III SIMPOSIO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA HUMANA
26 a 28 de agosto de 2026

# Relação entre índice de conforto térmico e qualidade do ar na cidade de Natal

**Bianca Petronetto, Albert Martins, Itauan Medeiros, Bernardo Baracho, Yasmin Dantas, Levi Lima, Cláudio Santos e Silva**

## RESUMO

As condições de conforto térmico e a qualidade do ar exercem influência sobre a saúde, o bem-estar e a qualidade de vida da população em ambientes urbanos. A compreensão da interação entre esses fatores contribui para o planejamento de estratégias voltadas à mitigação dos impactos ambientais e à promoção de ambientes urbanos mais saudáveis. Esta pesquisa tem por objetivo analisar a relação entre o índice de desconforto térmico (IDT) e variáveis de qualidade do ar em ambiente externo no campus central da UFRN, em Natal–RN, uma área urbana caracterizada por elevada arborização e intensa circulação de pessoas. A pesquisa é de caráter observacional, descritivo, de abordagem quantitativa, baseada em dados monitorados continuamente. Foram monitoradas as seguintes variáveis: material particulado fino (PM2,5), material particulado grosso (PM10), dióxido de carbono ($CO_2$), temperatura do ar (°C) e umidade relativa do ar (%). Utiliza-se IDT como indicador de desconforto térmico, sendo calculado a partir das variáveis de temperatura e umidade relativa do ar. A qualidade do ar é representada por concentrações de material particulado fino (PM2,5), material particulado grosso (PM10), dióxido de carbono ($CO_2$) e pela razão PM2,5/PM10. Os dados foram organizados em faixas de IDT, permitindo avaliar o comportamento dos poluentes sob diferentes níveis de desconforto térmico. Os resultados indicam que as concentrações mais elevadas de $CO_2$ estão associadas a faixas mais altas de IDT, sugerindo que o $CO_2$, por absorver radiação infravermelha, favorece condições de maiores temperaturas e, por consequência, estresse térmico. O PM10 apresentou maior variação das concentrações associadas ao aumento do IDT. Enquanto o PM2,5 respondeu de forma mais sutil às variações do IDT, embora episódios críticos tenham sido registrados em situações de maior desconforto. De modo geral, as análises apontam que condições de maior IDT favorecem a predominância de partículas finas na atmosfera, evidenciando a interação entre estresse térmico e degradação da qualidade do ar em ambientes urbanos.

Palavras-chave.: desconforto térmico, qualidade do ar, microclima urbano, biometeorologia.

## 1. INTRODUÇÃO

A urbanização tem provocado alterações significativas no microclima e na qualidade do ar das cidades, principalmente em decorrência da substituição da cobertura natural por superfícies impermeáveis e do aumento das emissões provenientes da queima de combustíveis fósseis (ARAÚJO, 2024; SOUZA, 2025). Essas transformações favorecem o aumento da temperatura do ar, modificam as condições de dispersão dos poluentes atmosféricos e reduzem o conforto térmico da população, ampliando os impactos sobre a saúde e a qualidade de vida nos centros urbanos (VALENTIM, 2023).

Em Natal, os estudos microclimáticos já realizados evidenciam um cenário de constante estresse térmico associado às características naturais do clima tropical quente e úmido (tipo As segundo a classificação de Köppen) (SOUZA, 2025). A cidade apresenta temperaturas médias anuais em torno de 26°C e umidade relativa do ar elevada, variando de 74% a 85% devido a dinâmica atmosférica regional, controlada pela atuação dos ventos alísios, da Zona de Convergência Intertropical e dos Distúrbios Ondulatórios de Leste (ARAÚJO, 2024). Ao mesmo tempo, estudos indicam a cidade com índice de desconforto médio classificado como levemente desconfortável sob uma perspectiva climatológica (COUTINHO et al., 2014).

No contexto urbano, esses efeitos desses efeitos climáticos são intensificados por características locais relacionadas ao uso e ocupação do solo. A substituição de áreas verdes por superfícies impermeáveis, como concreto e asfalto, contribuem para o aumento das temperaturas locais e para a formação de ilhas de calor, especialmente quando comparadas a zonas de preservação, o que impacta a distribuição de chuvas extremas na cidade (MESQUITA et al., 2025). Análises conduzidas no campus central da UFRN demonstram que o microclima é fortemente condicionado por características locais específicas, como a elevada umidade relativa do ar devido a retenção de umidade em áreas arborizadas, fatores que influenciam o comportamento

do índice de desconforto térmico (IDT) e podem modificar as condições de qualidade do ar. Essa combinação mantém elevados os índices de desconforto térmico como IDT, destacando a urgência de estratégias de planejamento urbano e soluções baseadas na natureza voltada à mitigação do estresse térmico e a melhoria das condições climáticas (SOUZA, 2025).

Apesar dos avanços nos estudos sobre microclima urbano em Natal, ainda são escassas as investigações que avaliam combinadamente o desconforto térmico e os indicadores de qualidade do ar. Neste seguimento, este estudo tem como objetivo analisar a relação entre o índice de desconforto térmico (IDT) e as variáveis de qualidade do ar em ambiente externo no campus central da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), contribuindo para a compreensão da interação entre condições meteorológicas e poluição atmosférica em ambiente urbano.

## 2. OBJETIVO

Investigar a relação entre o índice de desconforto térmico (IDT) e variáveis de qualidade do ar em ambiente externo, monitoradas no campus central da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal.

## 3. MÉTODO

O estudo foi realizado no campus central da UFRN, no Centro de Ciências Exatas e da Terra, localizado no município de Natal–RN. A área caracteriza-se por ambiente urbano com elevada arborização, sendo adequada para a avaliação do desconforto térmico em ambiente externo.

Trata-se de um estudo observacional e descritivo, com abordagem quantitativa, baseado na análise de dados ambientais coletados ao longo do período de 9 de abril de 2025 a 12 de maio de 2026. Os dados foram coletados nos horários de 11h00 às 19h00, com registro automático dado a cada minuto, totalizando uma matriz de 101.273 dados.

Foram monitoradas as seguintes variáveis: material particulado fino (PM2.5, μg $m^{-3}$), material particulado grosso (PM10, μg $m^{-3}$), dióxido de carbono ($CO_2$, ppm), temperatura do ar (°C) e umidade relativa do ar (%). A coleta foi realizada por meio de um medidor de qualidade do ar Temtop, modelo M2000C, da Elitech *Technology*, instalado a aproximadamente 15 m em relação ao solo, com o objetivo de minimizar influências diretas de sombreamento e de emissões veiculares próximas.

O índice de desconforto térmico (IDT) foi utilizado para avaliar as condições de conforto térmico em ambiente externo, sendo calculado a partir das variáveis temperatura do ar e umidade relativa do ar. Os valores de IDT foram classificados pelo método dos tercis, portanto em três faixas: baixo, médio e alto.

Para reduzir a variabilidade dos dados e facilitar a interpretação dos resultados, os dados foram organizados e submetidos ao cálculo de médias diárias, seguido de análise exploratória, por meio de estatísticas descritivas e representações gráficas, visando identificar padrões e tendências entre o índice de desconforto térmico e as variáveis de qualidade do ar. O processamento, a organização e a visualização dos dados foram realizados no ambiente R.

## 4. RESULTADOS

A estatística descritiva dos dados coletados é apresentada na Tabela 1. A média do IDT foi de 26,65, que é considerado moderado e superior ao determinado na década passada por Coutinho et al. (2014). Isso indica que a cidade passa pelo efeito de aquecimento nos anos mais recentes. Como o IDT é determinado pela temperatura do ar e pela umidade relativa, esse valor médio reflete a combinação de temperaturas mais elevadas e maior retenção de calor no ambiente. A concentração de CO2 alcança 445,88 ppm; porém, os dados não são coletados ao longo de toda noite, o que pode reduzir as médias visto que no período noturno a concentração de gases de efeito estufa tendem a ser menores em função da estabilização estática da camada limite atmosférica. A média de PM10 e PM2.5 foram, respectivamente, 4,16 e 2,20 μg/$m^3$; porém, alcançaram valores máximos de 20,57 e 12,63 μg/$m^3$, o que é muito próximo das médias consideradas ideais pela Organização Mundial da Saúde.

Tabela 1 - Média, mediana, desvio padrão, valores máximos e mínimos.

| Variável | Média | Mediana | DP | Mínimo | Máximo |
|---|---|---|---|---|---|
| IDT | 26,65 | 26,64 | 0,91 | 22,98 | 28,74 |
| $CO_2$ (ppm) | 406,19 | 405,82 | 5,94 | 396,70 | 445,88 |
| PM10 (µg/m³) | 4,16 | 3,36 | 2,84 | 0,56 | 20,57 |
| PM2,5 (µg/m³) | 2,40 | 1,95 | 1,73 | 0,30 | 12,63 |
| PM2,5/PM10 | 0,57 | 0,57 | 0,02 | 0,52 | 0,62 |

Apresenta-se na Figura 1 o comportamento das variáveis de qualidade do ar em função das faixas do índice de desconforto térmico (IDT), permitindo avaliar como as condições de temperatura e umidade influenciam os indicadores de poluição atmosférica. Observa-se um aumento gradual dos valores medianos de $CO_2$ da faixa de IDT baixo para IDT alto, além da maior variabilidade nos níveis mais elevados de desconforto térmico, com mediana geral ≈ 405,82 ppm; média ≈ 406,19 ppm; valores máximos atingindo ~455,88 ppm nas faixas de IDT elevado. Esse comportamento sugere que, quando a temperatura do ar e a umidade relativa favorecem maiores valores de IDT, há também tendência de maior acúmulo de $CO_2$ no ambiente monitorado, relacionadas à menor dispersão atmosférica e à intensificação das atividades antrópicas durante o período diurno.

Em relação ao PM10 e PM2.5 observa-se uma maior dispersão em torno da mediana para a faixa de IDT alto. Ao mesmo tempo, verifica-se maior presença de *outliers* para IDT baixo. Isso pode indicar que episódios pontuais de concentrações de partículas ocorrem no período noturno ou em dias de baixa temperatura.

A razão PM2.5/PM10 é um indicador da origem do material particulado, quanto maior (acima de 0,60) maior a presença de fontes antrópicas de poluição. Os valores mais elevados nas faixas de IDT médio e alto foram também associados a médias da razão em torno de 0,57 e 0,62 indicando um aumento da concentração de partículas finas sob condições de maior desconforto térmico. Esse resultado indica que condições caracterizadas por temperaturas mais elevadas e umidade relativa associadas a maiores valores de IDT favoreceram não apenas o aumento das concentrações de poluentes, mas também uma maior participação relativa da fração fina do material particulado, evidenciando a interação entre desconforto térmico e degradação da qualidade do ar em ambiente urbano.

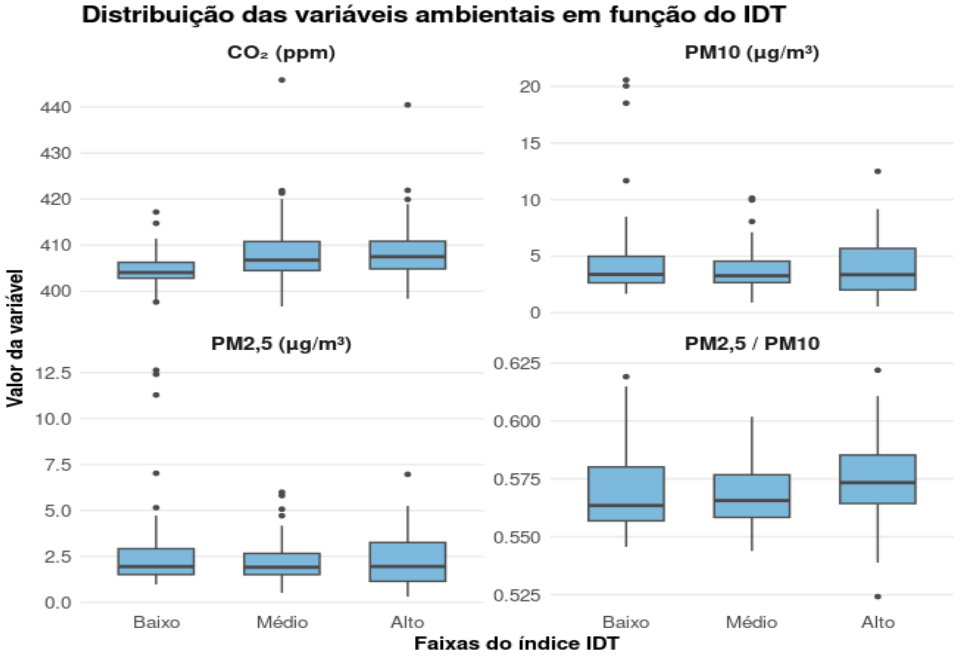


Figura 1 - Distribuição das variáveis ambientais em função do IDT.

## 5. CONCLUSÕES

O estudo possibilitou uma análise da relação entre o IDT variáveis de qualidade do ar em ambiente externo, a partir de dados monitorados no campus central da UFRN. Os resultados obtidos evidenciaram que faixas mais elevadas de IDT tendem a estar associadas a maiores concentrações de poluentes atmosféricos, especialmente o $CO_2$.

Notou-se que o desconforto térmico não está vinculado apenas ao aumento da temperatura do ar, mas também a alterações no comportamento dos poluentes, com destaque para a maior variabilidade e presença de valores extremos nas faixas de IDT elevado. A razão PM2,5/PM10 indicou ainda uma maior participação relativa de partículas finas em condições de maior desconforto térmico.

Os resultados reforçam a importância de estudos em escala local, especialmente em ambientes urbanos e universitários, para o entendimento das interações entre microclima urbano, poluição atmosférica e conforto térmico humano. Tais informações podem subsidiar estratégias de planejamento urbano e ações voltadas à mitigação do desconforto térmico em ambientes externos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


ARAÚJO, Edival. **Análise de índices de desconforto ambiental outdoor: Campus Central da UFRN, Natal**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

COUTINHO, Maytê Duarte Leal; SANTOS, Thalyta Soares dos; GOMES, Ana Carla dos Santos; SILVA, Allan Rodrigues; COSTA, Micejane da Silva; MORAIS, Michelyne Duarte Coutinho de. O MICROCLIMA E O (DES)CONFORTO TÉRMICO EM AMBIENTES ABERTOS NA CIDADE DE NATAL. **Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, Uberlândia, v. 10, n. 19, p. 65–73, 2014. DOI: 10.14393/Hygeia1028195.

FERREIRA, Maria de Fátima Nóbrega. **Avaliação das condições de desconforto térmico no Centro de Convivência do Campus Central da UFRN**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Mesquita, T.d.P.N.; Santos e Silva, C.M.; de Medeiros, I.D.G.; Mendes, K.R.; de Sá, T.N.M.; Carvalho, G.Y.P.d.; Brandão, C.L.; Lopes, V.; de Moura Sá, J.I.A.; de Oliveira, P.E.S.; et al. Evidence of the Influence of Land Use and Land Cover on Extreme Rainfall in Natal, Northeast of Brazil. *Atmosphere* **2025**, *16*, 1398. https://doi.org/10.3390/atmos16121398

SOUZA, Vitória Régia Silva de. **Análise de condições microclimáticas no Campus Universitário da UFRN, Natal, RN**. 2025. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.


## AGRADECIMENTOS


Ao CNPq pela concessão de bolsa de Iniciação Científica à primeira autora da pesquisa.