

ANÁLISE COMPARATIVA DA ARBORIZAÇÃO URBANA NOS MICROCLIMAS E NA QUALIDADE DO AR: ESTUDO PRELIMINAR EM PORTO ALEGRE, RS

Liliana Poersch Staudt – lilianastaudt@gmail.com

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - Campus Porto Alegre
Rua Coronel Vicente, 281 - Centro Histórico, Porto Alegre - RS, 90030-041

Renata Dias Silveira (orientadora) – renata.silveira@poa.ifrs.edu.br

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - Campus Porto Alegre

Michelle Rodrigues Mathias McArthur – chellemathias@yahoo.com.br

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - Campus Porto Alegre

Cassia da Silva Alves – cassiaalves384@gmail.com

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - Campus Porto Alegre

Jéssica Réquia Blini Duarte – jessicablini@gmail.com

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - Campus Porto Alegre

Resumo: Diante da progressiva substituição de cobertura vegetal por superfícies impermeáveis nos centros urbanos, tornam-se relevantes estudos que avaliem os benefícios microclimáticos e de qualidade do ar proporcionados pela arborização. Este estudo analisa, em caráter preliminar, a influência da vegetação urbana sobre temperatura, umidade relativa, material particulado, compostos orgânicos voláteis, pressão sonora e biodiversidade em dois locais de Porto Alegre: o Centro Histórico, com coletas sendo realizadas na Praça da Alfândega e no entorno do Mercado Público; e uma escola pública estadual na zona sul do município, com coletas sendo realizadas na microfloresta implantada no local e no entorno urbano. As medições foram realizadas em duas campanhas sazonais, inverno de 2025 e verão de 2026, com equipamentos portáteis, incluindo o uso de câmera termográfica. Os resultados evidenciaram que os pontos arborizados apresentaram temperaturas do ar e superficiais mais baixas, com diferença de até 7°C no ar entre a microfloresta e seu entorno urbano no verão. A umidade relativa registrada foi mais alta nas áreas com mais arborização, e os níveis de pressão sonora na microfloresta foram até 18 dB (escala A) inferiores aos do entorno urbano. Os dados sugerem que intervenções com maior densidade vegetal, como microflorestas inspiradas no método Miyawaki, promovem benefícios ambientais, podendo subsidiar políticas públicas de infraestrutura verde voltadas à resiliência climática e à qualidade de vida nas cidades.

Palavras-chave: Arborização urbana, Microclimas, Qualidade do ar, Centro urbano, Microfloresta

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



(51) 999330700



abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br

COMPARATIVE ANALYSIS OF URBAN FORESTRY ON MICROCLIMATES AND AIR QUALITY: A PRELIMINARY STUDY IN PORTO ALEGRE, RS

Abstract: Given the progressive replacement of vegetation cover by impervious surfaces in urban centers, studies evaluating the microclimatic and air quality benefits provided by urban forestry have become increasingly relevant. This study provides a preliminary analysis of the influence of urban vegetation on temperature, relative humidity, particulate matter, volatile organic compounds, sound pressure levels, and biodiversity in two locations in Porto Alegre: the Historic Center, with data collection at Praça da Alfândega and the vicinity of the Public Market; and a state public school in the southern zone of the municipality, with data collection in the on-site tiny forest and the surrounding urban area. Measurements were conducted in two seasonal campaigns winter 2025 and summer 2026 using portable equipment, including a thermographic camera. Results showed that vegetated sites exhibited lower air and surface temperatures, with differences of up to 7°C in air temperature between the tiny forest and its urban surroundings in summer. Relative humidity was higher in areas with greater tree cover, and sound pressure levels in the tiny forest were up to 18 dB(A) lower than in the surrounding urban area. The data suggest that interventions with higher vegetation density, such as tiny forests inspired by the Miyawaki method, promote environmental benefits and may support green infrastructure public policies aimed at climate resilience and quality of life in cities.

Keywords: Urban forestry, Microclimates, Air quality, Urban center, Tiny forest

1. INTRODUÇÃO

A expansão urbana é caracterizada pela substituição progressiva de coberturas vegetais e superfícies permeáveis por estruturas construídas, como edificações, vias pavimentadas e áreas impermeabilizadas com concreto e asfalto. Essa transformação do uso do solo compromete os processos ecológicos essenciais à manutenção ambiental e à qualidade de vida nas cidades (PAIVA & GONÇALVES, 2019).

Os centros urbanos brasileiros concentram, historicamente, as maiores densidades populacionais, de infraestrutura e de atividade econômica, configurando ambientes de elevada impermeabilização do solo, intensa circulação de veículos e reduzida cobertura vegetal (MARASCHIN & CABRAL, 2014). Esse padrão de ocupação intensiva do território resulta em condições microclimáticas e de qualidade do ar distintas das demais zonas urbanas, tornando essas áreas ambientes relevantes para o monitoramento ambiental. A cidade de Porto Alegre, capital do estado do Rio Grande do Sul, possui em torno de 1,3 milhão de habitantes, conforme os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), de 2022. Em seu Centro Histórico, localizado às margens do Lago Guaíba, foram registrados 30.569 habitantes em 2022 (PORTO ALEGRE, 2022). Além disso, conforme o Programa de Reabilitação do Centro Histórico de Porto Alegre (PORTO ALEGRE, 2021), atualmente existem cerca de 30.446 alvarás ativos no Centro Histórico e sua maioria ligados às macro atividades de serviços (20.515) e comércio varejista (9.006). Dessa forma, o Centro

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



(51) 999330700



abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br

Histórico reafirma o seu papel estratégico na estrutura produtiva e como gerador de emprego e renda na cidade. Do ponto de vista da mobilidade urbana, essa área absorve cerca de 20% das viagens diárias com motivos de trabalho, compras e saúde (MARASCHIN & CABRAL, 2014). Essa confluência de fluxos, edificações e superfícies impermeáveis faz do Centro Histórico de Porto Alegre um recorte espacial representativo para a análise dos impactos da urbanização sobre o clima local e a qualidade do ar.

A formação dos microclimas urbanos resultam da interação entre os elementos naturais e as transformações impostas pela ocupação humana do território, configurando condições atmosféricas locais distintas daquelas observadas nas áreas rurais circundantes. Conforme sistematizado por Monteiro e Mendonça (2003) no Sistema Clima Urbano (SCU), o clima das cidades é condicionado por fatores como o uso do solo, a morfologia urbana, os materiais de construção e as atividades antrópicas, que em conjunto alteram o balanço de energia e os fluxos de calor na superfície. Entre os fenômenos mais expressivos desse processo destaca-se a ilha de calor urbana, caracterizada pelo registro de temperaturas significativamente mais elevadas em relação ao seu entorno, sendo sua ocorrência associada à intensa verticalização, ao fluxo de veículos, à escassez de vegetação e ao uso de materiais como concreto e asfalto, que aumentam a absorção e a retenção de calor (MONTEIRO & MENDONÇA, 2003 *apud* ALVES & FIALHO, 2012).

A qualidade do ar resulta da interação de um conjunto de fatores, entre os quais se destacam o nível das emissões, a topografia e as condições meteorológicas locais, que podem favorecer ou dificultar a dispersão de poluentes atmosféricos (CONAMA 491/2018). As principais fontes de interferência nos padrões de qualidade do ar incluem processos industriais, geração de energia, tráfego de veículos automotivos e queimadas, responsáveis pelo lançamento de substâncias como material particulado (PM_{2,5} e PM₁₀), dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrogênio (NO₂) e dióxido de enxofre (SO₂) na atmosfera (BIKIS, 2023). Os impactos dessa degradação são amplos e além dos riscos à saúde humana, com destaque para doenças respiratórias, a má qualidade do ar contribui para a corrosão de materiais e para a contaminação do solo e dos corpos hídricos, uma vez que poluentes dispersos no ar atingem esses compartimentos ambientais (BIKIS, 2023). Dessa forma, a Lei nº 14.850/2024, que institui a Política Nacional de Qualidade do Ar, estabelece como instrumento de gestão o padrão de qualidade do ar, definido como o valor de concentração de um poluente específico na atmosfera associado a um intervalo de tempo de exposição, visando preservar o meio ambiente e a saúde da população dos riscos da poluição atmosférica.

Neste sentido, a arborização urbana, que consiste em toda cobertura vegetal de porte arbóreo existente nas cidades (EMBRAPA, 2002), deve ser considerada como componente estrutural do ambiente urbano, capaz de integrar aspectos estruturais, sociais e ambientais da cidade e de promover uma nova percepção ecológica do espaço urbano (PAIVA & GONÇALVES, 2019). Entre os serviços ecossistêmicos prestados por árvores em áreas urbanas destacam-se a regulação climática, por meio do sombreamento e da evapotranspiração, que contribui para o aumento da umidade relativa do ar e para a melhoria do conforto térmico; a melhoria da qualidade do ar, uma vez que atuam como filtros naturais, absorvendo carbono pela fotossíntese e liberando oxigênio; o incremento da biodiversidade, ao oferecerem habitat para aves, insetos e pequenos animais; e a gestão hídrica e do solo, pois suas raízes fixam o terreno, prevenindo erosão e deslizamentos, enquanto a permeabilidade do solo favorece a retenção de água pluvial, reduzindo enchentes e contribuindo para a recarga de aquíferos (BOWLER *et al.*, 2010; ESCOBEDO *et al.*, 2011).

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



(51) 999330700



abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br

Em concordância com a importância da arborização urbana, o Plano Nacional de Arborização Urbana (PlaNAU), lançado em 2025 pelo Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA), constitui o primeiro instrumento federal de planejamento estruturado integralmente para a arborização das cidades brasileiras, com o objetivo de ampliar a cobertura arbórea urbana, promover a biodiversidade e gerar benefícios ambientais, climáticos, sociais e econômicos em todo o território nacional (MMA, 2025). O PlaNAU, em conjunto com o Plano Diretor de Arborização Urbana (PDAU), que organiza tecnicamente o plantio, o manejo e a preservação de árvores nas cidades, reforça o compromisso institucional com a expansão e a qualificação da cobertura arbórea urbana. Além disso, para que os benefícios previstos sejam efetivamente alcançados, a escolha adequada da espécie arbórea para cada contexto urbano é determinante, pois minimiza conflitos com a infraestrutura, reduz a necessidade de podas drásticas e danos a calçadas e redes elétricas, assegurando a longevidade da planta e a qualidade de vida urbana com menores custos de manutenção (CECCHETTO *et al.*, 2014).

As microfloreas urbanas constituem uma estratégia de restauração ecológica baseada no adensamento de espécies nativas em pequenas áreas, inspirada no método desenvolvido pelo botânico japonês Akira Miyawaki, que propõe a reconstituição da vegetação natural de determinado local por meio do plantio em alta densidade, acelerando os processos sucessionais e promovendo o desenvolvimento de uma floresta funcional, cooperativa, autossustentável e em escala reduzida (MIYAWAKI & BOX, 2006). No contexto de Porto Alegre, a pertinência dessas intervenções é reforçada pelo Projeto de Lei nº 038/26, que começou a ser debatido em março de 2026 na Câmara Municipal de Porto Alegre e institui o Programa Bosques de Bairro no município, reconhecendo as microfloreas comunitárias como estratégias eficazes para reduzir ilhas de calor, mitigar a poluição atmosférica, aumentar a infiltração da água e promover resiliência urbana frente aos eventos climáticos extremos, priorizando espécies nativas da Mata Atlântica.

O presente estudo examina, em caráter preliminar, os microclimas e a qualidade do ar em dois locais urbanos distintos de Porto Alegre: no Centro Histórico, em dois pontos com diferentes graus de cobertura vegetal, o primeiro na Praça da Alfândega, caracterizada por arborização consolidada, e o segundo no entorno do Mercado Público, com baixa cobertura vegetal; e em uma escola pública estadual na zona sul do município, também com dois pontos com diferentes graus de cobertura vegetal, na microfloresta implantada e no seu entorno urbano. O objetivo é a comparação entre esses ambientes, realizada por meio de coleta de parâmetros climáticos e de qualidade do ar e de imagens termográficas, com a finalidade de avaliar as contribuições da vegetação para a regulação dos microclimas e a melhoria da qualidade do ar em ambiente urbano.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para as análises de microclima e qualidade do ar foram selecionadas duas localidades em Porto Alegre (RS, Brasil), uma no Centro Histórico e outra em uma escola pública estadual localizada na zona sul do município. Além disso, em cada localidade foram coletados parâmetros em dois pontos distintos. No Centro Histórico, foram analisados os dados na Praça da Alfândega (Figura 1, à esquerda e no centro), área arborizada com espaçamento entre indivíduos arbóreos, e no entorno do Mercado Público (Figura 1, à esquerda e à direita), caracterizado por baixa cobertura vegetal e predominância de superfícies impermeáveis como concreto. Na escola, foram analisados os dados na microfloresta

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



(51) 999330700



abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br

urbana implantada no pátio dos fundos (Figura 2, à esquerda e no centro) e no entorno urbano, situado na parte frontal do pátio (Figura 2, à esquerda e à direita), revestido por concreto e lajes.

Figura 1. Centro Histórico: Praça da Alfândega e entorno do Mercado Público. Imagem de satélite e registro fotográfico do local durante a coleta de dados.



Fontes: Google Maps (2026); autores (2025)

Figura 2. Escola pública estadual: microfloresta e entorno urbano. Imagem de satélite e registro fotográfico do local durante a coleta de dados.



Fontes: Google Maps (2026); autores (2026)

As coletas de dados foram realizadas no período da manhã, com início aproximado às 9h, por meio de saídas de campo previamente programadas com alunas e orientadores do projeto, dedicando-se aproximadamente trinta minutos a cada ponto, totalizando cerca de uma hora por dia de

coleta. Todos os equipamentos foram calibrados previamente ou no local, com as seguintes precisões de medições: 1°C para temperatura, 5% para umidade relativa do ar e 5% do valor medido para concentrações de gases e material particulado.

As medições foram realizadas em duas campanhas sazonais. A de inverno ocorreu nos dias 26 de agosto de 2025, na escola, e 27 de agosto de 2025, no Centro Histórico. A de verão ocorreu no dia 03 de março de 2026, na escola, e no dia 17 de março de 2026, no Centro Histórico, com intervalo justificado pela ocorrência de condições meteorológicas desfavoráveis a partir do dia 04 de março de 2026, com nebulosidade acentuada e previsão de precipitações, que inviabilizaram a realização das medições no período.

Os seguintes instrumentos foram utilizados para a coleta dos dados: coordenadas geográficas obtidas com GPS de smartphone (aplicativo Bússola); pressão atmosférica determinada com barômetro digital Assixx; direção do vento determinada com cone de vento e confirmada com bússola de smartphone (aplicativo Bússola); velocidade do vento medida com anemômetro Akso AK835; temperatura e umidade relativa do ar determinadas com termo-higrômetro Holda H1927; temperatura de globo analisada com termômetro de globo negro Reed Instruments Heat Index Checker 8778; imagens térmicas obtidas com câmera termográfica Unit-T Pro Uti690B; pressão sonora medida com decibelímetro Akso AK823 na escala A; concentrações de CO₂ e compostos orgânicos voláteis (VOC) determinadas com analisador de qualidade do ar JLDG JD-3002; e concentrações de material particulado PM_{2,5} e PM₁₀ obtidas com analisador de qualidade do ar Vson WP6912.

A temperatura de bulbo úmido (TBU) foi estimada utilizando a equação proposta por Stull (2011), válida para temperaturas do ar entre -20°C e 50°C e umidades relativas entre 5% e 99%, sob pressão atmosférica padrão ao nível do mar (101,325 kPa). O cálculo foi realizado por meio da seguinte equação:

$$TBU = T \cdot \arctan[0,151977(UR+8,313659)^{1/2}] + \arctan(T+UR) - \arctan(UR-1,676331) + 0,00391838(UR)^{3/2} \arctan(0,023101UR) - 4,686035 \quad (1)$$

Em que: TBU é a temperatura de bulbo úmido (°C), T é a temperatura do ar (°C), UR é a umidade relativa do ar (%) e arctan representa a função arco-tangente. Os demais termos correspondem aos coeficientes da regressão proposta por Stull (2011).

As concentrações de CO, NO₂, SO₂ e O₃ não foram registradas, por apresentarem valores abaixo do limite de sensibilidade dos equipamentos utilizados, isto é, sua concentração no ambiente era negligenciável.

A observação da biodiversidade foi realizada de forma visual e auditiva, com auxílio dos aplicativos PlantNet, para identificação da flora, e BirdNET, para identificação de avifauna.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos nas duas campanhas sazonais são apresentados nas Tabelas 1 e 2, referentes ao Centro Histórico e à escola pública estadual, respectivamente. A análise comparativa entre os pontos de coleta evidencia diferenças nos parâmetros microclimáticos e de qualidade do ar, podendo estar relacionada com os distintos graus de cobertura vegetal de cada ambiente.

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



(51) 999330700



abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br

Tabela 1. Parâmetros microclimáticos e de qualidade do ar registrados no Centro Histórico de Porto Alegre, na Praça da Alfândega e no entorno do Mercado Público, nas estações de inverno e verão.

	Centro Histórico			
	Praça da Alfândega		Entorno Mercado Público	
	Inverno	Verão	Inverno	Verão
Altitude (m)	6	6	5	5
Pressão atmosférica (hPa)	1027	1009	1027	1009
Vento (m/s)	18,3	1,3	19,8	0,1
Direção do vento	Oeste	Norte	Sul	Oeste
Temperatura do ar (°C)	18	31	20	31
Temperatura de globo (°C)	19	31	22	36
Temperatura de bulbo úmido (°C)	14	25	13	25
Umidade Relativa (%)	65	59	53	58
Pressão Sonora - ruído (dB, A)	51 ± 5	59 ± 5	59 ± 5	56 ± 5
CO ₂ (mL/m ³)	385 ± 1	385 ± 1	385 ± 1	385 ± 1
VOC (µg/m ³)	0 ± 2	17 ± 2	0 ± 2	18 ± 2
PM _{2,5} (µg/m ³)	96 ± 2	20 ± 2	8 ± 2	24 ± 2
PM ₁₀ (µg/m ³)	107 ± 2	22 ± 2	8 ± 2	25 ± 2

Tabela 2. Parâmetros microclimáticos e de qualidade do ar registrados na escola pública estadual na zona sul de Porto Alegre, na microflorete e no entorno urbano, nas campanhas de inverno e verão.

	Escola pública estadual			
	Microflorete		Entorno urbano	
	Inverno	Verão	Inverno	Verão
Altitude (m)	36	36	38	38
Pressão atmosférica (hPa)	1028	1008	1028	1008
Vento (m/s)	De 0 a 1,3	0,2	1,6	0,7
Direção do vento	Dir. variáveis	Leste	Noroeste	Leste
Temperatura do ar (°C)	13	28	20	31
Temperatura de globo (°C)	13	30	33	49
Temperatura de bulbo úmido (°C)	8	21	12	22
Umidade Relativa (%)	54	54	39	41
Pressão Sonora - ruído (dB, A)	50 ± 5	52 ± 5	66 ± 5	70 ± 5
CO ₂ (mL/m ³)	385 ± 1	385 ± 1	385 ± 1	385 ± 1
VOC (µg/m ³)	15 ± 2	15 ± 2	20 ± 2	16 ± 2
PM _{2,5} (µg/m ³)	35 ± 2	30 ± 2	27 ± 2	24 ± 2
PM ₁₀ (µg/m ³)	39 ± 2	33 ± 2	30 ± 2	26 ± 2

3.1. Temperatura do ar, temperatura de globo e temperatura de bulbo úmido

No Centro Histórico, a Praça da Alfândega e o entorno do Mercado Público apresentaram em relação a temperatura do ar uma diferença de aproximadamente 2°C no inverno, enquanto no verão as temperaturas do ar registradas foram praticamente iguais entre os dois pontos. Na escola, no espaço

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



(51) 999330700



abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br

da microfloreza foram registradas as temperaturas do ar mais baixas entre todos os pontos analisados, tanto no inverno quanto no verão, em contraste com o entorno da escola (pátio da frente), revestido por superfícies impermeáveis, que apresentou valores mais elevados nas duas estações, evidenciando uma diferença de 7°C no inverno e 3°C no verão entre os dois pontos nos mesmos dias de coleta de dados.

A temperatura de globo, que integra os efeitos da radiação solar, da temperatura do ar e do vento sobre o conforto térmico humano (LÓIS *et al.*, 2011), apresentou diferenças expressivas entre os pontos analisados. No verão, a microfloreza registrou os valores mais baixos, em contraste com o entorno do Mercado Público, que apresentou temperatura consideravelmente mais elevada, e com o entorno da escola, que atingiu a temperatura de globo mais alta entre todos os pontos analisados. Esses resultados são consistentes com os serviços ecossistêmicos de regulação climática promovidos pela vegetação, que atua por meio do sombreamento e da evapotranspiração, reduzindo tanto a temperatura do ar quanto a carga de radiação solar sobre as superfícies (BOWLER *et al.*, 2010). O fenômeno das ilhas de calor urbanas, caracterizado pelo registro de temperaturas mais elevadas em áreas densamente edificadas e com baixa cobertura vegetal, é claramente observável na comparação entre a microfloreza e os pontos com predominância de superfícies impermeáveis, em consonância com o descrito por Monteiro e Mendonça (2003).

A temperatura de bulbo úmido, relacionada ao potencial de resfriamento através da evaporação da umidade do ar e influencia a sensação térmica (LÓIS *et al.*, 2011), apresentou resultados distintos entre os locais estudados. No Centro Histórico, a Praça da Alfândega e o entorno do Mercado Público registraram valores muito próximos entre si nas duas estações, sem diferença expressiva entre os dois pontos. Na escola, a variação foi mais expressiva, com a microfloreza apresentando os valores mais baixos entre todos os pontos analisados nas duas estações. Os dados da microfloreza, em contraste com o entorno urbano, sugerem maior potencial de resfriamento evaporativo no ambiente com vegetação mais densa.

3.2. Umidade relativa do ar e material particulado

No Centro Histórico, a Praça da Alfândega apresentou os maiores valores de umidade relativa entre todos os pontos analisados, superiores aos registrados no entorno do Mercado Público em ambas as estações, sugerindo influência positiva da arborização consolidada da praça sobre a umidade local. Na escola, a microfloreza manteve umidade relativa consistente nas duas estações, enquanto o entorno urbano apresentou os menores valores entre todos os pontos analisados. Esses resultados reforçam o papel da vegetação e do solo na amenização da temperatura e no aumento da umidade relativa do ar por meio da evapotranspiração, contribuindo para a melhoria do conforto térmico urbano (ESCOBEDO *et al.*, 2011).

Ambientes com maior cobertura vegetal liberam vapor d'água por meio da evapotranspiração, processo que integra a transpiração das plantas e a evaporação da água do solo, aumentando a umidade relativa do ar e favorecendo a deposição de material particulado em suspensão sobre o solo e as superfícies das plantas (WANG *et al.*, 2024). Áreas com vegetação densa e diversa apresentam maior capacidade de retenção de partículas atmosféricas (GAO *et al.*, 2020), de modo que a microfloreza atua como uma barreira natural que captura e retém partículas, combinando os benefícios da regulação hídrica e da filtragem do ar.

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



(51) 999330700



abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br

Essa relação é evidenciada nos dados coletados. No inverno, no Centro Histórico, a Praça da Alfândega registrou os maiores valores de PM_{2,5} e PM₁₀ entre todos os pontos, resultado aparentemente contraditório em uma área arborizada, mas explicado pela elevada velocidade do vento registrada no mesmo período, que favorece a ressuspensão de material particulado na atmosfera nessas condições (BIKIS, 2023; GAO *et al.*, 2020). No verão, com velocidade do vento menor, os valores reduziram expressivamente, evidenciando a influência das condições meteorológicas sobre os resultados. O entorno do Mercado Público registrou os menores valores no inverno, possivelmente influenciado pela elevada velocidade do vento, que favoreceu a dispersão dos poluentes. Na escola, a microfloresta registrou valores de PM_{2,5} e PM₁₀ superiores aos do entorno urbano em ambas as estações. A capacidade de retenção de material particulado pela vegetação urbana é reconhecida como método sustentável e eficaz para a melhoria da qualidade do ar, sendo que tanto as folhas quanto a casca das árvores contribuem para esse processo (WANG *et al.*, 2024).

3.3. CO₂ e compostos orgânicos voláteis (VOC)

As concentrações de CO₂ foram as mais baixas possíveis em todos os pontos e estações, registrando 385 mL/m³ em todas as medições.

As concentrações de VOC não apresentaram variação expressiva entre os pontos no verão, com valores excelentes (muito baixos). No inverno, os valores nulos (abaixo da sensibilidade do aparelho) registrados no Centro Histórico sob fortes ventos limitam a comparação sazonal.

3.4. Pressão sonora

Os níveis de pressão sonora foram analisados com base nos limites estabelecidos pelo Decreto Municipal nº 8.185/1983, que define os padrões de emissão de ruído por zona e faixa horária em Porto Alegre, e pela Lei Complementar nº 434/1999, que dispõe sobre o desenvolvimento urbano no município. O Centro Histórico, está inserido na Macrozona 1 - Cidade Radiocêntrica, definida pela Lei Complementar nº 434/1999 como área de uso misto com predominância comercial e de serviços. Conforme o referido decreto, os limites máximos de pressão sonora para zonas comerciais variam entre +5 dB(A) e +20 dB(A) de acréscimo em relação ao limite residencial diurno de 55 dB(A), resultando em limites entre 60 dB(A) e 75 dB(A). Dessa forma, os valores medidos na Praça da Alfândega e no entorno do Mercado Público, situam-se abaixo do limite mínimo aplicável a zonas comerciais, indicando conformidade com a legislação vigente.

Para os pontos da escola, o Decreto Municipal nº 8.185/1983 classifica escolas como zonas sensíveis a ruído, determina uma correção de -5 dB(A) em relação ao limite residencial diurno de 55 dB(A), resultando em limite máximo de 50 dB(A) para esses ambientes. Entre os valores registrados na escola, o contraste entre os dois pontos foi mais expressivo, a microfloresta registrou valores dentro ou muito próximos do limite estabelecido para zonas sensíveis a ruído, enquanto o entorno registrou níveis que superam em até 20 dB(A) o limite aplicável. Essa diferença pode estar associada a múltiplos fatores: o entorno urbano da escola está localizado próximo a uma avenida com tráfego intenso, o que contribui para os níveis de pressão sonora registrados, somado às atividades escolares, como período de intervalo e circulação de alunos. Por outro lado, a microfloresta, situada no pátio dos fundos da escola, possui menor movimentação de pessoas, além da sua proximidade com um

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



(51) 999330700



abes-rs@abes-rs.org.br



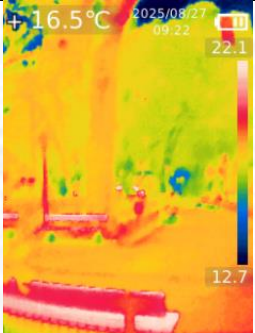
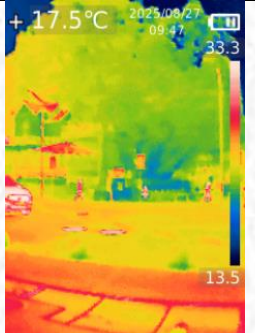
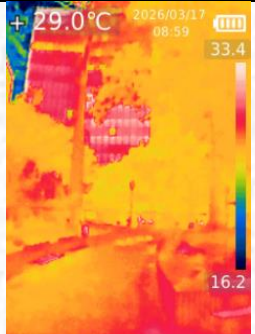
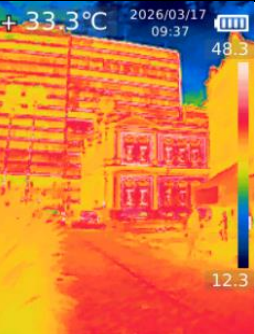
www.abes-rs.org.br

arroio localizado nos fundos do terreno, fatores que, em conjunto com a capacidade de atenuação sonora da vegetação densa, podem ter contribuído para os menores níveis registrados nesse ponto.

3.5. Registros de imagens termográficas

Os registros termográficos obtidos no Centro Histórico (Quadro 1) e na escola pública estadual (Quadro 2) permitem visualizar a distribuição espacial da temperatura superficial nos pontos analisados, complementando os dados de temperatura do ar e de globo. A escala colorimétrica das imagens, variando do azul (superfícies mais frias) ao vermelho e branco (superfícies mais quentes), evidencia contrastes térmicos entre ambientes com diferentes graus de cobertura vegetal.

Quadro 1. Comparativo de registros fotográficos e termográficos realizados durante a coleta de dados no Centro Histórico, Praça da Alfândega e entorno do Mercado Público, nas estações de inverno e verão.

Praça da Alfândega		Entorno Mercado Público	
Foto da área	Distribuição térmica	Foto da área	Distribuição térmica
Inverno		Inverno	
			
Verão		Verão	
			

No Centro Histórico (Quadro 1), as imagens termográficas revelam que a Praça da Alfândega apresentou distribuição térmica nas faixas intermediárias da escala colorimétrica em ambas as estações, correspondendo às tonalidades verde e amarelo, o que indica temperaturas superficiais moderadas, sem predominância de superfícies extremamente aquecidas ou frias. O entorno do

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



(51) 999330700



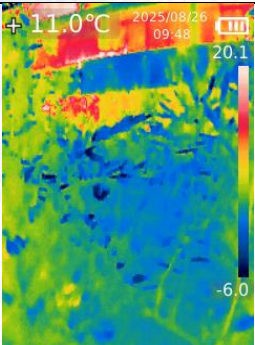
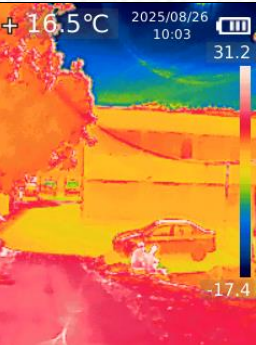
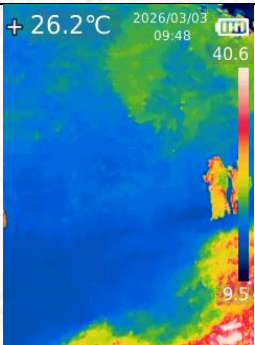
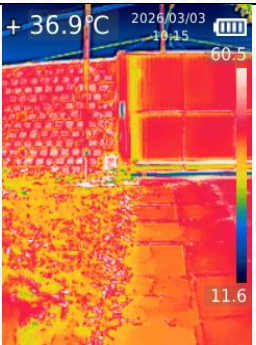
abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br

Mercado Público, por sua vez, exibiu diferença mais discreta no inverno e contraste mais acentuado no verão em relação à praça, refletindo o maior aquecimento das superfícies impermeáveis expostas à radiação solar direta. Além disso, observa-se que a presença de árvores ameniza as altas temperaturas dos prédios.

Quadro 2. Comparativo de registros fotográficos e termográficos realizados durante a coleta de dados na escola pública estadual, microfloresta e no entorno urbano, nas estações de inverno e verão.

Microfloresta		Entorno urbano	
Foto da área	Distribuição térmica	Foto da área	Distribuição térmica
Inverno		Inverno	
			
Verão		Verão	
			

Na escola (Quadro 2), os contrastes foram ainda mais evidentes. A microfloresta apresentou escala de cores predominantemente azul e verde nas duas estações, indicando superfícies mais frias. O entorno urbano, revestido por concreto e lajes, exibiu tonalidades predominantemente alaranjadas e vermelhas em ambas as estações, com diferenças mais expressivas no verão em relação à microfloresta, indicando superfícies com elevado armazenamento de calor.

Esses contrastes termográficos são consistentes com três mecanismos associados à presença da vegetação. O primeiro é o sombreamento da radiação solar, que reduz a incidência direta sobre as superfícies subjacentes, limitando o aquecimento superficial. O segundo é o resfriamento promovido pela evapotranspiração, dissipando energia na forma de calor e reduzindo a temperatura das superfícies e do ar. O terceiro é o menor armazenamento de calor pela vegetação em comparação

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



(51) 999330700



abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br

com materiais como concreto, tijolo, porcelanato, telhas, alumínio fino e asfalto, que absorvem e retêm energia térmica ao longo do dia, intensificando o efeito de ilha de calor urbana (MONTEIRO & MENDONÇA, 2003; BOWLER *et al.*, 2010). A atuação combinada desses mecanismos explica a diferença observada entre a microfloresta e o entorno urbano no verão, reforçando o papel da arborização como estratégia eficaz de mitigação térmica no ambiente urbano.

3.6. Biodiversidade

A observação de biodiversidade revelou diferenças entre os pontos analisados. A microfloresta apresentou a maior diversidade em ambas as estações, com presença de espécies vegetais variadas, pássaros, borboletas, grilos e pequenos insetos no verão, e pássaros e pequenos insetos no inverno, evidenciando a capacidade do ambiente de abrigar fauna diversificada mesmo em escala reduzida. Esse resultado é consistente com o princípio do método Miyawaki, que pelo adensamento de espécies nativas promove a reconstituição de habitats funcionais capazes de sustentar biodiversidade urbana (MIYAWAKI & BOX, 2006). A Praça da Alfândega também apresentou diversidade relevante, com registro de abelhas, pombas, caturritas e urubus no inverno, e grande diversidade de pássaros e formigas no verão, o que pode ser atribuído à arborização consolidada da praça. O entorno do Mercado Público e o entorno da escola apresentaram os menores índices de biodiversidade em ambas as estações, com presença reduzida de espécies de flora e fauna, refletindo a predominância de superfícies impermeáveis e a escassa cobertura vegetal nesses ambientes. Conforme demonstrado por Gao *et al.* (2020), o aumento da diversidade vegetal está positivamente associado à melhoria dos serviços ecossistêmicos de qualidade do ar, com maior riqueza de espécies contribuindo para menores concentrações de material particulado, o que reforça a importância da microfloresta como estratégia de infraestrutura verde no ambiente urbano.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste estudo preliminar demonstram que a presença de vegetação urbana, especialmente em maior densidade como nas microflorestas, exerce influência benéfica sobre os microclimas e a qualidade do ar em ambiente urbano, com reduções de temperatura do ar e superficial, aumento da umidade relativa e atenuação da pressão sonora. A câmera termográfica mostrou-se uma ferramenta promissora para estudos de clima urbano, permitindo visualizar de forma espacial os contrastes térmicos entre ambientes com diferentes graus de cobertura vegetal, com potencial para ampliar a compreensão dos fenômenos de ilha de calor urbana em estudos futuros.

Dado o caráter preliminar deste estudo, com coletas pontuais em duas campanhas sazonais, ressalta-se a importância do monitoramento contínuo para a obtenção de dados mais representativos, capazes de acompanhar a variabilidade temporal dos parâmetros analisados. A consolidação dessas evidências pode subsidiar políticas públicas de arborização urbana mais efetivas, indicando que espaços urbanos mais saudáveis, sustentáveis e resilientes frente aos desafios das mudanças climáticas são não apenas necessários, mas alcançáveis por meio de intervenções baseadas na natureza.

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



(51) 999330700



abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br

Agradecimentos

As autoras agradecem ao Instituto Federal do Rio Grande do Sul, Campus Porto Alegre, bem como aos professores do Projeto Integrador do curso de Tecnologia em Gestão Ambiental, cuja orientação e acompanhamento tornaram possível a realização deste estudo.

5. REFERÊNCIAS

ALVES, R. S.; FIALHO, E. S. Resenha do Livro Clima Urbano. **Revista Geografares**, v.10, p. 08-16, 2012.

BIKIS, A. Urban Air Pollution and Greenness in Relation to Public Health.. **Journal of Environmental and Public Health**, v.2023, 18p., 2023.

BOWLER, D. E.; BUYUNG-ALI, L.; KNIGHT, T. M.; PULLIN, A. S. Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. **Landscape and Urban Planning**, v.97, e.3, p. 147-155, 2010.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 491, de 19 de novembro de 2018. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar**. Brasília: CONAMA, 2018.

BRASIL. **Lei nº 14.850, de 2 de maio de 2024. Institui a Política Nacional de Qualidade do Ar**. Brasília: Diário Oficial da União, 2024. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2024/lei-14850-2-maio-2024-795555-publicacaooriginal-171660-pl.html>>. Acesso em: 10 mai. 2026.

CECCHETTO, C. T.; CHRISTMANN, S. S.; OLIVEIRA, T. D. Arborização Urbana: Importância e benefícios no planejamento ambiental das cidades. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO NO MERCOSUL, 16, Cruz Alta. **Anais do XVI Seminário Internacional de Educação do Mercosul, XIII Seminário Interinstitucional, IV Cursos de Práticas Socioculturais Interdisciplinares, III Encontro Estadual de formação de professores e I Mostra de Trabalhos Científicos PIBID**. Cruz Alta: UNICRUZ, 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Arborização urbana e produção de mudas de essências florestais nativas em Corumbá, MS**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2002. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/810730/1/DOC42.pdf>>. Acesso em: 08 mai. 2026.

ESCOBEDO, F. J.; KROEGER, T.; WAGNER, J. E. Urban forests and pollution mitigation: Analyzing ecosystem services and disservices. **Environmental Pollution**, v.159, e.8-9, p. 2078-2087, 2011.

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



(51) 999330700



abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br

GAO, T.; LIU, F.; WANG, Y.; MU, S.; QIU, L. Reduction of Atmospheric Suspended Particulate Matter Concentration and Influencing Factors of Green Space in Urban Forest Park. **Forests**, v.11, 18p., 2020.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Porto Alegre - Rio Grande do Sul**. Brasília: IBGE, 2022. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rs/porto-alegre.html>>. Acesso em: 29 mai. 2026.

LÓIS, E.; LABAKI, L. C.; SANTOS, R. F. Efeitos de diferentes estruturas de vegetação ciliar sobre as variáveis de microclima e a sensação de conforto térmico. **Revista do Instituto Florestal**, v.23, n.1, p. 117-136, 2011.

MARASCHIN, C.; CABRAL, G. F. O papel do centro histórico na estrutura das cidades contemporâneas – o caso de Porto Alegre, Brasil. **Arquiteturarevista**, v.10, n.2, p. 59-69, 2014.

MIYAWAKI, A.; BOX, E. O. **The Healing Power of Forests - The Philosophy Behind Restoring Earth's Balance With Native Trees**. Tokyo: Kosei Pub, 2006. 286 p.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA. **PlaNAU: Plano Nacional de Arborização Urbana 2025**. Brasília: MMA, 2025. Disponível em: <<https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/meio-ambiente-urbano-recursos-hidricos-qualidade-ambiental/cidades-verdes-resilientes/areas-verdes-e-arborizacao-urbana/planau/planau-plano-nacional-de-arborizacao-urbana-2025.pdf>>. Acesso em: 05 mai. 2026.

MONTEIRO, C. A. DE F.; MENDONÇA, F. **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2003. 192p.

PAIVA, H. N.; GONÇALVES, W. **Florestas Urbanas: Planejamento para melhoria da qualidade de vida**. Coleção Jardinagem e Paisagismo. Viçosa: Editora Aprenda fácil, 2019. 202p.

PORTO ALEGRE. Câmara Municipal. **Projeto de Lei nº 038/2026. Institui o Programa Bosques de Bairro no município de Porto Alegre**. Autor: Ver. Roberto Robaina. Porto Alegre: CMPA, 2026. Em tramitação. Disponível em: <https://www.camarapoa.rs.gov.br/draco/processos/142064/SEI_1047894_Projeto_de_Lei.pdf>. Acesso em: 08 mai. 2026.

PORTO ALEGRE. Prefeitura Municipal de Porto Alegre. **Decreto nº 8.185, de 7 de março de 1983. Estabelece padrões de emissão e imissão de ruídos e vibrações, bem como outros condicionantes ambientais**. Porto Alegre: PMPA, 1983. Disponível em: <http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/smam/usu_doc/decreto_novo_8.185.pdf>. Acesso em: 04 mai. 2026.

PORTO ALEGRE. Prefeitura Municipal de Porto Alegre. **Lei Complementar nº 434, de 1º de dezembro de 1999. Dispõe sobre o desenvolvimento urbano no Município de Porto Alegre, institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental de Porto Alegre e dá outras**

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



(51) 999330700



abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br

providências. Porto Alegre: PMPA, 1999. Disponível em:
<https://legislacao.portoalegre.rs.gov.br/media/sapl/public/normajuridica/sirel/LC%20434_Atualizada%20ate%20LC%20667_2011.pdf>. Acesso em: 04 mai. 2026.

PORTO ALEGRE.. Prefeitura Municipal de Porto Alegre. **População residente, por bairros, de Porto Alegre - Censo 2022.** Disponível em:
<https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fprefeitura.poa.br%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fusu_doc%2Fhotsites%2Fmpae%2Fobservapoa%2FPop_Bairro_Censo_2022.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK> Acesso em: 04 mai. 2026.

PORTO ALEGRE. Prefeitura Municipal de Porto Alegre. Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Urbanismo e Sustentabilidade. Diretoria de Planejamento Urbano. **Programa de Reabilitação do Centro Histórico de Porto Alegre - PRCHPA: Diagnóstico.** Porto Alegre: PMPA, 2021. 225 p. Disponível em: <https://prefeitura.poa.br/sites/default/files/usu_img/planejamento_urbano/PRCHPA-Diagnostico-REVISADO.pdf>. Acesso em: 04 mai. 2026.

STULL, R. Wet-Bulb Temperature from Relative Humidity and Air Temperature. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**, v.50, n.11, p. 2267–2269, 2011.

WANG, M.; QIN, M.; XU, P. HUANG, D.; JIN, X.; CHEN, J.; DONG, D.; REN, Y. Atmospheric particulate matter retention capacity of bark and leaves of urban tree species. **Environmental Pollution**, v.342, 2024.

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores

