

**Influência da arborização nas condições microclimáticas de uma  
universidade pública no Semiárido brasileiro**

*Influence of afforestation on the microclimatic conditions of a public university in the  
Brazilian Semiarid*

*Influencia de la forestación en las condiciones microclimáticas de una universidad pública  
en el Semiárido brasileño*

**Letícia Gabriele da Silva Bezerra**

Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências Naturais, UERN, Mossoró/RN, Brasil  
leticia gabrielesb@gmail.com

**Ana Luiza Bezerra da Costa Saraiva**

Professora Mestra, UERN, Assú/RN, Brasil  
ageopesquisadora@hotmail.com

**Alfredo Marcelo Grigio**

Professor Doutor, UERN, Mossoró/RN Brasil  
alfredogrigio1970@gmail.com

**RESUMO**

A arborização urbana proporciona condições térmicas e higrométricas que favorecem o conforto térmico humano, principalmente em áreas como o Semiárido, por possuírem características climáticas que favorecem o desconforto térmico. Surgindo o interesse em investigar a influência de distintos padrões de arborização no comportamento da temperatura e umidade relativa do ar em áreas externas de convivência do Campus Central da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN, situado na área urbana de Mossoró, Rio Grande do Norte – RN, no período climático mais quente e seco. A coleta de dados climáticos aconteceu no dia 23 de novembro de 2018, das 8h às 16h, em seis diferentes áreas da UERN. Após a coleta de dados, foram aplicados dois índices: o Índice de Densidade Arbórea – IDA, utilizando as informações sobre o tamanho das áreas e o número de indivíduos arbóreos acima de 2 metros e os dados climáticos ao Índice de Calor – IC. Das seis áreas, duas apresentaram IDA satisfatório, uma insatisfatório, e três críticas das quais duas possuem arborização que sobreiam suas áreas. As amplitudes térmicas variaram entre 2,3°C às 8h e 5,2°C às 12h e as amplitudes higrométricas ficaram entre 5,1% às 14h e 7,8% às 13h, sendo que as áreas com IDA satisfatório e sombreadas registraram as melhores condições para o conforto térmico humano, proporcionando áreas de convivência mais confortáveis a seus usuários.

**PALAVRAS-CHAVE:** Microclima Urbano. Conforto Térmico Humano. Saúde Humana.

**ABSTRACT**

*Urban afforestation provides thermal and hygrometric conditions that favor human thermal comfort, especially in areas such as the Semiárido, because they have climatic characteristics that favor thermal discomfort. The interest in investigating the influence of different afforestation patterns on the behavior of temperature and relative humidity in external areas of coexistence of the Central Campus of the State University of Rio Grande do Norte – UERN, located in the urban area of Mossoró, Rio Grande do Norte – RN, in the hottest and driest climatic period. Climate data were collected on November 23, 2018, from 8:00 am to 4:00 pm, in six different areas of UERN. After data collection, two indices were applied: the Tree Density Index – TDI, using information about the size of the areas and the number of tree individuals above 2 meters and the climatic data to the Heat Index – HI. Of the six areas, two presented satisfactory TDI, one unsatisfactory, and three critics of which two have afforestation that overlap their areas. The thermal amplitudes varied between 2.3°C at 8:00 a.m. and 5.2°C at 12:00 p.m. and the hygrometric amplitudes were between 5.1% at 2:00 p.m. and 7.8% at 1:00 p.m., and areas with satisfactory TDI and shaded had the best conditions for human thermal comfort, providing more comfortable living areas for their users.*

**KEYWORDS:** Urban Microclimate. Human Thermal Comfort. Human Health.

**RESUMEN**

*La forestación urbana proporciona condiciones térmicas e higrométricas que favorecen el confort térmico humano, especialmente en áreas como la Semiárido, ya que tienen características climáticas que favorecen el malestar térmico. El interés en investigar la influencia de diferentes patrones de forestación en el comportamiento de la temperatura y humedad relativa en áreas externas de convivencia del Campus Central de la Universidad Estatal de Rio Grande do Norte – UERN, ubicado en el área urbana de Mossoró, Rio Grande do Norte – RN, en el período climático más caluroso y seco. Los datos climáticos se recopilieron el 23 de noviembre de 2018, de 8:00 am a 4:00 pm, en seis áreas diferentes de uern. Después de la recopilación de datos, se aplicaron dos índices: el índice de densidad de árbol – IDA, utilizando información sobre el tamaño de las áreas y el número de individuos de árboles por encima de 2 metros y los datos climáticos para el índice de calor – IC. De las seis áreas, dos presentaron una IDA satisfactoria, una insatisfactoria y tres críticos de los cuales dos tienen una forestación que se superponen a sus áreas. Las amplitudes térmicas variaron entre 2,3°C a las 8:00 a.m. y 5.2°C a las 12:00 p.m. y las amplitudes higrométricas estaban entre el 5,1% a las 2:00 p.m. y el 7,8% a la 1:00 p.m., y las áreas con IDA satisfactoria y sombreada tenían las mejores condiciones para el confort térmico humano, proporcionando zonas de vida más cómodas para sus usuarios.*

**PALABRAS CLAVE:** Microclima Urbano. Confort Térmico Humano. Salud Humana.

## 1 INTRODUÇÃO

As modificações providas pelo processo de urbanização das cidades, como: alta concentração de edificações, impermeabilização dos solos, canalização de recursos hídricos, retirada da vegetação, e as diferentes atividades e usos e ocupação da terra influenciam nas condições climáticas locais. Estas mudanças nos ambientes urbanos podem ocasionar o aumento das temperaturas locais e a redução nos teores de umidade relativa do ar (PAIVA; ZANELLA, 2013; SARAIVA, 2014).

Saraiva (2014), destaca que as diversas atividades realizadas dentro dos centros urbanos e os diferentes usos e ocupações da terra podem modificar a dinâmica natural dos elementos climáticos: temperatura, umidade e pressão atmosférica. Desta forma, uma mesma cidade pode apresentar simultaneamente distintos valores de temperatura do ar e umidade relativa do ar, acarretando em diferentes níveis de conforto térmico humano.

Se tornando cada vez mais notório a existência de ambientes urbanos desconfortáveis do ponto de vista térmico e higrométrico, principalmente em espaços abertos e públicos que geralmente recebem pouca atenção por parte dos gestores municipais e planejadores urbanos (FRANCO; NOGUEIRA; NOGUEIRA, 2014). Além do desconforto térmico, outros sintomas podem atingir a saúde da população, tais como: câibras, golpes, exaustão e síncope de calor, sudamina, entre outros efeitos adversos a saúde humana (NUNES, 2017; SARAIVA; VALE; ZANELLA, 2017).

Fatores como solos permeáveis, corpos hídricos e a arborização urbana são apontados como estratégias bioclimáticas que podem diminuir as temperaturas e elevar os teores de umidade relativa do ar. Principalmente, a arborização, visto que é uma estratégia de baixo custo e que pode ser empregada em diversos espaços públicos, desde vias a praças (FRANCO; NOGUEIRA; NOGUEIRA, 2014).

A área urbana do município de Mossoró, estado do Rio Grande do Norte – RN, é um exemplo do aumento da temperatura local gerada pela configuração da malha urbana, já que ao longo das últimas décadas vem passando por um processo acentuado de urbanização, marcado por diversas formas de uso e ocupação da terra. Em Mossoró já foram verificadas particularidades climáticas locais, tais como: elevadas temperaturas, baixos teores de umidade relativa do ar e formação de ilhas de calor (SARAIVA, 2014; NERES; SANTOS; CARVALHO, 2015).

Em estudos climáticos desenvolvidos por Saraiva (2014), Neres, Santos e Carvalho (2015), Saraiva, Vale e Zanella (2017), Araujo, Saraiva e Grigio (2017) e Araujo *et al.* (2020) realizados em Mossoró a respeito do seu campo térmico, higrométrico e conforto térmico humano demonstram a relevância que a arborização exerce na promoção de melhores condições térmicas e higrométricas para a população.

Logo, surge a motivação para realizar um estudo microclimático em áreas externas de convivência social do Campus Central da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN, localizado na área urbana de Mossoró, que apresentam distintos padrões de arborização em suas áreas de convivência. Estas áreas são utilizadas por visitantes, funcionários e alunos com finalidade de descanso, relaxamento, lazer e estudo.

Bezerra (2019), ressalta que áreas externas de convivência termicamente confortáveis podem vir a favorecer a saúde mental e a qualidade de vida dos seus frequentadores. Evidenciando assim, a importância da realização de estudos climáticos nestas áreas, que forneçam resultados de quais condições microclimáticas são fornecidas pelos padrões de arborização existentes, quais são mais confortáveis e quais os horários mais confortáveis e críticos.

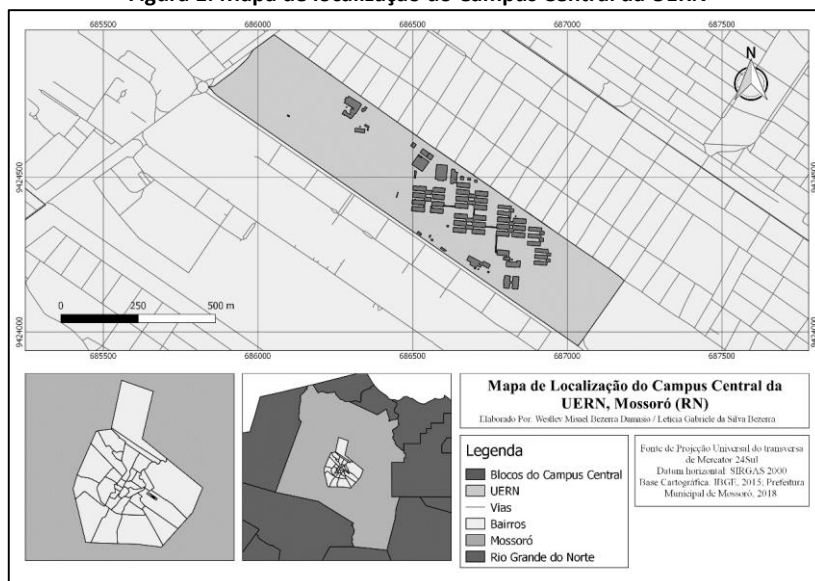
O Campus Central da UERN está localizado na porção do Semiárido brasileiro, que possui características climáticas que favorecem o desconforto térmico, principalmente durante o período diurno (SARAIVA, 2014). Reafirmando a importância das pesquisas climáticas, que não apenas apontem as suas particularidades locais, como também indiquem estratégias bioclimáticas viáveis que possam melhorar as condições de conforto térmico humano.

Portanto, o objetivo desta pesquisa foi investigar a influência de distintos padrões de arborização no comportamento da temperatura e umidade relativa do ar em seis áreas externas de convivência social do Campus Central da UERN, em um episódio no período climático mais quente e seco (estação astronômica de primavera) de Mossoró/RN, no ano de 2018.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em seis áreas externas de convivência social do Campus Central da UERN, localizado na área urbana do município de Mossoró/RN, na Rua Professor Antônio Campos, s/n, BR 110, Km 48, no bairro Costa e Silva (FIGURA 1). A escolha destas áreas se deu sobre alguns requisitos, que foram: serem utilizadas no período da manhã e ou/tarde, tendo em vista o horário de coleta dos dados; possuírem ao menos um banco para o repouso e padrões de arborização distintos entre si.

Figura 1: Mapa de localização do Campus Central da UERN



Fonte: IBGE (2015); Prefeitura de Mossoró (2018). Adaptado e elaborado por Wesley Misael Bezerra Damasio; Letícia Gabriele da Silva Bezerra, 2018 (BEZERRA, 2019).

As áreas selecionadas para o estudo microclimático, foram: o Pátio da Faculdade de Ciências Econômicas – FACEM, do curso de Ciências Contábeis, do curso de Comunicação Social (habilitação em jornalismo), do curso de Pedagogia, do curso de Letras (habilitação em português e espanhol), e a Praça da Faculdade de Educação Física – FAEF. Estas áreas foram renomeadas como pontos de 1 a 6 e sua distribuição espacial pode ser visualizada na Figura 2.

**Figura 2: Pontos selecionados para o estudo microclimático no Campus Central da UERN**



Fonte: *Google Earth* (2018). Modificado pelos autores, 2020.

O estudo é configurado como microclimático já que esta escala corresponde a espacialidade de metros a 10 quilômetros (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007), dos quais os seis pontos selecionados, juntos, não ultrapassam a extensão determinada por esta escala. A temporalidade da pesquisa segundo a classificação de Mendonça e Danni-Oliveira (2007) é a contemporânea, pois utiliza-se de variabilidades climáticas de curta duração, já que a coleta dos dados foi realizada em algumas horas

Nas áreas foram realizadas fotografias, medição de suas áreas em metros quadrados (m<sup>2</sup>) com auxílio de uma fita métrica, bancos e mesas contabilizados, assim como o número de indivíduos arbóreos acima de 2 metros e a identificação de suas espécies, essa altura foi definida por ser uma estatura considerável para a copa proporcionar um sombreamento significativo sobre a área, assim como, é a altura indicada para se utilizar no Índice de Densidade Arbóreo que será descrito mais adiante.

O P01– Pátio da FACEM (FIGURA 3), possui 105,5 m<sup>2</sup>, nenhuma mesa, 4 bancos, seu solo é recoberto por grama e concreto e não possui nenhuma árvore, somente uma palmeira em fase

de crescimento. O P02 – Ciências Contábeis (FIGURA 4), possui 575,5 m<sup>2</sup>, quatro mesas, onze bancos, solo recoberto por ladrilhos de concreto e grama, com presença de quatro árvores acima de 2 metros, que são: 1 Mangueira (*Mangifera indica*), 1 Jacaranda (*Jacaranda mimosifolia*), 1 Pomeleira/Toranjeira (*Citrus maxima*) e 1 Cajueiro (*Anacardium occidentale*).

Figura 3: P01 – Pátio da FACEM



Fonte: Bezerra (2019).

Figura 4: P02 – Ciências Contábeis



Fonte: Acervo da pesquisa de Bezerra, 2019

O P03 – Comunicação Social (FIGURA 5), possui 171,3 m<sup>2</sup>, uma mesa, dois bancos, solo exposto e uma árvore acima de 2 metros, que é uma mangueira (*Mangifera indica*). O P04 – Pedagogia (FIGURA 6), possui 537,04 m<sup>2</sup>, quatro mesas, dez bancos, solo em sua maior parte exposto apenas com algumas passarelas finas de concreto, e seis árvores acima de 2 metros, que são *Neens* (*Azadirachta indica*).

Figura 5: P03 – Comunicação Social



Fonte: Bezerra (2019).

Figura 6: P04 – Pedagogia



Fonte: Bezerra (2019).

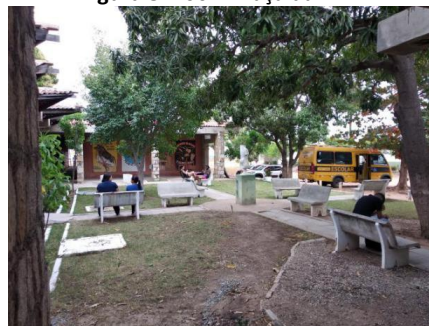
O P05 – Letras (FIGURA 7), possui 581,4 m<sup>2</sup>, duas mesas, seis bancos, maior parte do seu solo é exposto e possui cinco árvores acima de 2 metros, que são: 1 Oliveira (*Olea europaea*) e 4 Cássias-de-sião (*Senna siamea*). O P06 – Praça da FAEF (FIGURA 8), possui 345,9 m<sup>2</sup>, quatorze bancos, maior parte do solo recoberto por graminéas, com presença de concreto e cinco árvores acima de 2 metros, que são: 1 *Ficus* (*Ficus benjamina*) e 4 Mangueiras (*Mangifera indica*).

Figura 7: P05 – Letras



Fonte: Bezerra (2019).

Figura 8: P06 – Praça da FAEF



Fonte: Bezerra (2019).

Nestas áreas foram coletados dados climáticos de temperatura do ar e umidade relativa do ar a cada uma hora, entre às 8h e 16h, do dia 23 de novembro de 2018, este horário foi determinado em detrimento dos recursos humanos para instalação, controle e desinstalação dos equipamentos utilizados. O mês de novembro compreende o período climático mais quente e seco de Mossoró, característico pelas elevadas temperaturas, baixos teores de umidade relativa do ar, intensos ventos e pouca nebulosidade (SARAIVA, 2014), sendo assim, possível observar a contribuição da arborização para o conforto térmico humano em um período climático que favorece o desconforto térmico.

Os dados climáticos foram registrados por quatro aparelhos termo higrômetros *datalogger* Impac – modelo IP 747RH e dois aparelhos Onset – Hobo *datalogger*, Figuras 9 e 10, acomodados respectivamente em quatro abrigos meteorológicos construídos de madeira (FIGURA 11) e dois abrigos constituídos por tripés de ferro e câmaras de plástico (FIGURA 12). Ambos os abrigos estavam a 1,50 m do solo e possuem características que possibilitam a coleta dos dados sem interferências externas.

Figura 9: Termo higrômetro *datalogger* Impac – modelo IP 747RH

Fonte: Bezerra (2019).

Figura 10: Termo higrômetro Onset – Hobo *datalogger*

Fonte: Bezerra (2019).

Figura 11: Abrigo meteorológico construído de madeira



Fonte: Bezerra (2019).

Figura 12: Abrigo meteorológico constituído por tripés de ferro e câmara de plástico



Fonte: Bezerra (2019).

Os dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar coletados nestas áreas passaram por processo de calibração baseado na metodologia de Saraiva (2014) para minimizar e evitar

possíveis oscilações entre os dados, principalmente por terem sido coletados por aparelhos de marcas diferentes. As fórmulas utilizadas no processo de calibração estão no Quadro 1.

**Quadro 1: Fórmulas utilizados no processo de calibração dos dados climáticos**

| Equipamento | Fórmula para calibração da temperatura do ar | Fórmula para calibração da umidade relativa do ar |
|-------------|--|---|
| T1          | $Y=1,0673x-2,8231$                           | $Y=0,897+17,365$                                  |
| T2          | $Y=1,0447x-2,1128$                           | $Y=0,8396x+20,022$                                |
| T3          | $Y=1,0447x-1,7994$                           | $Y=0,9153x+4,9127$                                |
| T4          | $Y=1,1207x - 3,7578$                         | $Y=1,1438x - 9,2813$                              |
| T5          | $Y=1,059x-2,1448$                            | $Y=1,0824x-6,0073$                                |
| T6          | $Y=1,0592x-2,2507$                           | $Y=1,0288x-3,561$                                 |

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

As informações de tamanho e quantidade de árvores acima de 2 m de cada área de convivência estudada foram aplicadas ao cálculo do Índice de Densidade Arbórea (IDA) que estima a densidade arbórea do local a ser estudado, por meio da fórmula (CALLEJAS *et al.*, 2012):

$$IDA = [\text{número de árvores/área total (m}^2\text{)}] \times 100$$

De acordo com Lima Neto e Souza (2009) e Callejas *et al.* (2012) quando o resultado é a acima de 1 é considerado como densidade arbórea satisfatória para o tamanho da área, já Bezerra (2019) com base na metodologia dos autores supracitados elaborou a seguinte classificação completar para o IDA, presente no Quadro 2.

**Quadro 2: Classificação do IDA**

| Classificação  | Valor do índice | Cor correspondente |
|----------------|-----------------|--------------------|
| Insatisfatório | 0               | Red                |
| Crítico        | >0 <1           | Yellow             |
| Satisfatório   | ≥1              | Green              |

Fonte: Adaptado de Bezerra (2019).

Na análise dos dados climáticos também foi utilizado o Índice de Calor – IC descrito pela *National Weather Service (NWS)* da *National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)*. Este índice mensura a possível sensação térmica do corpo humano exposto as condições climáticas dos elementos temperatura do ar e umidade relativa do ar pela Fórmula a seguir (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 = Resultado do Índice de Calor 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 efeitos à saúde humana (NWS; NOAA, 2011), conforme se observa no Quadro 3. Cabe observar que nesta pesquisa são apresentados apenas os IC's nos horários em que os valores dos elementos climáticos foram considerados mais críticos.

**Quadro 3: Classificação do IC**

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

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

\*NWS/NOAA (2011) disponibilizaram os valores do IC em Grau Fahrenheit (°F), porém nesta pesquisa optou-se por transformá-los em Graus Celsius (°C), por ser a unidade mais trabalhada em estudos climáticos brasileiros e a utilizada nesta pesquisa.

Importante destacar que, o presente trabalho é fruto de um recorte da pesquisa de monografia realizada por Bezerra (2019).

### **3 INTERPRETAÇÃO E DISCUSSÃO DOS DADOS LEVANTADOS NAS ÁREAS DE CONVIVÊNCIA DO CAMPUS CENTRAL UERN**

No Quadro 4 se encontram os resultados do IDA de cada uma das áreas externas de convivência social estudadas, de acordo com a classificação adaptada por Bezerra (2019). Das seis áreas, apenas duas, o P04 – Pedagogia e o P06 – Praça da FAEF foram classificadas com IDA acima de 1, considerado como satisfatório.

**Quadro 4: Número de árvores e área em metros quadrados (m<sup>2</sup>) e resultado do IDA dos pontos estudados**

| Pontos                              | Número de árvores | Área em metros quadrados (m <sup>2</sup> ) | Resultado do IDA |
|-------------------------------------|-------------------|--|------------------|
| P01 – Pátio da FACEM                | 0                 | 105,5                                      | 0                |
| P02 – Curso de Ciências Contábeis   | 4                 | 575,5                                      | 0,6              |
| P03 – Curso de Comunicação Social I | 1                 | 171,4                                      | 0,5              |
| P04 – Curso de Pedagogia            | 6                 | 537,0                                      | 1,1              |
| P05 – Curso de Letras               | 5                 | 581,4                                      | 0,8              |
| P06 – Praça da FAEF                 | 5                 | 345,9                                      | 1,4              |

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

\*Legenda: ■ = Insatisfatório ■ = Crítico ■ = Satisfatório

Três áreas foram classificadas com IDA's críticos, entre 0,5 e 0,8, que são o P02 – curso de Ciências Contábeis, P03 – curso de Comunicação Social I e o P05 – curso de Letras, no entanto, de acordo com as observações em campo tanto o P03 e o P05, apesar de apresentarem um valor de índice correspondente a crítico, suas áreas são sombreadas pelas copas das árvores presentes, a mesma situação não ocorre com o P02, pois as árvores apresentam pouco sombreamento em proporção ao tamanho de sua área, ficando a maior parte exposta a radiação solar.

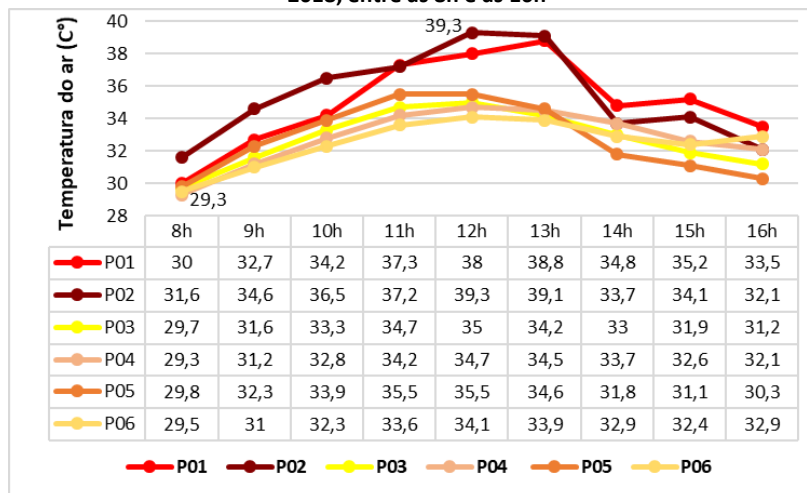
O P01 – Pátio da FACEM foi a única área classificada com IDA insatisfatório, com valor de 0, bastante preocupante tendo em vista que a área não apresenta nenhuma árvore, apenas uma palmeira em fase de crescimento, sendo que esta não é uma espécie que apresentará copa significativa para sombrear a área.

Estes resultados do IDA demonstram que das seis áreas selecionadas para o estudo, duas apresentam densidade arbórea satisfatória (P04 e P06) para a área considerando o número de árvores acima de 2m e o tamanho da área, estando sombreadas pelas árvores, porém pelas observações realizadas em campo, duas das três áreas classificadas com IDA's crítico (P03 e P05) também apresentam sombreamento pela copa das árvores por toda a área, totalizando-se assim quatro áreas de convivência sombreadas pela copa das árvores.

Já os pontos P01 e P02, classificados respectivamente com IDA's insatisfatório e crítico, constatou-se nas observações de campo a precariedade de sombreamento das árvores nessas áreas e até mesmo a ausência desta no P01. Estes resultados são preocupantes, uma vez que, estas áreas de convivência possuem diversas finalidades para aqueles que as frequentam durante o período da manhã e tarde, podendo vir a ser afetados pelas condições microclimáticas fornecidas pela ausência de sombreamento das árvores.

No Gráfico 1 são apresentados os dados de temperatura do ar em graus Celsius (°C) registrados entre às 8h e às 16h do dia 23 de novembro de 2018. Neste intervalo horário estudado, a temperatura do ar registrada ficou entre 29,3°C às 8h no P04 e 39,3°C às 12h no P02.

**Gráfico 1: Temperatura do ar em graus Celsius (°C) registrada nos pontos estudados, no dia 23 de novembro de 2018, entre às 8h e às 16h**



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

Saraiva (2014), discorre que entre às 8h e às 11h, em Mossoró/RN, a um aumento gradativo da temperatura do ar devido a incidência da radiação solar, observação que corresponde aos registros climáticos desta pesquisa realizada nas áreas externas de convivência do Campus Central da UERN. As amplitudes térmicas neste intervalo variaram entre 2,3°C às 8h e 4,2°C às 10h, o que gera bastante preocupação, pois às 10h o P02 já registrava temperatura do ar de 36,5°C, o que condiz a uma sensação térmica do IC de 43,2°C, classificada como perigo (NWS, NOAA, 2011).

Às 11h apesar da amplitude térmica menor, a temperatura do ar nos pontos se elevaram, do qual o P02 registrou 37,2°C e o P01 37,3°C, correspondente a sensações térmicas do IC de 41,8°C e 39,9°C, respectivamente, classificadas na categoria perigo, podendo vir a causar aos frequentadores destas áreas sintomas de: insolação, câibras e exaustão pela exposição prolongada (NWS; NOAA, 2011). Cabe ressaltar que, apesar da temperatura do ar ser maior no P01, o seu IC é menor que o P02, pois ele é gerado pela combinação da temperatura do ar e umidade relativa do ar (NWS; NOAA, 2011).

Entre as 12h e às 15h, é o intervalo em que os raios solares incidem diretamente na superfície terrestre, sendo comum o registro das maiores temperaturas do ar, os mais baixos teores de umidade relativa do ar, bem como os mais elevados Índices de Calor (SARAIVA, 2014). Neste intervalo, as amplitudes térmicas ficaram entre 3°C às 14h e 5,2°C às 12h. Às 12h foi registrada a maior temperatura do ar do episódio estudado de 39,3°C no P02 seguido de 39,1°C no mesmo ponto às 13h, que correspondem a sensações térmicas pelo cálculo do IC de 48,2°C e 50,1°C, respectivamente, classificadas como perigo, podendo vir a impactar a saúde dos frequentadores desta área, às 13h a sensação térmica do IC foi mais elevada devido a combinação com o teor de umidade relativa do ar no horário (NWS; NOAA, 2011).

Saraiva, Vale e Zanella (2017, p.93) ressaltam que “quanto mais elevado for o índice de calor, mais incômodo e até perigoso será para a saúde das pessoas, principalmente para crianças,

idosos, enfermos e trabalhadores ao ar livre”, ou seja, quanto maior o valor do IC mais incômodo e prejudicial para a saúde dos frequentadores das áreas do P01 e do P02, em especial para os grupos de risco citados.

Cabe ressaltar que, às 14h do dia da coleta destes dados climáticos, 23 de novembro de 2018, a temperatura do ar em todos os pontos diminuiu drasticamente, esses registros devem-se ao céu parcialmente nublado durante este horário, situação que não é corriqueira para o período climático mais quente e seco de Mossoró/RN. É provável que se este fato não tivesse ocorrido as temperaturas do ar registradas às 14h teriam sido mais altas, pois a dinâmica do intervalo propicia temperaturas bem mais elevadas, mesmo assim a amplitude térmica neste horário foi de 3°C, bem significativa.

A partir das 16h as temperaturas do ar começam a cair gradativamente (SARAIVA, 2014), mesmo assim, nesse horário ainda é possível observar as discrepâncias térmicas entre os pontos expostos a radiação solar (P01 e P02) dos demais, com amplitude térmica de 3,2°C.

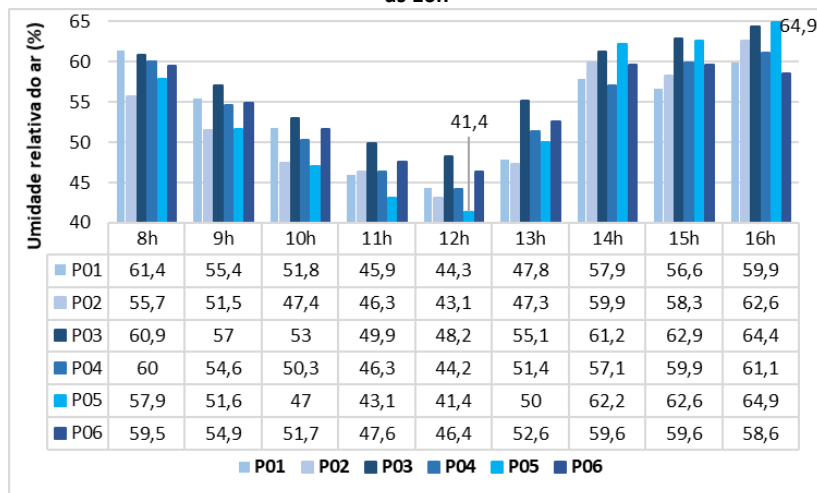
As elevadas temperaturas do ar registradas principalmente entre às 10h e 15h, no P01 e P02, geram bastante preocupação, pois podem causar desde um leve desconforto térmico a problemas mais sérios de saúde que podem ser agravados pelo estado de saúde física e mental, bem com os idosos, crianças e enfermos são os mais afetados (NUNES, 2017; SARAIVA; VALE; ZANELLA, 2017).

Quanto as menores temperaturas do ar, estas foram registradas no P04 e P06, pontos com IDA satisfatório, conseqüentemente sombreados, e no P03 e P05, classificados com IDA crítico, no entanto, suas áreas também se encontravam sombreadas. Destes pontos, o P06 foi o que mais registrou temperaturas do ar amenas, pois além do sombreamento das árvores, a localização de sua área e infraestrutura contribuem para uma melhor circulação do ar, favorecendo também a redução da temperatura do ar.

Esses registros de temperatura do ar comprovam a importância que a arborização exerce na redução das temperaturas do ar, principalmente pelo sombreamento da copa das árvores que interceptam os raios solares e pelo processo de evapotranspiração, atenuando assim as temperaturas, propiciando o conforto térmico humano (FREITAS; SANTOS; LIMA, 2015). Albuquerque e Lopes (2016) complementam que, além da atenuação da temperatura do ar, a vegetação também contribui tanto para a estabilidade emocional como para o conforto psicológico, portanto, áreas de convivência como o P03, P04, P05 e P06 que apresentam sombreamento pelas árvores tendem ser muito mais agradáveis para o convívio, pelo conforto térmico e suas contribuições a saúde psicológica.

No Gráfico 2 são apresentados os dados de umidade relativa do ar (%) registrados entre às 8h e às 16h do dia 23 de novembro de 2018. Neste intervalo horário estudado, os teores de umidade relativa do ar ficaram entre 41,4% às 12h no P05 e 64,9% às 16h também no P05.

**Gráfico 2: Umidade relativa do ar registrada nos pontos estudados, no dia 23 de novembro de 2018, entre às 8h e às 16h**



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

Como o estudo microclimático foi realizado em um episódio do mês de novembro, que compreende ao período climático muito quente e extremamente seco do município de Mossoró/RN, os baixos teores de umidade relativa do ar registrados já eram esperados, pois a dinâmica climática do período propicia os baixos teores (SARAIVA, 2014).

No intervalo horário entre às 8h e às 11h os teores de umidade relativa do ar diminuem devido ao aquecimento do ar (SARAIVA, 2014). Às 8h a amplitude higrométrica foi de 5,7%, às 9h foi de 5,5%, às 10h de 6% e às 11h de 6,8%. Estas amplitudes são significativas, porém cabe ressaltar as particularidades como o P01, com IDA insatisfatório e exposto a radiação solar, às 8h registrou teor máximo possivelmente em decorrência da grama presente em sua área que é regada diariamente entre às 7h e 9h o que propicia o aumento os teores de umidade relativa do ar na área durante estes horários.

Às 10h e 11h, e também no horário de 12h pertencente ao intervalo horário seguinte, os teores de umidade relativa do ar mínimos são registrados no P05, ponto com IDA crítico, mas sombreado pelas árvores, porém os horários dos registros favorecem os menores teores de umidade relativa do ar devido ao aquecimento gradual do ar.

Entre às 12h e às 15h, em decorrência das elevadas temperaturas do ar são registrados baixos teores de umidade relativa do ar, considerado um intervalo crítico (SARAIVA, 2014). Às 12h a amplitude higrométrica é de 6,8%, horário em que foi registrado o menor teor de umidade relativa do ar durante o episódio, de 41,4% no P05, às 13h a amplitude foi de 7,8%, às 14h a amplitude cai devido ao céu parcialmente nublado, porém ainda significativa com 5,1% e às 15h de 6,3%.

Cabe observar que às 14h o P04, área com IDA satisfatório, registrou teor mínimo de umidade relativa do ar, horário em que houve um aumento gradativo da umidade devido ao céu parcialmente nublado, evento atípico para o período climático do estudo, em que os teores de umidade relativa do ar oscilaram em todos os pontos.

Nos horários das 13h e 15h os menores teores de umidade relativa do ar coincidem com os pontos com as maiores temperaturas do ar horária, que são o P01 e P02, expostos a radiação solar, o que conseqüentemente favorece o desconforto térmico humano. Às 13h o P01 registra sensação térmica do IC de 49,6°C e o P02 de 50,1°. Às 15h apesar da sensação térmica do IC diminuir, continuam elevadas, o P01 registrando 44°C e o P02 com 41,7°C. Para ambos horários e pontos os valores do IC estão classificados como perigo, podendo vir a impactar a saúde dos frequentadores destas áreas (NWS; NOAA, 2011).

Válido mencionar que, o IC quando foi desenvolvido teve como pretensão situações em que os dados climáticos fossem coletados em locais sombreados, portanto, em situações como o P01 e P02 em que os dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar foram registrados em plena exposição à radiação solar, a sensação térmica do IC pode ser maior que a informada pelo cálculo (NWS; NOAA, 2011).

Murara e Amorim (2010, p.1) alertam que “o ar muito seco prejudica ou diminui o vigor físico e a disposição para o trabalho mental”, podendo vir a prejudicar a saúde dos frequentadores dos pontos P01 e P02, interferindo no descanso e na realização de atividades de aprendizagem.

Às 16h os teores de umidade relativa começam a aumentar gradativamente em decorrência das menores temperaturas do ar (SARAIVA, 2014), com amplitude higrométrica de 6,3%. O teor mínimo de umidade relativa do ar neste horário foi no P06, que apesar de ser um ponto com IDA satisfatório, a sua localização e infraestrutura favorecem não somente a diminuição das temperaturas do ar pela circulação do ar, como pode promover a redução dos teores de umidade relativa do ar na área.

Apesar dos pontos sombreados pela copa das árvores P04, P05 e P06 terem registrado teores mínimos em alguns horários do episódio estudado (10h, 11h, 12h, 14h e 16h), ao relacionar estes resultados aos registros de temperatura do ar nos respectivos horários e aplicar ao IC, as sensações térmicas nestes pontos são menores que os IC's apresentados pelos pontos P01 e P02 expostos a radiação solar.

A exemplo, as 12h quando o P05 registrou a menor umidade relativa do ar do estudo microclimático, a sensação térmica do IC correspondia a 38,6°C, classificado como extremo cuidado, no mesmo horário os pontos P01 e P02 registravam sensação térmica do IC de 45,5°C e 48,2°C, respectivamente, classificados como perigo (NWS; NOAA, 2011). Portanto, quando possível, é importante estudar o comportamento de duas os mais variáveis climáticas, pois assim é possível relacionar seus registros.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Das seis áreas externas de convivência social do Campus Central da UERN estudadas, duas áreas foram classificadas com IDA satisfatório, o P04 e o P06. Três áreas registraram IDA's críticos, que foram o P02, P03 e P05, porém as árvores presentes no P03 e no P05 proporcionam sombreamento em suas áreas, ao contrário do P02. Com relação ao P01, este apresentou IDA insatisfatório, pois não apresenta nenhuma espécie arbórea em sua área.

Os resultados obtidos pelo IDA, são fundamentais, uma vez que, geram o valor da densidade arbórea na área estudada, no entanto, não se deve levar em consideração apenas o seu resultado numérico e sua classificação em análises climáticas, pois áreas como o P03 e P05 apesar de serem classificadas com IDA crítico, ás árvores presentes proporcionam sombreamento suficiente para cobrir suas áreas, influenciando, portanto, nas condições microclimáticas destas. Sendo assim, recomenda-se a utilização de observações de campo aliadas ao IDA para uma análise mais estruturada, refletindo a realidade da área em estudo.

Os pontos P01 com IDA insatisfatório e o P02 com IDA crítico, ambos expostos a radiação solar registraram as maiores temperaturas do ar, principalmente nos horários mais críticos entre às 10h e 15h, registrando sensações térmicas no IC classificadas como perigo podendo vir a afetar a saúde dos frequentadores destas áreas de convivência (NWS; NOAA, 2011).

As menores temperaturas do ar foram registradas durante todo o episódio estudado nos pontos P04 e P06, classificados com IDA's satisfatórios e consequente sombreados e nos pontos P03 e P05, classificados como IDA's críticos, porém, também sombreados pelas árvores presentes em suas áreas.

Com relação a umidade relativa do ar, os pontos P01 e P02 registraram durante todo o episódio estudado baixos teores de umidade, com destaque para às 13h e 15h em que os pontos também registraram as maiores temperaturas do ar horária, favorecendo o desconforto térmico humano aos frequentadores destas áreas e elevados IC's, em comparação, os pontos P03, P04, P05 e P06 registram teores de umidade relativa do ar mais altos durante o episódio climático estudado.

Verificando-se assim, a atuação da arborização como termorregulador da temperatura do ar e umidade relativa do ar, e um importante fator para a saúde humana. Como estas áreas de convivência da UERN são utilizadas com finalidade de estudo, descanso, relaxamento e lazer durante todo o dia, as altas temperaturas, baixos teores de umidade e elevados IC's podem tanto agravar a saúde dos frequentadores das áreas do P01 e P02, como afugentando-os, podendo vir a torná-las inóspitas.

Dessa forma, a arborização é uma ótima estratégia para amenizar as temperaturas e elevar a umidade relativa do ar, favorecendo o conforto térmico humano, principalmente em um período quente e seco numa universidade pública, pois o plantio de árvores é de baixo custo. A partir destes resultados poderão se tomar medidas que proporcionem melhores condições termo higrométricas para seus usuários.

## REFERÊNCIAS BIBLOGRÁFICAS

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 *et al.* Importância da arborização em quintais residenciais: um estudo microclimático em duas residências do bairro Rincão, Mossoró/RN. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, [S.l.], v.8, n.57, 2020.



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. Monografia (Bacharelado em Gestão Ambiental) – Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró, 2019.

CALLEJAS, Ivan Júlio Apolônio *et al.* Índices arbóreos e suas relações com o microclima urbano. Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, XIV, 2012, Juiz de Fora. **Anais [...]** Juiz de Fora: [s.n], 2012, p. 811-816.

FRANCO, Fernanda; NOGUEIRA, Marta; NOGUEIRA, José. A organização do espaço urbano e sua influência no comportamento térmico de ambientes abertos: estudo de caso na cidade de Cuiabá-MT. In: Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído, XV, 2014, Maceió. **Anais [...]** Maceió: [s.n], 2014, p.113-122.

FREITAS, Anne Falcão de; SANTOS, Joel Silva dos; LIMA, Rita Baltazar de. Microclima urbano: um estudo de caso no espaço intra-urbano do Campus I da UFPB. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, [S.l], v. 4, p. 271-287, 2015.

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

LIMA NETO, Everaldo Marques, SOUZA, Rosemeri Melo. Índices de densidade e sombreamento arbóreo em áreas verdes públicas de Aracaju, Sergipe. Soc. Bras. de Arborização Urbana REVSBAU, Piracicaba, v.4, n.4, p. 47-62, 2009.

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

MURARA, Pedro Germano; AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade. CLIMA E Saúde: variações atmosféricas e enfermidades circulatórias. In: Encontro Nacional dos Geógrafos, XVI, 2010, Porto Alegre. **Anais [...]** Porto Alegre: [s.n], 2010, p. 1-7.

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.

NUNES. Telma Sofia Santos. **Caracterização de Ondas de Calor Ocorridas em Portugal no Século XXI**. 2017. Dissertação (Dissertação em Engenharia Mecânica) – Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Coimbra, 2017.

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.

PAIVA, Flávia Ingrid Bezerra; ZANELLA, Maria Elisa. Microclimas urbanos na área central do bairro da Messejana, Fortaleza/CE. **Revista Equador**, Fortaleza/CE, v.2, p. 153-172, 2013.

SARAIVA, Ana Luiza Bezerra da Costa. **O clima urbano de Mossoró (RN)**: o subsistema termodinâmico. 2014. 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 Elisa. 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.