principalmente as altas temperaturas do ar, que podem causar: desconforto térmico, agravamento de doenças relacionadas aos aparelhos respiratório e circulatório, que também são influenciados pela idade e estado de saúde física, e o câncer de pele pela exposição intensa e frequente a radiação solar.

Algumas das implicações citadas poderiam ser evitadas e/ou minimizadas com o plantio de árvores no perímetro urbano, pois as árvores propiciam o conforto térmico humano por meio da redução das temperaturas do ar e das superfícies pelo sombreamento, e aumento do teor de



umidade relativa do ar (ALBUQUERQUE; LOPES, 2016; SARAIVA; VALE; ZANELLA, 2017).

Para locais quentes, secos ou sazonalmente secos, como áreas de clima Semiárido, as estratégias relacionadas à arborização urbana são de suma importância, pois podem tornar as áreas urbanas mais agradáveis do ponto de vista térmico e higrométrico. Além de ser uma estratégia de baixo custo tendo em vista os benefícios proporcionados.

O município de Mossoró, conta com algumas pesquisas climáticas a respeito do seu campo térmico e higrométrico, e do canal de percepção humana do conforto térmico relacionadas a importância da arborização na atenuação das temperaturas do ar e aumento do teor de umidade relativa do ar, como as de: Saraiva, Vale e Zanella (2012), Saraiva (2014), Saraiva, Vale e Zanella (2017), Neres, Santos e Carvalho (2015), Araujo (2017), Araujo, Saraiva e Grigio (2017).

Inspiradas nestas pesquisas surgiu o interesse em realizar um estudo microclimático nas áreas externas de convivência social do Campus Central da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), Mossoró/RN, que são utilizadas como área de estudo, descanso e lazer pelos usuários relacionado ao fator da arborização, pois como alerta Bezerra (2019, p. 62):

[...] o ambiente acadêmico exige preparo, atenção, estímulo, entre outras características, dos seus alunos e funcionários, acredita-se que áreas de convivência termicamente confortáveis e agradáveis possam favorecer a saúde mental, bem como, a qualidade de vida dos que frequentam estes ambientes.

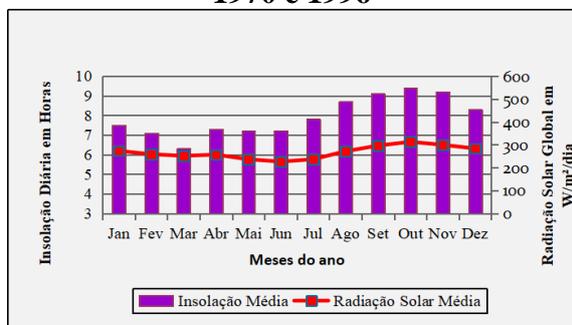
Portanto, o objetivo deste trabalho foi analisar os elementos: temperatura do ar, umidade relativa do ar e temperatura da superfície do solo, e aplicar o Índice de Calor em três áreas externas de convivência social do Campus Central da UERN que apresentam distintos padrões de arborização e solo entre si, no período climático mais quente e seco do município de Mossoró no ano de 2018. Cabe ressaltar que, este trabalho é um recorte da pesquisa de monografia de Bezerra (2019) do curso de Gestão Ambiental, da UERN.

Os resultados desta pesquisa possibilitarão a compreensão do comportamento dos elementos estudados nas áreas de convivência do Campus Central da UERN, vista a serem utilizados como base para construção de áreas termicamente mais confortáveis, proporcionando bem-estar a seus usuários e minimizando os impactos adversos a saúde humana.

2. Materiais e métodos

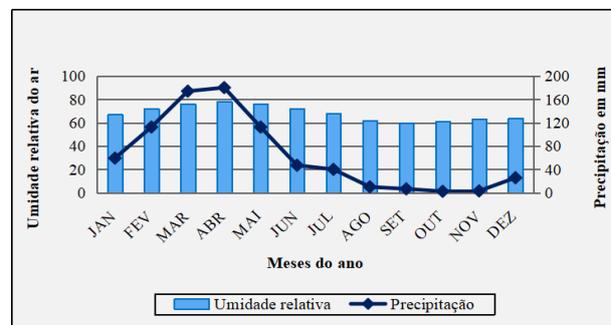
O município de Mossoró, localizado na porção semiárida do RN, apresenta altas temperaturas ao longo do ano, regime de chuvas concentrado em alguns meses, longos períodos de insolação e altos valores de radiação solar (SARAIVA, 2014). Nas figuras 1, 2, 3 e 4 é possível observar o comportamento anual entre 1970 e 1996 dos valores médios de: radiação solar e insolação, precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar, temperatura do ar, e velocidade do vento e pressão atmosférica, em Mossoró.

Figura 1: Comportamento anual dos valores médios de radiação solar em Watts por metro² por dia (W/m²/dia) e da insolação em horas em Mossoró entre 1970 e 1996



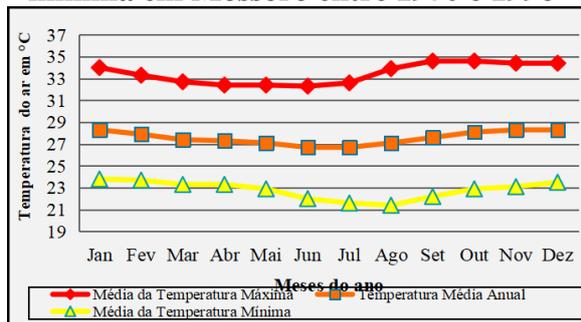
Fonte: Chagas (1997) organizado por Saraiva (2014).

Figura 2: Comportamento anual dos valores médios de precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar em Mossoró entre 1970 e 1996



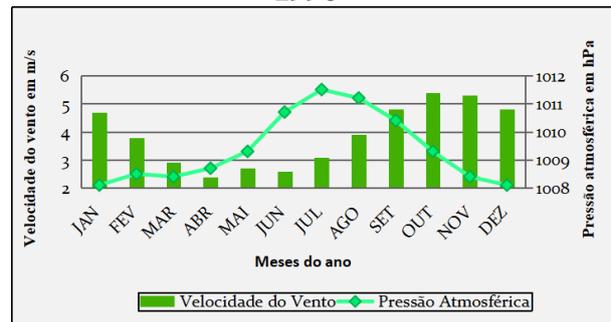
Fonte: Chagas (1997) organizado por Saraiva (2014).

Figura 3: Comportamento anual dos valores médios de temperatura do ar, da temperatura máxima e temperatura mínima em Mossoró entre 1970 e 1996



Fonte: Chagas (1997) organizado por Saraiva (2014).

Figura 4: Comportamento anual dos valores médios da velocidade do vento e da pressão atmosférica Mossoró entre 1970 e 1996



Fonte: Chagas (1997) organizado por Saraiva (2014).

Como é possível observar o comportamento das variáveis climáticas nas figuras 1,2,3 e 4, o município de Mossoró apresenta três períodos climáticos significativos: chuvoso e quente (fevereiro, março, abril e maio), seco e com leve redução das temperaturas (junho e julho), e mais quente e seco (setembro, outubro e novembro). Sendo selecionado o mês de novembro

para a realização do estudo, pois o mesmo compõe o período climático mais quente e seco do município de Mossoró, característico pelas altas temperaturas e baixos teores de umidade do ar, onde é possível observar os maiores benefícios da arborização (SARAIVA, 2014).

O Campus Central da UERN, está localizado no bairro Costa e Silva, Mossoró/RN, no qual foram realizadas observações *in loco* para a caracterização das suas áreas externas de convivência social, de acordo com os diferentes padrões de arborização e cobertura do solo, sendo selecionados três pontos para o levantamento dos elementos (Figura 5): temperatura do ar, umidade relativa do ar e da temperatura da superfície do ar.

Figura 5: Localização dos pontos selecionados no Campus Central da UERN



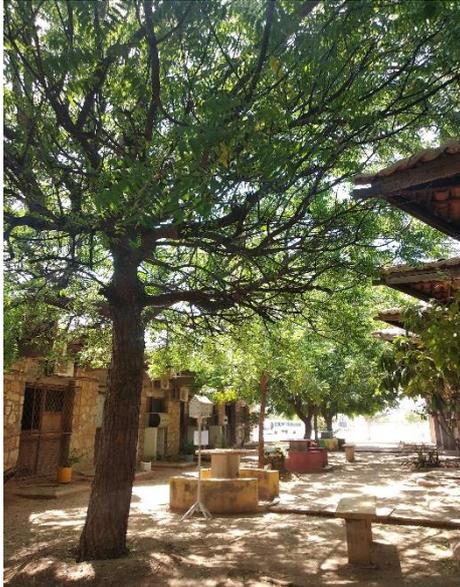
Fonte: Google Earth, 2018. Modificado pelos autores, 2019.

O P01 é a área externa de convivência social do curso de Pedagogia, a área mede 537,04 m², possui seis árvores de grande porte, que são seis *Neens* (*Azadirachta indica*), que proporcionam sombreamento em toda a área, o solo em sua maioria é exposto, com pequenas passarelas de concreto (Figura 6).

O P02 é a área do curso de Ciências Contábeis, a área mede 575,5 m², possui quatro árvores, que são: 1 Mangueira (*Mangifera indica*), 1 Jacaranda (*Jacaranda mimosifolia*), 1 Pomeleira/Toranjira (*Citrus maxima*) e 1 Cajueiro (*Anacardium occidentale*), no entanto a copa destas árvores proporcionam pouca sombra sobre a área, deixando sua maior parte exposta ao sol, seu solo é impermeabilizado com ladrilhos de concreto e uma parte recoberto por grama (Figura 7).

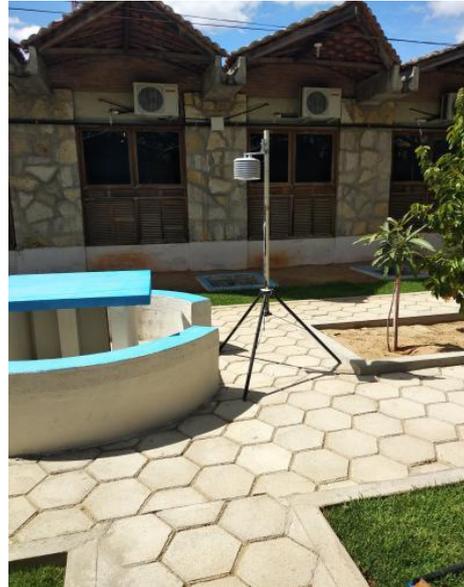
O P03 é a área do curso de Ciências econômicas, a área mede 294,2 m², possui 11 árvores de pequeno a médio porte, que são: 1 Craibeira (*Tabebuia aurea*) e 10 *Neens* (*Azadirachta indica*), seu solo é impermeabilizado com ladrilhos de concreto e uma parte recoberta por grama (Figura 8).

Figura 6: Localização do P01



Fonte: Bezerra (2019).

Figura 7: Localização do P02



Fonte: Bezerra (2019).

Figura 8: Localização do P03



Fonte: Bezerra (2019).

O trabalho de campo para a coleta dos dados ocorreu no dia 23 de novembro de 2018, entre às 8h e 16h, este intervalo horário foi definido em detrimento dos recursos humanos para instalação, manuseio, controle e desinstalação dos equipamentos. O estudo se configurou como

microclimático, pois a extensão das áreas externas de convivência social, juntas, não ultrapassam 10 quilômetros. E de escala temporal contemporânea utilizando-se de variabilidades climáticas de curta duração (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Para a coleta dos dados climáticos foram utilizados um termo higrômetro *datalogger* Impac – modelo IP 747RH e dois da Onset – *Hobo datalogger*, que podem ser observados nas Figuras 9 e 10 a seguir, programados para realizarem registros em intervalos horários de uma hora. Os aparelhos foram acomodados em um abrigo meteorológico construído de madeira, com entradas para a circulação do ar, com altura de 1,50 metro e dois abrigos constituídos de câmeras plásticas e tripés de ferro, também a uma altura de 1,50 metros, conforme visualização das Figuras 11 e 12. Na coleta de temperatura superficial do solo foi utilizado dois termômetros de infravermelho da marca Incoterm, Figura 13, sendo utilizado também a cada uma hora.

Figura 9: Aparelho termo higrômetro datalogger Impac – modelo IP 747RH



Fonte: Bezerra (2019).

Figura 10: Aparelho termo higrômetro datalogger Onset – Hobo logger



Fonte: Bezerra (2019).

Figura 11: Abrigo meteorológico construído de madeira



Fonte: Bezerra (2019).

Figura 12: Abrigo meteorológico com estrutura de plástico e ferro



Fonte: Bezerra (2019).

Figura 13: Termômetro de infravermelho



Fonte: Acervo da pesquisa de Bezerra, 2019.

Posteriormente, todos os dados foram organizados em tabelas e gráficos no *software WPS spreadsheets*, desenvolvido pela *Kingsoft*. Os dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar passaram pelo processo de calibração, para evitar possíveis oscilações entre os dados coletados com diferentes marcas de equipamentos, conforme metodologia adaptada de Saraiva (2014). As fórmulas utilizadas no processo de calibração dos equipamentos utilizados se encontram no Quadro 1.

Quadro 1: Fórmulas utilizadas no processo de calibração dos elementos climáticos

| Equipamentos | Temperatura do ar | Umidade relativa do ar |
|--------------|-------------------|------------------------|
| 01 | =1,1207x - 3,7578 | =1,1438x - 9, 2813 |
| 02 | =1,0447x - 2,1128 | =0,8396x + 20,022 |
| 03 | = 1,0731x- 2,8477 | =0,9192 + 13,577 |

Fonte: Bezerra (2019). Adaptado pelos autores, 2019.

Para a obtenção do Índice de Calor (IC), foram aplicados a temperatura do ar e a umidade relativa do ar na fórmula a seguir, da qual resulta na sensação térmica humana aproximada, fornecida pela *National Weather Service* (NWS) e *National Oceanic And Atmospheric Administration* (NOAA) (NWS; NOAA, 2011).

$$IC = -42,379 + 2,04901523 \times T + 10,14333127 \times UR - 0,22475541 \times T \times UR - 6,83783 \times 10^{-3} \times T^2 - 5,481717 \times 10^{-2} \times UR^2 + 1,22874 \times 10^{-3} \times T^2 \times UR + 8,5282 \times 10^{-4} \times T \times UR^2 - 1,99 \times 10^{-6} \times T^2 \times UR^2$$

Onde:

IC = Índice de Calor dado em °C;

T = temperatura do ar em °C;

UR = umidade relativa do ar em %.

Com o resultado do IC é possível identificar a sua classificação e os possíveis malefícios a saúde humana (Figura 14).

Figura 14: Classificação do IC

| Classificação | Índice de calor | Possíveis efeitos à saúde humana | Cor correspondente |
|-----------------|------------------|---|--------------------|
| Não há alerta | < 26,5 °C | Nenhum efeito | |
| Cuidado | 26,6°C - 32,2 °C | Possível fadiga com exposição prolongada e / ou atividade física | |
| Extremo cuidado | 32,3°C - 39,4°C | Possível insolação, câimbras e exaustão, com exposição prolongada e / ou atividade física | |
| Perigo | 39,5°C - 51,1°C | Insolação, câimbras, exaustão, com exposição prolongada e / ou atividade física | |
| Extremo perigo | ≥ 51,2 °C | Insolação térmica altamente provável caso haja exposição contínua | |

Fonte: NWS; NOAA, 2011. Tradução nossa. Adaptado pelos autores, 2019.

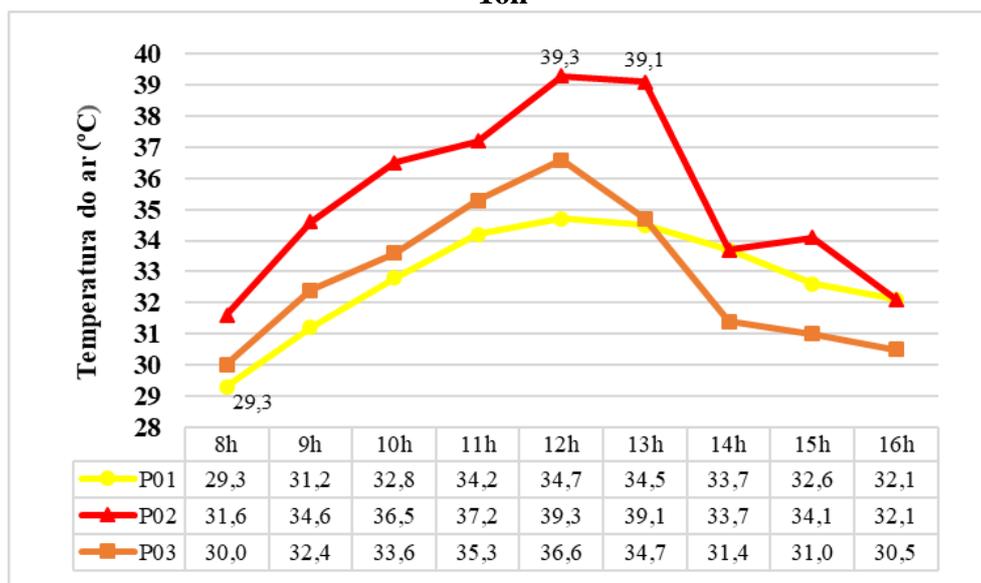
Salienta-se que este estudo é um recorte da pesquisa de monografia de Bezerra (2019) intitulada “Análise microclimática das áreas de convivência do Campus Central da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – episódio de primavera”, do curso de Gestão Ambiental (bacharelado), do Departamento de Gestão Ambiental, Faculdade de Ciências Econômicas do Campus Central da UERN.

3. Resultados e discussões

De acordo com as informações do Centro de Previsões de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC, 2018), para o dia 23 de novembro de 2018 era previsto variações de nuvens pela manhã e pancadas de chuva pela tarde, porém, a manhã do dia 23 foi ensolarada, com céu parcialmente nublado apenas às 14h da tarde.

A Figura 15, traz os registros de temperaturas do ar no episódio estudado, entre às 8h e 16h, estas ficaram entre 29,3 °C às 8h no P01 e 39,3°C às 12h no P02. Entre às 8h e 13h o P01 registrou as menores temperaturas do ar, a partir das 14h até às 16h estas passam a ser registradas no P03. Já as temperaturas mais elevadas são encontradas em todos os intervalos horários no P02.

Figura 15: Temperatura do ar em graus Celsius (°C) nos pontos estudados, entre às 8h e 16h



Fonte: Pesquisa de campo, 2018. Elaborado pelos autores, 2019.

Apesar do P03 apresentar o maior número de árvores, a maioria das temperaturas amenas são registradas no P01, pois o número de indivíduos arbóreos neste ponto proporciona



maior sombreamento pelo seu porte, aliado ao diferencial de maior parte do solo estar exposto, ao contrário do P02 que apresenta solo revestido por grama e ladrilhos de concreto, sendo que este acumula maior calor, por conta da baixa refletância solar/albedo, favorecendo a elevação da temperatura do ar (GARTLAND, 2010).

As árvores presentes nestas áreas de convivência desempenham um importante papel no conforto térmico, pois através dos processos de sombreamento e evapotranspiração reduzem a radiação incidente, diminuindo as temperaturas do ar e da superfície, assim como elevam o teor de umidade relativa do ar, proporcionando melhores condições térmicas aos usuários destas áreas (ABREU, 2008; SILVA, 2009; LABAKI *et al.*, 2011).

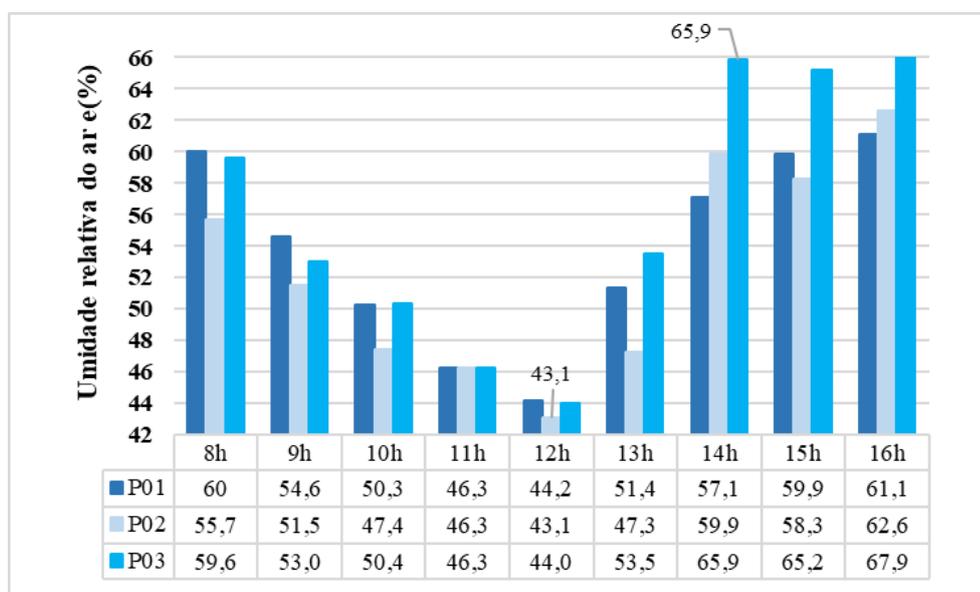
O P02 por estar exposto ao sol, devido sombreamento arbóreo precário, e o seu solo ser recoberto não somente por grama como também impermeabilizado por ladrilhos de concreto proporcionam as temperaturas mais elevadas do episódio, atingindo 39,3°C às 12h e 39,1° às 13h, amplitudes de 4,6 °C em comparação ao P01 nos mesmos horários. Estas amplitudes térmicas demonstram mais uma vez o quão importante é a arborização e o tipo de revestimento do solo para proporcionar temperaturas mais baixas, principalmente para a região semiárida características pelas altas temperaturas ao longo do ano.

As elevadas temperaturas são capazes de causar desde o desconforto térmico, estresse térmico, retenção de líquidos, câibras, desmaios, exaustão pelo calor à insolação, como também a exposição prolongada a radiação solar pode vir a causar o câncer de pele, seja o carcinoma basocelular, carcinoma espinocelular e o melanoma maligno aos usuários que venham utilizar está área de convivência (GARTLAND, 2010; SARAIVA, 2014; SARAIVA; VALE; ZANELLA, 2017).

Cabe ressaltar que, às 14h há uma queda nas temperaturas do ar, isso ocorreu devido a nebulosidade presente na tarde no dia da coleta dos dados, que dificultou a propagação da radiação solar, tornando as temperaturas mais homogêneas. Esta situação não é corriqueira para o período climático estudado, mais quente e seco. Caso o sol não estivesse coberto por nuvens, provavelmente no horário das 14h seriam registradas as maiores temperaturas do ar (SARAIVA, 2014).

A umidade relativa do ar mínima encontrada foi de 43,1% às 12h no P02 e a máxima foi de 65,9% às 14h no P03, horário em que o céu estava parcialmente nublado. Os maiores teores de umidade relativa do ar ficaram entre o P01 e o P03 por serem mais arborizados, portanto retém mais umidade, principalmente o P03 que além de possuir mais árvores, ainda apresenta parte do solo recoberto por grama. Os valores registrados podem ser visualizados na Figura 16, a seguir.

Figura 16: Umidade relativa do ar em porcentagem (%) nos pontos estudados, entre às 8h e 16h

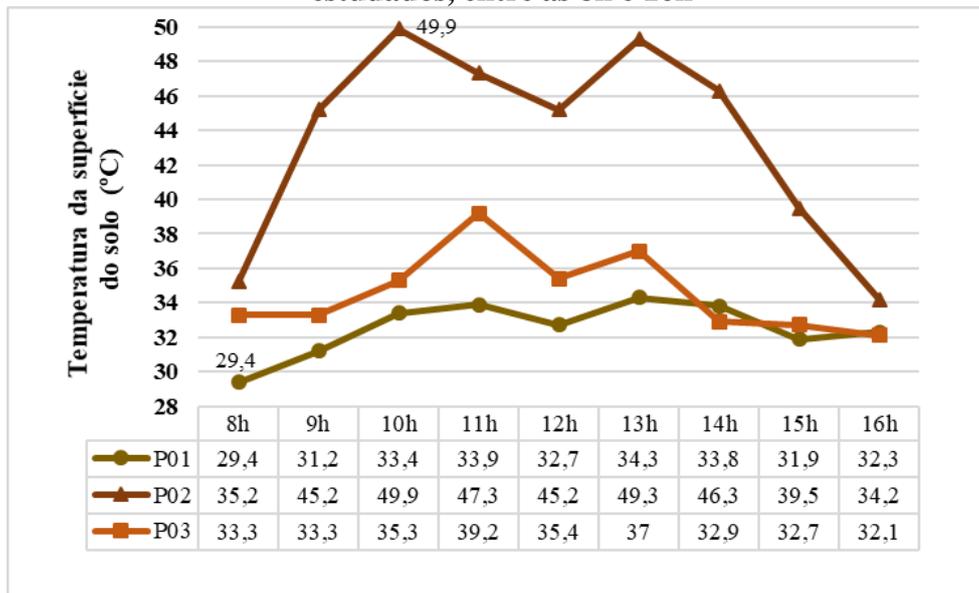


Fonte: Pesquisa de campo, 2018. Elaborado pelos autores, 2019.

Segundo a classificação de umidade relativa do ar com base aos impactos para a saúde humana da Organização Mundial da Saúde (OMS, [2012?] apud CENTRO DE GERENCIAMENTO DE EMERGÊNCIAS, 2012), apenas teores de umidade relativa do ar acima de 60% são recomendados a saúde humana. Desta maneira apenas às 8h e 16h no P01, às 16h no P02 e às 14h, 15h e 16h no P03 foram registrados teores de umidade relativa do ar recomendados a saúde humana, isso ocorre, pois, o mês de novembro está situado no período climático mais quente e seco do ano, característico pelos teores de umidade relativa do ar mais baixos (SARAIVA, 2014).

As temperaturas da superfície do solo mínimas encontradas durante o trabalho de campo foi 32,1°C às 16h no P03 e 32,3°C no P01 também às 16h e a máxima de 49,9°C às 10h no P02. Conforme pode ser observado na Figura 17, o P02 apresenta as temperaturas da superfície do solo mais elevadas em todos os horários do episódio estudado, isso ocorre, uma vez que a maior parte do solo é impermeabilizado por ladrilhos de concreto e está exposto ao sol, consequentemente gerando as temperaturas mais elevadas, o que tende a aumentar também a temperatura do ar.

Figura 17: Temperatura da superfície do solo em graus Celsius (°C) nos pontos estudados, entre às 8h e 16h



Fonte: Pesquisa de campo, 2018. Elaborado pelos autores, 2019.

O P01 apresentou as temperaturas da superfície do solo amenas durante o episódio, sendo as menores entre às 8h e 13h, o seu solo em sua maior parte é exposto e a área é sombreada, já o P03 apresentou temperaturas superficiais do solo intermediárias, sendo as mais baixas apenas entre às 14h e 16h, apesar deste ponto ser sombreado por árvores o seu solo é impermeabilizado também por ladrilhos de concreto, que apesar de ficar sombreado ainda assim altera as características naturais do ambiente, com maior potencial de armazenar calor em comparação as áreas naturais (SORANO, 2008).

Estes resultados evidenciam tanto a importância da arborização na construção de ambientes climáticos mais confortáveis, já que a copa das árvores interceptam a radiação parcial ou total do sol que entra em contato com o solo, diminuindo a temperatura superficial do solo e consequentemente diminuindo a temperatura do ar e elevando o teor de umidade relativa do ar (BEZERRA, 2019).

Como demonstra as discrepâncias das temperaturas superficiais entre o solo exposto do P01 e os ladrilhos de concretos do P03, que apesar de ambos estarem a sombra apresentam amplitudes significativas, principalmente nos horários mais críticos, vindo também a influenciar na temperatura do ar e umidade relativa do ar, seja positivamente como o P01 que registra temperaturas superficiais mais amenas ou negativamente como o P03.

Bem como, o solo impermeabilizado por ladrilhos de concreto do P03 exposto diretamente a radiação solar registrou temperaturas da superfície extremamente altas, logo também influenciam nas variáveis climáticas temperatura do ar e umidade relativa do ar.

O IC resultante da temperatura do ar e umidade relativa do ar (Figura 18) demonstra as possíveis sensações térmicas que as pessoas que estão nos pontos irão sentir. Nos intervalos horários foi identificado três classificações do IC: cuidado, extremo cuidado e perigo. O P01 foi o único ponto a apresentar a classificação de cuidado, às 8h, nessa classificação há possível fadiga caso ocorra a exposição prolongada ao sol, entre às 9h e 12h e às 15h e 16h foi classificado como extremo cuidado e às 13h e às 14h como perigo, para ambos as classificações os possíveis efeitos são câibras, exaustão e insolação pela exposição prolongada (NWS; NOAA, 2011).

Figura 18: ICs em graus Celsius (°C) para os pontos estudados, entre às 8h e 16h

| Pontos | Intervalos horários | | | | | | | | |
|--------|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 8h | 9h | 10h | 11h | 12h | 13h | 14h | 15h | 16h |
| P01 | 31,5 | 33,9 | 35,9 | 37,6 | 37,9 | 40 | 40,2 | 38,4 | 37,6 |
| P02 | 35 | 40,3 | 43,2 | 44,4 | 48,2 | 50,1 | 41,3 | 41,7 | 38,1 |
| P03 | 32,7 | 35,9 | 37,6 | 39,9 | 41,9 | 41,3 | 37,4 | 36,2 | 35,7 |

Fonte: Elaborada pelos autores, 2019.

*Legenda: = Cuidado = Extremo cuidado = Perigo

O P02 foi o ponto com os maiores IC's identificados, chegando a 50,1°C às 13h. As 8h e 16h foi classificado como extremo cuidado e entre às 9h e 15h como perigo, com sensações térmicas capazes de causarem câibras, exaustão e insolação a exposição prolongada ao sol, cabe destacar que esse IC foi desenvolvido para locais sombreados, em áreas expostas a radiação direta, como o P02, a sensação térmica pode ser bem mais elevada (NWS; NOAA, 2011).

Saraiva, Vale e Zanella (2017) ainda ressaltam que quanto mais alto o Índice de Calor, mais incômodo e perigoso para a saúde humana, principalmente para as pessoas que desenvolvem atividades profissionais/laborais ou de lazer, com destaque para as crianças, idosos ou portadores de doenças crônicas.

Lamberts *et al.* (2011, p. 73) também alerta que “o ser humano no desempenho de suas atividades, quando submetido a condições de *stress* térmico, tem entre outros sintomas, a debilitação do estado geral de saúde, alterações das reações psicossensoriais e a queda da capacidade de produção”.

Demais estudos também demonstram que o desconforto térmico, seja por calor ou frio, reduzem a performance humana no seu cotidiano, pois atividades intelectuais, manuais e



perceptivas tendem a apresentar melhores rendimentos quando executadas em ambientes termicamente confortáveis (LAMBERTS *et al.*, 2011).

O P03 apresentou IC's intermediários, entre às 8h e às 9h e as 14h às 16h como extremo cuidado e entre às 11h e 13h como perigo, com possibilidade de causar câibras, exaustão pelo calor e insolação caso ocorra a exposição prolongada (NWS; NOAA, 2011).

As classificações do IC's encontradas, mesmo nas áreas sombreadas são esperadas por conta do período climático mais quente e seco do ano no município de Mossoró, mesmo assim fica notório que o P02 por estar exposto ao sol apresenta os valores do IC maiores, ou seja, com mais possibilidades de causar o desconforto térmico e de afetar/prejudicar a saúde humana.

Cabe ressaltar, que este índice não foi desenvolvido para a região semiárida brasileira, desta forma não reflete toda a sua realidade, sendo necessário estudos posteriores que formulem um índice e classificações para o clima Semiárido.

4. Considerações finais

Os resultados deste estudo microclimático realizado em três áreas externas de convivência social do Campus Central da UERN demonstraram o quão importante é a arborização para amenizar as temperaturas do ar e elevar os teores de umidade relativa do ar destas, originando ICs mais baixos. Assim como, o tipo de revestimento do solo contribui para temperaturas do ar mais baixas ou elevadas.

O P01, com arborização capaz de proporcionar sombreamento em toda sua a área e com solo em sua maior parte exposto, apresentou as temperaturas do ar mais baixas entre às 8h e 13h, assim como na maior parte do episódio estudado registrou maiores teores de umidade relativa do ar, menores temperaturas da superfície e ICs mais brandos.

Já o P03, apesar de apresentar maior número de árvores, estas por conta do seu porte não proporcionam tanto sombreamento como as árvores do P01, o seu revestimento do solo composto por concreto também interferiu nos elementos estudados. Os valores de temperatura do ar, umidade relativa do ar, temperatura da superfície do solo e valores do IC ficaram intermediários na maioria dos horários estudados entre o P01 e P02, apenas com algumas particularidades.

O P02, possui quatro árvores em sua dependência, no entanto não proporcionam sombreamento em toda sua área, estando a maior parte exposta a radiação solar direta, com solo em sua maioria impermeabilizado por ladrilhos de concreto que acumulam mais calor, por estas



razões em todo o episódio estudado apresentou as temperaturas do ar e do solo mais elevadas, baixos teores de umidade relativa do ar, em sua maioria capazes de afetar a saúde humana e altos IC's que também pode vir a prejudicar a saúde dos usuários destas áreas, principalmente crianças, idosos e portadores de doenças crônicas.

Portanto, espera-se que esta pesquisa contribua com a gestão urbana e ambiental do Campus, recomendando-se o plantio de árvores em todas as áreas externas de convivência social, minimizando os efeitos adversos a saúde das pessoas que frequentam estas áreas, principalmente em uma região de clima Semiárido.

Assim como, o solo exposto registrou temperaturas da superfície mais amenas durante o episódio estudado em comparação as áreas de solo impermeabilizado, indicando-se também modificações na cobertura do solo, não somente destas áreas como das demais do Campus Central da UERN, contribuindo também para construção de ambientes termicamente mais confortáveis.

5. Referências

ABREU, Loyde Vieira de. **Avaliação da escala de influência da arborização no microclima por diferentes espécies arbóreas**. 2008. 154 f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

ALBURQUEQUE, Marcos Machado de; LOPES, Wilza Gomes Reis. Influência da arborização em variáveis climáticas: estudo em bairros da cidade de Teresina, Piauí. **RAEGA – O espaço geográfico em análise**, Paraná, v. 36, p. 38-68, 2016.

ARAUJO, Amanda da Mota. **Arborização e conforto térmico humano: um estudo de caso em três praças públicas do centro urbano de Mossoró/RN**. 2017. 61 f. Monografia (Bacharelado em Gestão Ambiental) – Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró, 2017.

ARAUJO, Amanda da Mota; SARAIVA, Ana Luiza Bezerra da Costa; GRIGIO, Alfredo Marcelo. Conforto térmico humano: um estudo de caso em três Praças públicas do bairro centro, Mossoró (RN). **Revista GeoInterações**, Assú, v. 1, n. 2, p. 31-50, jul./dez. 2017.

BEZERRA, Letícia Gabriele da Silva. **Análise microclimática das áreas de convivência do Campus Central da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – episódio de primavera**. 2019. 85 f. Monografia (Bacharelado em Gestão Ambiental) – Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró, 2019.

CENTRO DE GERENCIAMENTO DE EMERGÊNCIAS. **Umidade relativa do ar**. São Paulo: CGESP, 2012. Disponível em: <https://www.cgesp.org/v3/umidade-relativa-do-ar.jsp>. Acesso em: 28 jan. 2019.



CENTRO DE PREVISÕES DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS. **Mossoró/RN**. Brasil: CPTEC, 2018. Disponível em: <https://www.cptec.inpe.br/previsao-tempo/rn/mossoro>. Acesso em: 23 nov. 2018.

GARTLAND, Lisa. **Ilhas de calor**: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. São Paulo: Oficina de textos, 2010.

GOOGLE EARTH. **Google Earth**. Brasil: Google Earth, 2018. Disponível em: <https://earth.google.com/web/>. Acesso em: 03 jan. 2019.

LABAKI, Lucila Chebel et al. arborização e conforto térmico em espaços urbanos abertos. **Fórum Patrimônio: Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável**, Belo Horizonte, v. 4, n. 1, p. 23-42, 2011.

LAMBERTS, Roberto *et al.* **Conforto e stress térmico**. Santa Catarina: LabEES/UFSC, 2011.

MENDONÇA, Francisco; DANNI-OLIVEIRA, Inês Moresco. **Climatologia**: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de textos, 2007.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. Teoria e clima urbano. In: MENDONÇA, Francisco; MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. **Clima urbano**. São Paulo: Contexto, 2003. p.9-68.

NERES, Suellen Cristiane Tavares; SANTOS, Joel Silva dos; CARVALHO, Rodrigo Guimarães de. Campo térmico urbano e sua relação com o uso e cobertura do solo na cidade de Mossoró – Rio Grande do Norte. **Gaia Scientia**, Paraíba, v. 9, 44-42, 2015

NWS, National Weather Service; NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration. **What is the heat index?**. Amarillo, Texas: NWS/NOAA, 2011. Disponível em: <https://www.weather.gov/ama/heatindex>. Acesso em: 3 ago. 2018

SARAIVA, Ana Luiza Bezerra da Costa. **O clima urbano de Mossoró (RN)**: o subsistema termodinâmico. 2014. 243 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Geografia) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014.

SARAIVA, Ana Luiza Bezerra da Costa; VALE, Cláudia Câmara do; ZANELLA, Maria Eliza. Temperaturas na zona urbana e na zona rural no município de Mossoró - RN. **Revista GeoNorte**, v. 2, p. 600-613, 2012.

SARAIVA, Ana Luiza Bezerra da Costa; VALE, Cláudia Câmara do; ZANELLA, Maria Eliza. Comportamento dos elementos climáticos no município de Mossoró (RN) e os impactos na saúde humana. **Revista GeoInterações**, Assú, v. 1, n. 1, p. 87-105, 2017.

SILVA, Caio Frederico e. **Caminhos bioclimáticos: desempenho ambiental de vias públicas na cidade de Teresina - PI**. 2009. 140 f. Dissertação (Programa de Pesquisa e Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de Brasília, Brasília, 2009.



SORANO, Elisangela Cristina. **Ergonomia de Quadras Urbanas: Condição Térmica do Pedestre.** Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação. Dissertação de mestrado 166p, São Paulo, 2009.