

## **Análise de Temperatura do Ar na Região Central de Juiz de Fora/MG**

*Análisis de Temperatura del Aire en la Región Central de Juiz de Fora/MG*

**Karla Carvalho de Almeida**

Mestranda em Ambiente Construído, UFJF, Brasil  
karla.almeida@arquitetura.ufjf.br

**Danielle Lopes Vilas**

Mestranda em Ambiente Construído, UFJF, Brasil  
danielle.vilas@arquitetura.ufjf.br

**Fábio de Oliveira Sanches**

Professor Doutor, UFJF, Brasil  
fsanches.73@gmail.com

#### **RESUMO**

O aumento de temperatura relacionado aos centros urbanos tende a ser exacerbado nos próximos anos devido às mudanças climáticas, afetando diretamente a qualidade de vida das pessoas. O objetivo do trabalho é comparar a influência da vegetação em microclimas urbanos entre quatro espaços públicos com características distintas de massa vegetal, densidade e gabarito das edificações em Juiz de Fora, Minas Gerais. O objetivo específico é a análise dos impactos térmicos que o paisagismo pode proporcionar nessas diferentes regiões da cidade. Para isso, é feita, inicialmente, uma revisão bibliográfica de artigos científicos sobre a temática, selecionados em diferentes partes do mundo, e seus respectivos estudos de caso. Em seguida, são feitas medições de temperatura em quatro espaços públicos de Juiz de Fora, com diferentes características comparando a variação térmica encontrada. Como resultado, é apresentada a variação no microclima de acordo com os diferentes aspectos do ambiente construído, sobretudo a vegetação. Dessa forma, é possível identificar localidades que, por meio de alterações no paisagismo, obtenham um melhor desempenho térmico.

**PALAVRAS-CHAVE:** Microclima urbano. Vegetação urbana. Ilhas de calor.

#### **RESUMEN**

*El aumento de temperatura relacionado con los centros urbanos tiende a agudizarse en los próximos años debido al cambio climático, afectando directamente la calidad de vida de las personas. El objetivo de este trabajo es comparar la influencia de la vegetación en los microclimas urbanos entre cuatro espacios públicos con diferentes características de masa vegetal, densidad y altura de las edificaciones en Juiz de Fora, Minas Gerais. El objetivo específico es el análisis de los impactos térmicos que puede generar el paisajismo en estas diferentes regiones de la ciudad. Para ello, se realiza inicialmente una revisión bibliográfica de artículos científicos sobre el tema, seleccionados en diferentes partes del mundo, y sus respectivos casos de estudio. Luego, se realizan mediciones de temperatura en cuatro espacios públicos de Juiz de Fora, con diferentes características comparando la variación térmica encontrada. Como resultado, se presenta la variación del microclima según diferentes aspectos del entorno construido, especialmente la vegetación. De esta forma, es posible identificar lugares que, a través de cambios paisajísticos, obtienen un mejor desempeño térmico.*

**PALABRAS CLAVE:** Microclima urbano. Vegetación urbana. Islas de calor.

## 1 INTRODUÇÃO

Globalmente, eventos de calor extremo (ECE) têm gerado aumento nas taxas de mortalidade e morbidade nas cidades, à medida que as populações urbanas são pressionadas para além da sua capacidade adaptativa (BRIONY, 2015). Alguns exemplos incluem: Chicago, nos Estados Unidos, com acréscimo de 31% de mortalidade desde 1995 relacionada ao aumento de calor (WHITMAN et al., 1997); Paris, na França, com mais 130% de mortalidade relacionada ao aumento de temperatura desde 2003 (DHAINAUT et al., 2003); Moscow, Rússia, com aumento de 60% (REVICH, 2011) e Melbourne, Austrália, que teve acréscimo de 62% de mortalidade (Department of Human Services, 2009).

O Brasil, por sua vez, desenvolveu recentemente o Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC), que reúne estudos nacionais relacionados às alterações climáticas. De acordo com as pesquisas, o clima do país será mais quente nas próximas décadas, com aumento de temperatura média entre 1°C e 6°C em todas as regiões até 2100, comparando com os registros do final do século XX (PBMC, 2013). Apesar dos compromissos para redução de emissões, como parte da política nacional de mudanças climáticas, faltam medidas adaptativas para áreas urbanas em muitos aspectos, especialmente relacionadas ao uso e ocupação do solo (DUARTE et al, 2015).

Existem evidências de que o aumento da mortalidade e da morbidade relacionadas a eventos de calor extremo em populações urbanas são acentuados pelas ilhas de calor (GABRIEL e ENDLICHER, 2011). O processo de urbanização leva à substituição da vegetação natural por uma superfície impermeável que absorve radiação solar durante o dia e libera essa energia lentamente durante a noite, mantendo as áreas urbanas mais quentes do que a paisagem rural circundante e gerando ilhas de calor (OKE, 1982). Além disso, há uma redução da evapotranspiração proporcionada naturalmente pela vegetação, pois em ambientes urbanos águas pluviais são rapidamente drenadas, deixando pouca umidade e gerando um aquecimento sensível da atmosfera local (COUTTS et al., 2007).

Áreas verdes urbanas, por outro lado, podem criar um efeito de resfriamento ao baixar as temperaturas e aumentar os valores de umidade relativa do ar (SPRONKEN-SMITH e OKE, 1998). Estudos mostram que parques urbanos, que variam em tamanho de 29 a 500 hectares, comumente apresentam entre 1°C e 2°C a menos que a área urbana circundante à noite. O resfriamento do parque estabelece uma zona de maior influência além de suas fronteiras. Esta área de temperaturas mais baixas associada ao parque é referida como “ilha de parque fresco (IPF)” (SPRONKEN-SMITH e OKE, 1998).

Algumas regiões apresentaram resultados ainda mais significativos, como o caso de Tucson, Arizona, uma cidade quente e seca, em que Kirby e Sellers (1987) constataram que a drenagem do ar frio desempenhava um papel dominante na determinação do clima térmico de outono e inverno da região da cidade, mas notaram baixas temperaturas centradas no maior parque da cidade. No verão, Spronken-Smith (1994) observou que o ar do mesmo parque é até 6,8°C mais frio do que em seus arredores urbanos.

O objetivo deste trabalho é analisar a diferença de temperatura entre quatro espaços públicos com características distintas de massa vegetal, densidade e gabarito das edificações em Juiz de Fora, Minas Gerais. Como objetivo específico está a análise sobre a influência da vegetação nos impactos térmicos urbanos no recorte de estudo.

Como metodologia, foi realizada uma pesquisa em campo a fim de estabelecer um comparativo entre três localidades não adensadas de massa vegetal em relação à uma localidade base, com alto grau de adensamento vegetal. Para isso, foram realizadas medições de temperatura nessas quatro localidades durante o período de sete dias em três horários distintos por dia. Como resultado, obtém-se a conclusão de que espaços projetados considerando massas vegetais do paisagismo tendem a apresentar melhores desempenhos térmicos e de conforto.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado em Juiz de Fora, Minas Gerais. Para realizar um recorte da área analisada, foi escolhida primeiramente uma praça com alta densidade de massa vegetal. Para isso, foram analisadas as praças apresentadas por ALBERTO (2020) onde foi constatado que o Parque Halfeld, um elemento marcante da região central da cidade, possui evidentemente uma variedade de espécies e vegetações, sendo um importante elemento representativo de massa verde em zona urbana. A figura 1 mostra a densidade vegetal do parque Halfeld, comparado com o seu entorno.

Figura 1 – Parque Halfeld na área central da figura.



Fonte: Autores, 2022.

Em levantamento realizado em campo pelas próprias autoras, foi possível constatar que o Parque Halfeld possui mais de 275 espécies vegetais - dentre elas 100 consideradas de pequeno porte, 65 consideradas de médio porte e 60 consideradas de grande porte. Para esta subdivisão entre pequeno, médio e grande porte foi considerado o diâmetro da vegetação nativa da Mata Atlântica. Também foi considerada a espécie palmeira (*Arecaceae*) a parte, por não ser nativa da região e ter sido plantada para fins estéticos na praça. As mudas também entraram em uma categoria à parte, uma vez que por ainda estarem em fase de crescimento, não poderiam ser consideradas junto a outras espécies já consolidadas. Na tabela abaixo é possível observar o resultado encontrado pelas autoras relativo à densidade de massa vegetal presente no Parque Halfeld.

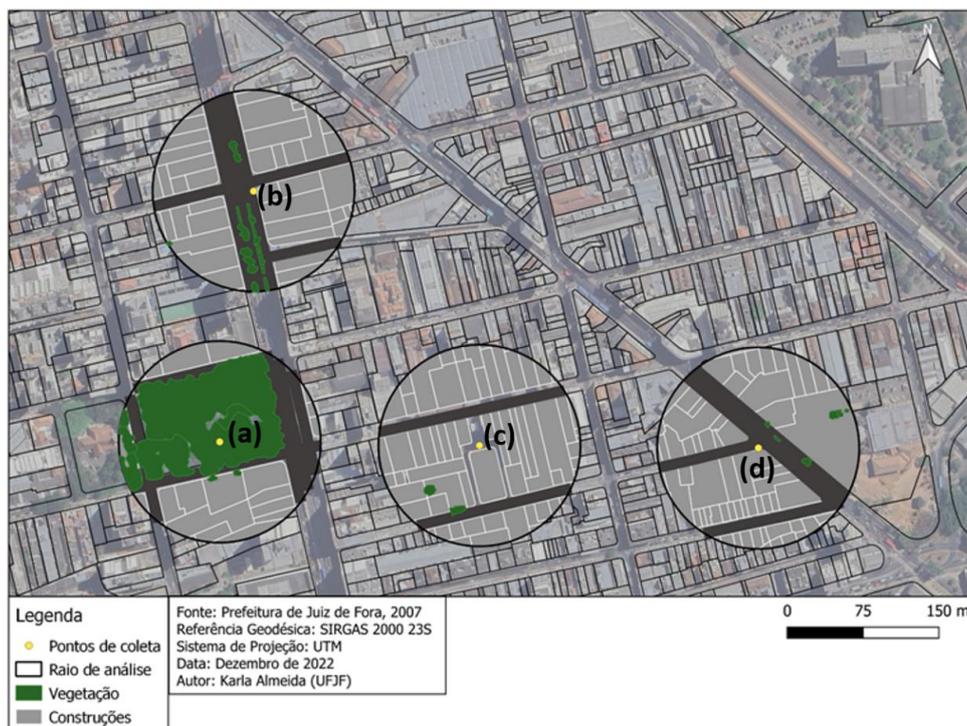
Quadro 1 – Categorização da vegetação encontrada no Parque Halfeld.

Categoria da vegetação	Quantidade encontrada
Vegetação de Pequeno porte (média de $\varnothing$ 0,63 m)	100 unidades
Vegetação de Médio porte (média de $\varnothing$ 1,00 m)	65 unidades
Vegetação de Grande porte (média de $\varnothing$ 3,74 m)	60 unidades
Palmeira (média de $\varnothing$ 0,75 m)	18 unidades
Muda (média de $\varnothing$ 0,30 m)	32 unidades

Fonte: Autores, 2022.

A partir da escolha do Parque Halfeld para ser a localidade representante de alta densidade de massa vegetal, foram escolhidas três vias públicas próximas ao Parque para análise e comparação. A escolha das vias próximas ao Parque se deu através da justificativa que dentro de uma mesma região, é possível estabelecer microclimas urbanos que podem variar de acordo com fatores do entorno como a ausência ou presença de vegetação e o gabarito das edificações do entorno. Sendo assim, optou-se por três vias de alto tráfego de pedestres e veículos: Avenida Barão do Rio Branco, Rua Halfeld (Calçadão) e Avenida Getúlio Vargas, conforme mostrado na figura 2.

Figura 2 – Localização dos pontos de análise no centro da cidade de Juiz de Fora: (a) Parque Halfeld; (b) Av. Barão do Rio Branco; (c) Rua Halfeld (calçadão) e (d) Av. Getúlio Vargas.



Fonte: Autores, 2022.

A Avenida Barão do Rio Branco é caracterizada por uma caixa de rua larga, com cerca de 6,4 km de comprimento e possui aproximadamente 27 metros de largura, sendo a maior avenida da cidade. Ela possui duas vias de mão única na direção sul e duas vias de mão única para a

direção norte. Além disso, em sua centralidade, possui também duas faixas duplas exclusivas para ônibus. O gabarito dessa via na proximidade do objeto primordial de estudo, varia entre 3-16 pavimentos.

A Rua Halfeld, importante elemento para o comércio da cidade, possui parte exclusiva para pedestres e parte não, onde está localizado o Calçadão da Rua Halfeld. A área analisada é a referente à parte da rua exclusiva para pedestres, o calçadão. O calçadão é constituído por uma extensão de aproximadamente 360 metros de comprimento e aproximadamente 10 metros de largura. Seu gabarito varia entre 3-18 pavimentos.

A Avenida Getúlio Vargas é conhecida principalmente pelos diversos pontos de ônibus situados em sua extensão, tendo um alto número de pedestres e veículos. A Avenida é constituída por uma extensão de 930 metros de comprimento e 19 metros de largura. Seu gabarito varia entre 2-16 pavimentos.

## 2.2 Revisão de literatura

Para o desenvolvimento inicial da revisão de literatura, foram realizadas buscas nas seguintes plataformas de pesquisa: *Science Direct*, *Scopus* e *Elsevier*. O levantamento não teve limite temporal estabelecido para as publicações, por considerar que, para esse assunto, existem estudos importantes no final do século XX. Os termos utilizados foram: “*Thermal comfort*”, “*Urban planning*”, “*Vegetation*” e “*Microclimate*”. Foram selecionados, então, artigos que tratassem da relação entre microclimas e vegetação urbanos.

A partir da base dos artigos iniciais, foram analisados também alguns dos trabalhos que constam nas suas referências bibliográficas, selecionados com base na recorrência dos autores em diversas pesquisas e na relevância do trabalho para a presente pesquisa.

Como resultado, os principais autores que embasaram a revisão de literatura, de forma recorrente, são: Briony (2015), Oke (1982) e Spronken-Smith (1998); além de diversos outros que estão referenciados ao longo do trabalho.

## 2.3 Levantamento de temperaturas

Para análise em campo, foram utilizados dois aparelhos higrômetro e termômetro Oregon Scientific, que funcionam como termômetro para medir a temperatura atmosférica e higrômetro para medir a umidade relativa do ar. No presente trabalho, foi analisada somente a variação de temperatura. A figura 3 mostra um dos aparelhos durante a análise em campo.

Figura 3 – Levantamento de temperaturas no Parque Halfeld utilizando o aparelho Oregon Scientific.



Fonte: Autores, 2022.

Para melhor precisão nos resultados, os levantamentos foram realizados durante sete dias consecutivos, entre os dias 09/07/2022 (sábado) e 15/07/2022 (sexta-feira), em três diferentes turnos do dia. Os horários estabelecidos foram 8:30 horas da manhã, 13:00 horas da tarde e 19:00 horas da noite. Dessa forma, a variabilidade térmica ocorrida ao longo do dia também foi observada, podendo estabelecer uma média térmica diária. É importante salientar que as medições foram realizadas em dupla, de maneira simultânea, a cada dois grupos de lugares: Parque Halfeld e Avenida Getúlio Vargas, e Avenida Barão do Rio Branco e o Calçadão da Rua Halfeld, respectivamente. Os pontos de coleta foram selecionados de forma que não havia incidência solar em nenhum dos quatro locais, para evitar interferência nos resultados. O intervalo entre o início das medições do primeiro grupo para o segundo foi de cerca de 15 minutos. Ficou estabelecida a permanência no local durante 10 minutos para que o higrômetro pudesse ser estabilizado, a fim de proporcionar uma medição mais precisa. Assim, os 10 minutos iniciais foram dedicados ao primeiro grupo (Parque Halfeld e Avenida Getúlio Vargas), com 5 minutos de intervalo para o deslocamento até o ponto estabelecido para medição dos 10 minutos referentes ao segundo grupo (Avenida Barão do Rio Branco e Calçadão da Rua Halfeld).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após as medições, foi constatado que o Parque Halfeld apresentou uma temperatura média diária de 20,3°C, enquanto a Avenida Rio Branco apresentou média de 22,8°C, a rua Halfeld de 21,8°C e a Getúlio Vargas de 23,2°C. O resultado das medições adquiridas em campo pode ser conferido na tabela abaixo:

Quadro 2 – Temperatura do ar nos horários de coleta (8:30, 13h e 19h). Legenda: Parque Halfeld (PH); Avenida Rio Branco (RB); Rua Halfeld (Half.); Av. Getúlio Vargas (Get).

Dia	Temp do Ar (8:30)				Temp do Ar (13h)				Temp do Ar (19h)			
	PH	RB	Half.	Get.	PH	RB	Half.	Get.	PH	RB	Half.	Get.
09/07	17,1	18,8	18	18,5	22,5	24,5	25,7	26,4	21,3	25	21,7	24,6
10/07	20,6	21,9	22,5	22	23,8	24,8	23,8	25,7	21,4	23,4	20,8	22,1
11/07	19,2	21,4	20,6	20,8	23,7	24	24,3	24,9	21,4	22,1	21,2	21,5
12/07	19	20,1	19,8	19,7	25,3	25,6	27,1	27,7	23,1	23	23,7	23,1
13/07	19,6	20,8	20,1	20,4	25,3	25,1	25,9	26,8	20,6	21	21,7	22,6
14/07	19,8	20,6	22	22,2	24,2	24,4	24,6	25,7	20,3	20,9	23,2	23,1
15/07	21,7	22,2	23,4	22,9	27,6	27,3	29,5	28,7	22,9	23,4	24,6	24

Fonte: Autores, 2022.

Quadro 3 – Temperatura média diária em cada área. Legenda: Parque Halfeld (PH); Avenida Rio Branco (RB); Rua Halfeld (Half.); Av. Getúlio Vargas (Get).

Dia	Média diária - temperatura do ar			
	PH	RB	Half.	Get.
09/07	20,3	28,8	21,8	23,2
10/07	21,9	23,4	22,4	23,3
11/07	21,4	22,5	22	22,4
12/07	22,5	22,9	23,5	23,5
13/07	21,9	22,3	22,6	23,3
14/07	21,4	22	23,3	25,8
15/07	24,1	24,3	25,8	25,2

Fonte: Autores, 2022.

Pode-se observar que o Parque Halfeld apresentou como temperatura média 1,5°C a menos que a Rua Halfeld; 2,5°C a menos que a Avenida Rio Branco e 2,9°C a menos que a Avenida Getúlio Vargas. As menores temperaturas do Parque Halfeld podem ser atribuídas à grande massa vegetal nativa da Mata Atlântica presente na praça.

A Rua Halfeld (Calçadão), por sua vez, possui ligação física direta com o Parque Halfeld pela proximidade e pela falta de barreiras físicas entre as duas localidades, apresentando a segunda menor temperatura por sofrer influência da ventilação e umidade atmosférica da praça. Por outro lado, as maiores temperaturas prevaleceram, em sua maioria, na Avenida Getúlio Vargas, que possui a maior distância e maior número de barreiras físicas em relação ao Parque Halfeld. O comparativo é mostrado nas figuras 4 e 5.

Figura 4 – Gráfico relativo às temperaturas dos quatro pontos de coleta de dados às 8:30.

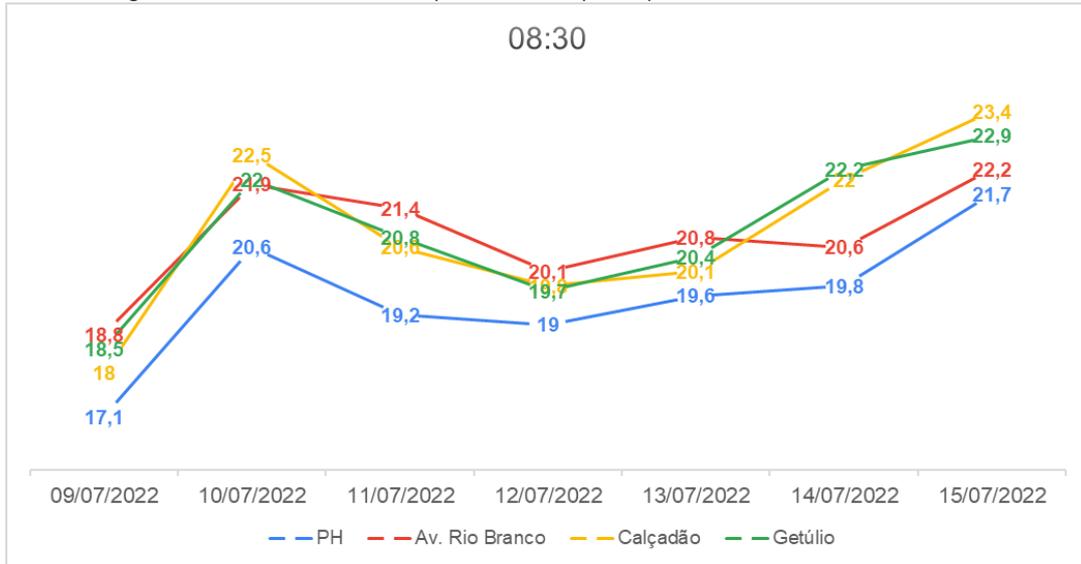


Figura 5 – Gráfico relativo às temperaturas dos quatro pontos de coleta de dados às 13 horas.

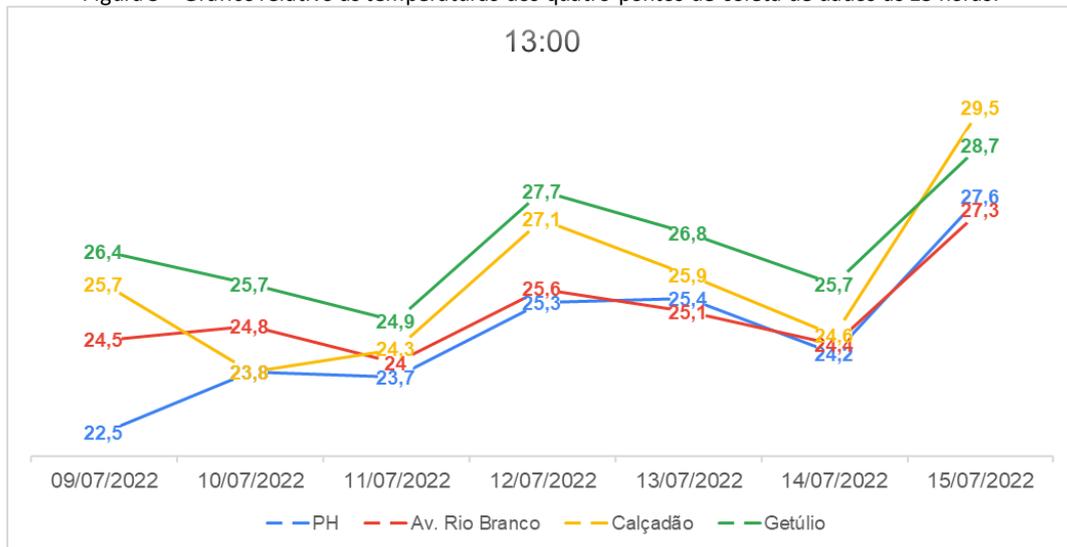
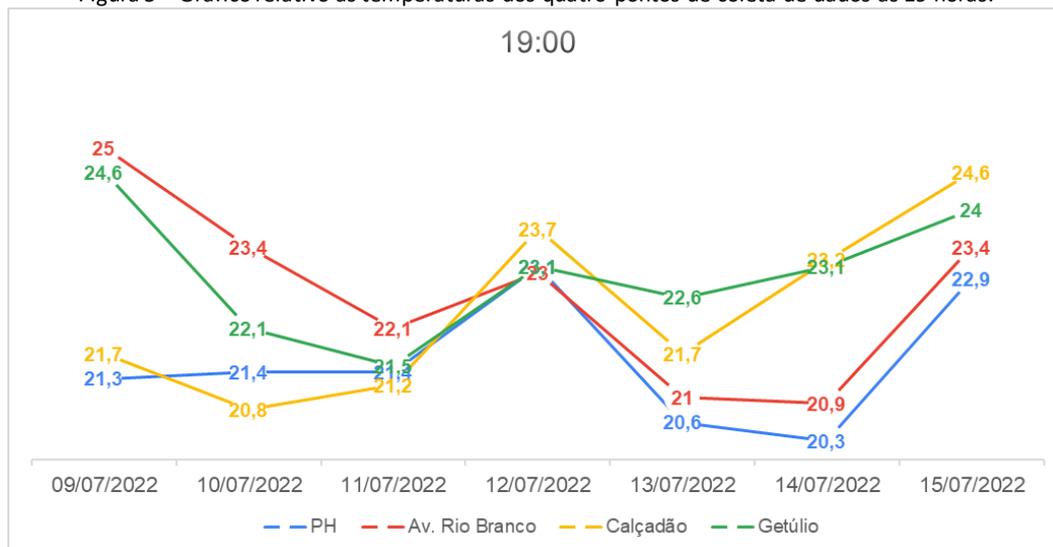


Figura 5 – Gráfico relativo às temperaturas dos quatro pontos de coleta de dados às 19 horas.



Fonte: Autores, 2022.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos com esse estudo, pode-se concluir que a formação de microclimas urbanos está associada diretamente ao ambiente construído que o cerca. Mesmo em uma única região, topografia e relevo similares, a conformação da cidade, sobretudo a vegetação, influencia diretamente nas sensações térmicas do indivíduo. Uma localidade com vegetação, terá o benefício de ter um microclima mais fresco, enquanto outras mais adensadas por edificações não obterá o mesmo desempenho. Quanto à incidência solar nas vias públicas, está atrelada, além da vegetação, ao gabarito das edificações em seu entorno. A sombra causada pelas construções também implica diretamente na sensação térmica a que o indivíduo irá ser submetido. Por isso, quanto maior a caixa da rua e a incidência solar sobre ela, maior a sensação de calor. Enquanto onde há um menor nível de incidência solar, maior a sensação de frescor.

Sendo assim, diversos são os fatores que agem sobre o microclima. Como apresentado no estudo realizado, o Parque Halfeld possui um considerável desvio médio de temperatura em relação às outras três localidades apresentadas. Dessa forma, pode-se dizer que tal diferenciação está associada, sobretudo, à notável presença da vegetação no ambiente. Ao planejar um espaço da cidade, deve ser considerada a importância do paisagismo não só no que diz respeito à composição estética da paisagem, mas também ao conforto térmico e climático do microclima ali criado.

#### 5 Referências

ALBERTO, K. C.; et al. **Praças de Juiz de Fora: catálogo de espaços públicos**, 2020. Juiz de Fora, MG: Editora UFJF / PROAC Publicações, 2021.

BEZERRA, Marcus V.C.; SILVA, Bernardo B. da; BEZERRA, Bergson G. **Avaliação dos efeitos atmosféricos no albedo e NDVI obtidos com imagens de satélite**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 15, n. 7, p. 709-717, 2011.

BRIONY, A. N.; et al. **Planning for cooler cities: A framework to prioritize green infrastructure to mitigate high temperatures in urban landscapes**. Landscape and Urban Planning, n. 134, p. 127-138. Austrália, 2015.

COHEN, P.; POTCHTER, O.; MATZARAKIS, A. **Daily and seasonal climatic conditions of green urban open spaces in the Mediterranean climate and their impact on human comfort.** Building and Environment, n. 51, p. 285-295. Munich, 2012.

COUTTS, A. M.; BERINGER, J.; TAPPER, N. J. **Impact of increasing urban density on local climate: Spatial and temporal variations in the surface energy balance in Melbourne, Australia.** Journal of Applied Meteorology and Climatology, 2007.

Department of Human Services. **January 2009 heatwave in Victoria: An assessment of health impacts.** (State of Victoria Report, pp. 24). Victorian Government Department of Human Services, Melbourne, 2009.

DHAINAUT, J. F.; CLAESSENS, Y. E.; GINSBURG, C.; RIOU, B. **Unprecedented heat-related deaths during the 2003 heat wave in Paris: Consequences on emergency departments.** Paris, 2003.

DUARTE et al. **The impact of vegetation on urban microclimate to counterbalance built density in a subtropical changing climate.** Urban Climate, Universidade de São Paulo: São Paulo, 2015.

GABRIEL, K. M. A.; ENDLICHER, W. R. **Urban and rural mortality rates during heat waves in Berlin and Brandenburg, Germany.** Environmental Pollution, 2011.

KIRBY, S. F.; SELLERS, W. D. **Cold air drainage and urban heating in Tucson, Arizona.** Journal of the Arizona: Nevada Academy of Science, 1987.

LIU, S.; ZHAO, J.; XU, M.; AHMADIAN, E. **Effects of landscape patterns on the summer microclimate and human comfort in urban squares in China.** Sustainable Cities and Society. China, 2021.

NAKATA-OSAKI, C. M.; SOUZA, L. C. L. de; RODRIGUES, D. S. **Impacto da geometria do cânion urbano na intensidade de ilha de calor noturna: análise através de um modelo simplificado adaptado a um SIG.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 16, n. 3, p. 73-87, jul./set. 2016. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ac/a/Q8gGjr3HbNjqZvhCybNxNLd/>>. Acesso em: 4 nov. 2022.

OKE, T. **The energetic basis of the urban heat island.** Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 1982.

PERIN, Aryston Luiz. **Desenvolvimento de um equipamento para medição de emissividade.** Orientador: Prof. Dr. Arno Krenzinger. 2009. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Mecânica, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/15838/000691572.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 04 nov. 2022.

PBMC (Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas). **Contribuição do Grupo de Trabalho 1 ao Primeiro Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas.** Sumário Executivo GT1, Rio de Janeiro, 2013.

RAHMAN, M. A.; et al. **Vertical air temperature gradients under the shade of two contrasting urban tree species during different types of summer days.** Science of the Total Environment, n. 633, p. 100-111. Alemanha, 2018.

REVICH, B. **Heat-wave, air quality and mortality in European Russia in summer 2010: Preliminary assessment.** Yekologiya Cheloveka/Human Ecology, 7, 3-9. 2011.

SPRONKEN-SMITH, R. A. **Energetics and cooling in urban parks.** Tese de Ph.D. The University of British Columbia: Vancouver, 1994.

SPRONKEN-SMITH, R. A.; OKE, T. **The thermal regime of urban parks in two cities with different summer climates.** International Journal of Remote Sensing. 1998.

VIANNA, Y. C. G.; PIMENTEL, F. de O.; FERREIRA, C. de C. M. **Modelagem e Identificação de campos térmicos em Urbá – MG.** Revista Brasileira de Climatologia, [S. l.], v. 26, 2021. DOI: 10.5380/abclima.v26i0.60772. Disponível em: <<https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/14197>>. Acesso em: 24 out. 2022.

WHITMAN, S.; GOOD, G.; DONOGHUE, E. R.; BENBOW, N.; SHOU, W.; MOU, S. **Mortality in Chicago attributed to the July 1995 heat wave.** American Journal of Public Health, 87(9), 1515-1518. Chicago, 1997.