

**Estudo e avaliação da influência dos jardins verticais no microclima urbano**

*Study and evaluation of the impact of vertical gardens on urban microclimates*

*Estudio y evaluación del impacto de los jardines verticales en los microclimas urbanos*

**Victor Rodrigues Tavares**

Graduando, USP, Brasil  
victor.rtavares@usp.br

**Mariana Miranda Batista**

Técnico em edificações, CEETPS, Brasil  
marimirandabatista@gmail.com

**Nickolas Fernandes**

Técnico em edificações, CEETPS, Brasil  
nickfer2005@gmail.com

**Leticia Porciuncula Yamada**

Técnico em edificações, CEETPS, Brasil  
lelekapy@gmail.com

**Maria Eduarda Stocco**

Graduanda, Mackenzie, Brasil  
stoccos21@hotmail.com

**Claudionor Alves da Santa Rosa**

Professor Mestre, Faculdade de Tecnologia Victor Civita - FATEC, Brasil.  
csrrosa@terra.com.br

**RESUMO**

À medida que o crescimento urbano e demográfico leva à substituição de áreas verdes por concreto e asfalto, formam-se ilhas de calor, provocando aumento da temperatura nas áreas urbanas e perturbando o microclima urbano. Além disso, o aquecimento global está a contribuir para o aumento das temperaturas médias em todo o mundo, impactando ainda mais as áreas urbanas. Este estudo tem como objetivo investigar o impacto dos jardins verticais no microclima urbano, comparando dois edifícios urbanos, um com jardim vertical e outro sem. A metodologia quantitativa investigativa causal comparativa foi utilizada para medir a temperatura e a umidade relativa no ambiente circundante dos dois edifícios em São Paulo, Brasil. Os dados mostram que a edificação com sistema de jardim vertical atenua a temperatura do microclima e aumenta a umidade relativa do ar. Isto demonstra que os jardins verticais não só atenuam a temperatura, mas também regulam e adaptam o ambiente urbano, oferecendo uma alternativa para melhorar a qualidade de vida das populações urbanas e minimizar as alterações microclimáticas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aquecimento global. Microclima urbano. Ilhas de calor.

**SUMMARY**

As urban and demographic growth lead to the replacement of green areas with concrete and asphalt, heat islands are formed, causing an increase in temperature in urban areas and disrupting the urban microclimate. Additionally, global warming is contributing to rising average temperatures worldwide, further impacting urban areas. This study aims to investigate the impact of vertical gardens on the urban microclimate by comparing two urban buildings, one with a vertical garden and one without. The quantitative investigative causal comparative methodology was used to measure temperature and relative humidity in the surrounding environment of the two buildings in São Paulo, Brazil. The data shows that the building with the vertical garden system mitigates temperature in the microclimate and increases relative air humidity. This demonstrates that vertical gardens not only mitigate temperature but also regulate and adapt the urban environment, offering an alternative to improve the quality of life for urban populations and minimize microclimatic changes.

**KEYWORDS:** *Global warming. Urban microclimate. Heat islands.*

**RESUMEN**

A medida que el crecimiento urbano y demográfico lleva a la sustitución de las zonas verdes por hormigón y asfalto, se forman islas de calor, que provocan un aumento de la temperatura en las zonas urbanas y alteran el microclima urbano. Además, el calentamiento global está contribuyendo a un aumento de las temperaturas medias en todo el mundo, lo que afecta aún más a las zonas urbanas. Este estudio tiene como objetivo investigar el impacto de los jardines verticales en el microclima urbano, comparando dos edificios urbanos, uno con jardín vertical y el otro sin él. Se utilizó la metodología de investigación cuantitativa causal comparativa para medir la temperatura y la humedad relativa en el entorno de los dos edificios en São Paulo, Brasil. Los datos muestran que los edificios con sistema de jardín vertical atenúan la temperatura del microclima y aumentan la humedad relativa del aire. Esto demuestra que los jardines verticales no sólo mitigan la temperatura, sino que también regulan y adaptan el entorno urbano, ofreciendo una alternativa para mejorar la calidad de vida de las poblaciones urbanas y minimizar los cambios microclimáticos.

**PALABRAS CLAVE:** *Calentamiento global. Microclima urbano. Islas de calor.*

## **1 INTRODUÇÃO**

Com o processo de urbanização mundial, surgiram diversas consequências adversas incluindo as ilhas de calor, um fenômeno local e urbano causado pela alta concentração de asfalto, concreto, poluentes atmosféricos e emissões de gases de alta temperatura por veículos automotores. Com a industrialização, a emissão de gases de efeito estufa também contribui para o aumento da temperatura em todo o planeta, o que pode ampliar ainda mais a temperatura em grandes cidades, impactando diretamente na saúde e conforto térmico da população (ORGASHAWARA, 2012), assim como no regime pluviométrico, intensificação de secas locais, escassez de água potável, tempestades e inundações.

Os jardins verticais podem ser uma opção para melhorar o clima urbano, pois são revestimentos vegetais que podem ser utilizados em muros, paredes internas e externas, e fachadas de edifícios, oferecendo diversas vantagens em relação ao clima envoltório (VASCONCELOS, 2016), podendo ajudar a conter o avanço do aquecimento nas grandes cidades e as mudanças drásticas no clima.

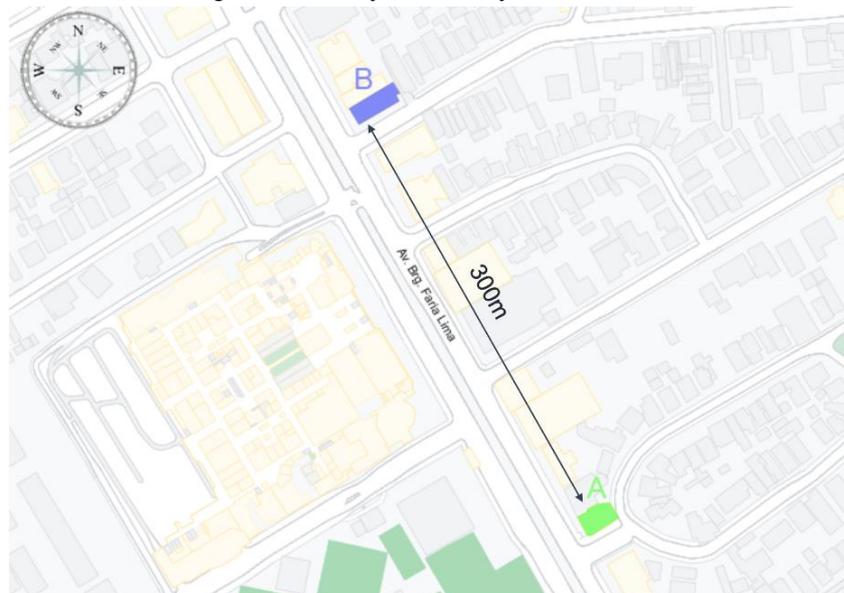
## **2 METODOLOGIA**

A metodologia utilizada para o desenvolvimento da pesquisa foi a quantitativa investigativa causal comparativa, no qual coletados os dados, estes são analisados pelo processo estatístico. Os dados a serem coletados, visando a obtenção dos índices microclimáticos médios, são: a temperatura (°C) e umidade relativa do ar (UR) (%).

### **2.1 Características da área de estudo**

Para a determinação da área, e conseqüentemente os edifícios a serem comparados, foi necessário tomar cuidados prévios com relação à localização e proximidade, tal qual a semelhança estrutural e a congruência da disposição das faces dos edifícios. O ambiente selecionado para a realização da pesquisa foi na Avenida Brigadeiro Faria Lima, via que interliga as regiões Sul e Oeste da cidade de São Paulo e é majoritariamente, composta por grandes edifícios e com escassez de vegetação. Por ser uma avenida que interliga regiões vitais da cidade paulistana, apresenta grande tráfego de veículos, o que piora as condições térmicas nessa região (Figura 1).

Figura 1 - Orientação e localização dos edifícios.



Fonte: Google (2022). S/ escala.

Portanto, a partir dos critérios, foi determinado dois edifícios, ambos na Avenida Faria Lima, sendo um SJV no número 2127, esquina com a Rua Grécia – Jardim Europa, e a outro CJV na altura do número 2451, esquina com a Praça Buritama, 2 – Jardim Europa. Os edifícios estão distantes entre si 300 metros (Figura 2) e orientados na mesma angulação, com suas respectivas faces frontais voltadas para a Av. Faria Lima formando azimute de 250°, a sudoeste (SO) e suas faces laterais formando azimute de 150° a sudeste (SE).

Figura 2 - Orientação dos edifícios A CJV e B SJV



Fonte: Google (2022). Sem escala.

Na Figura 3 tem-se as faces SO E SE dos edifícios CJV E SJV respectivamente.

Figura 3 – Fachadas frontais (SO) e fachadas laterais (SE) dos edifícios CJV (a) e SJV (b)



Fonte: Autores (2022)

### 2.2 Determinação dos pontos de medição

Como ambos os edifícios se encontram em uma esquina, foi determinado que as medições seriam realizadas nas faces SO e SE. A importância de medir em duas faces se dá por conta da alteração da radiação solar conforme ângulo de incidência. A coleta de dados foi realizada em pontos colineares geodemarkados, com equidistância entre si de cinco metros. A localização geográfica desses pontos foi registrada por meio do equipamento GPS Garmin eTrex Vista HCx (Quadro 1 e 2). Foi adotado cinco pontos na face frontal (limitando com a passarela ao centro da rua) e quatro pontos na face lateral (limitando com a edificação mais próxima). Ou seja, buscou-se contemplar na medição toda a área de influência da edificação.

Quadro 1 - Coordenadas Geográficas do edifício A CJV.

Ponto	Coordenadas	Distância (m)	Precisão (m)	Coordenadas	Distância (m)	Precisão (m)
	Lateral			Frontal		
0	S 23° 34' 42" WO 46° 41' 09.5"	0	12	S 23° 34' 41.2" WO 46° 41' 10.5"	0	6
1	S 23° 34' 41.2" WO 46° 41' 09.4"	5	10	S 23° 34' 41.2" WO 46° 41' 10.5"	5	6
2	S 23° 34' 41.1" WO 46° 41' 09.3"	10	4	S 23° 34' 41.1" WO 46° 41' 10.5"	10	5
3	S 23° 34' 41.2" WO 46° 41' 09.3"	15	3	S 23° 34' 41.3" WO 46° 41' 10.5"	15	4
4	S 23° 34' 41.3" WO 46° 41' 09.2"	20	4	S 23° 34' 41.6" WO 46° 41' 10.7"	20	3

Fonte: Autores (2022)

Quadro 2 - Coordenadas Geográficas do edifício B SJV.

Ponto	Coordenadas	Distância (m)	Precisão (m)	Coordenadas	Distância (m)	Precisão (m)
	Lateral			Frontal		
0	S 23° 34' 33.2" WO 46° 41' 14.2"	0	6	S 23° 34' 32" WO 46° 41' 15.6"	0	12
1	S 23° 34' 32.6" WO 46° 41' 14.5"	5	6	S 23° 34' 32.2" WO 46° 41' 15.6"	5	8
2	S 23° 34' 32.2" WO 46° 41' 14.7"	10	5	S 23° 34' 32.2" WO 46° 41' 15.7"	10	4
3	S 23° 34' 32.1" WO 46° 41' 14.7"	15	4	S 23° 34' 32.4" WO 46° 41' 15.8"	15	4
4	-	-	-	S 23° 34' 32.6" WO 46° 41' 15.9"	20	5

Fonte: Autores (2022)

### 2.3 Processo de medição

Para obter os dados de temperatura (°C) e umidade relativa do ar (UR), foi utilizado o termo-*higrômetro Temperature & Humidity Datalogger AKSO AK172*, com precisão em relação à temperatura de  $\pm 1^\circ\text{C}$  e UR de 3%.

Para uma melhor compreensão comportamental do jardim vertical, tornou-se necessária uma escolha minuciosa de quando realizar o estudo de campo, visando assim maior abrangência do comportamento do microclima, tanto no edifício CJV, tanto no edifício SJV. Com isso, foi determinado que o estudo seria realizado em três dias de situações distintas: tempo ameno para verificar o comportamento em temperaturas médias e tempo frio e tempo quente, para verificar a capacidade da vegetação de manter um conforto térmico no entorno da edificação.

Nisso, aguardaram-se os dias favoráveis em que o tempo coincidissem com a descrição almejada. Sendo assim, as medições foram realizadas nos seguintes dias:

1ª medição: tempo ameno – 22/05/22

2ª medição: tempo frio – 30/07/22

3ª medição: tempo quente – 02/09/22

Foi determinado que as medições seriam realizadas em três horários do dia, e posteriormente comparadas: manhã (às 11:00 horas), tarde (às 13:30 horas) e vespertino (às 16:00 horas). Os gráficos foram confeccionados a partir da média das medições por horário, assim como as respectivas análises e comparações.

### 3 ANÁLISE E RESULTADOS

Nesta medição houve comportamentos semelhantes, tanto para a temperatura média, quanto para a UR entre as fachadas SO e a SE de ambos os envoltórios dos edifícios, não sendo necessária análise em separado.

**3.1 Primeira Medição: tempo ameno – 22/05/22 (médias)****a) Horário da manhã**

Temperatura: neste horário, o envoltório do edifício CJV apresentou temperatura média de 2,3°C abaixo da temperatura média do envoltório do edifício SJV.

Umidade relativa do ar: o envoltório do edifício CJV apresentou UR média de 8 pontos percentuais acima da UR média do envoltório do edifício SJV.

**b) Horário da tarde**

Temperatura: neste horário o envoltório do edifício CJV apresentou temperatura média de 2,1°C abaixo da temperatura média do envoltório do edifício SJV;

Umidade relativa do ar: o envoltório do edifício CJV apresentou UR média de 5 pontos percentuais acima da UR média do envoltório do edifício SJV.

**c) Horário vespertino**

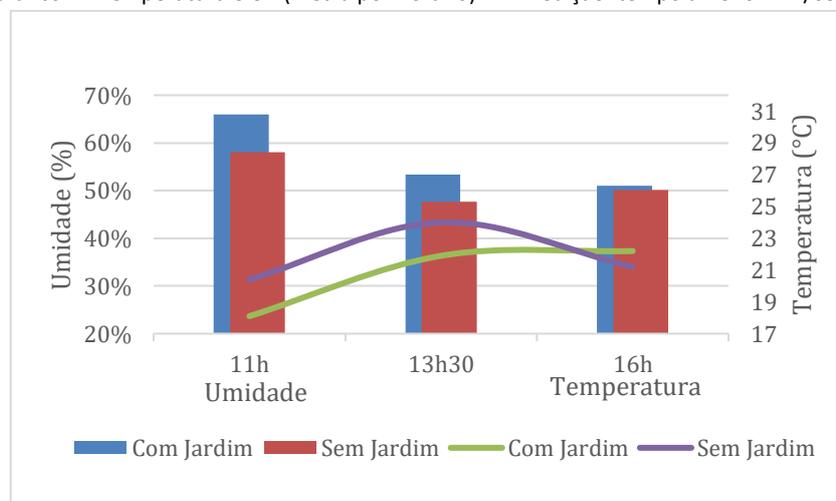
Temperatura: no horário vespertino, a temperatura média do envoltório do edifício CJV apresentou 1 °C acima da temperatura média em relação ao envoltório do edifício SJV.

Umidade relativa do ar: o envoltório do edifício CJV apresentou UR média de 1 ponto percentual acima da UR média do envoltório do edifício SJV.

Observa-se que a temperatura média no envoltório do edifício CJV se mantém crescente ao longo do dia; porém, com taxa de crescimento menor após o horário da tarde. Quanto ao comportamento da curva da temperatura média do envoltório do edifício SJV, cresce até o horário da tarde, decrescendo após esse horário (Gráfico 1).

Na comparação do envoltório do edifício CJV em relação ao envoltório do edifício SJV, as temperaturas médias estiveram menores no horário da manhã e da tarde, com tendência a se tornar maior no horário vespertino ou mesmo se equipararem, levando em conta os limites de precisão do aparelho de medição.

Gráfico 1 - Temperatura e UR (média por horário) - 1ª medição: tempo ameno – 22/05/22



Fonte: Autores (2022)

No Gráfico 1, ainda se observa a curva de temperatura média no envoltório do edifício CJV, que cresce ao longo do dia, com tendência de estabilidade a partir do horário da tarde, o que

diminui um possível choque térmico entre o início e fim do dia, chegando ao final do dia com temperatura ligeiramente maior em relação ao edifício SJV. No edifício SJV, a curva de temperatura média cresce até o horário da tarde, invertendo esse processo a partir desse horário.

### **3.2 Segunda Medição: tempo frio – 30/07/22 (médias)**

Na segunda medição houve comportamentos distintos da curva de temperatura e da UR média entre as fachadas SO e a SE de ambos os edifícios, sendo necessário análise em separado.

#### **3.2.1 Face SO**

##### **a) Horário da manhã**

Temperatura: durante o horário da manhã, a temperatura média no envoltório do edifício CJV apresentou 1°C abaixo da temperatura média em relação ao envoltório do edifício SJV;

Umidade relativa do ar: a UR média no envoltório do edifício CJV apresentou 2 pontos percentuais acima da UR média do edifício SJV.

##### **b) Horário da tarde**

Temperatura: neste horário, a diferença da temperatura caiu para 0,4°C. Levando em conta a precisão do equipamento de medição, se mantiveram equiparados entre os horários manhã e tarde.

Umidade: no horário da tarde, a diferença da UR média entre ambos envoltórios se manteve;

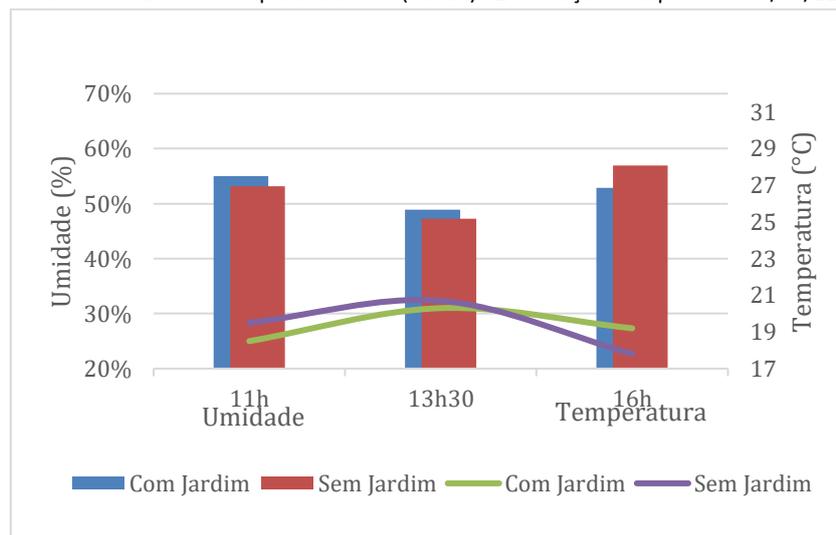
##### **c) Horário vespertino**

Temperatura: neste horário, a temperatura média no envoltório do edifício CJV ficou 1,4°C acima da temperatura média do edifício SJV;

Umidade relativa do ar: no caso da UR média, o envoltório do edifício CJV apresentou 4 pontos percentuais abaixo em relação à UR média do edifício SJV.

Com os dados se observa que a face SO do edifício CJV apresentou temperatura média menor durante o horário da manhã, crescendo até o horário da tarde e decrescendo levemente a partir deste horário até o vespertino. O edifício SJV inicia-se com temperatura maior, cresce paulatinamente até o horário da tarde e decresce de forma mais acentuada até o horário vespertino, ocorrendo, neste horário, inversão termo-higrométrica comparando o envoltório entre ambos os edifícios, apesar dos valores nos horários da manhã e da tarde estarem dentro dos limites de precisão do aparelho de medição (Gráfico 3).

Gráfico 3 - Face SO: temperatura e UR (média) - 2ª medição: tempo frio – 30/07/22



Fonte: Autores (2022)

### 3.2.2 Face SE

#### a) Horário da manhã

Temperatura: durante o horário da manhã, a temperatura média do envoltório do edifício CJV apresentou diferença de 0,1°C abaixo da temperatura média do envoltório do edifício SJV;

Umidade relativa do ar: a UR média do envoltório do edifício CJV apresentou 2 pontos percentuais acima da UR média do envoltório do edifício SJV.

#### b) Horário da tarde

Temperatura: neste horário a temperatura média do envoltório do edifício CJV apresentou diferença de 0,8°C acima da temperatura média do envoltório do edifício SJV.

Umidade relativa do ar: a UR média do envoltório do edifício CJV apresentou 3 pontos percentuais abaixo da UR média do envoltório do edifício SJV.

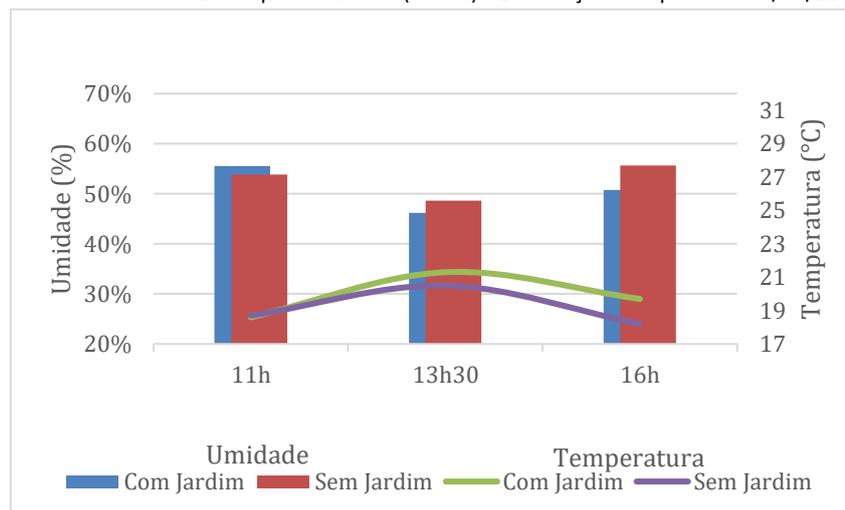
#### c) Horário vespertino

Temperatura: neste horário a temperatura média do envoltório do edifício CJV apresentou diferença de 1,5°C acima da temperatura média do envoltório do edifício SJV.

Umidade relativa do ar: a UR média do envoltório do edifício CJV apresentou 5 pontos percentuais abaixo do envoltório do edifício SJV.

Ou seja, em tempo frio se observa que a face SE nos edifícios, a curva de temperatura média cresce do horário da manhã para o horário da tarde e decresce desde horário para o vespertino, com queda menos acentuada no envoltório do edifício CJV. Quanto a UR média, novamente nota-se o comportamento inversamente proporcional em relação à temperatura de ambos os edifícios (Gráfico 4).

Gráfico 4 - Fase SE: temperatura e UR (média) - 2ª medição: tempo frio – 30/07/22



Fonte: Autores (2022)

Portanto, tanto na fase SO como na SE, em tempo frio, no final do dia (horário vespertino), o envoltório do edifício CJV mantém temperatura média levemente maior em relação ao envoltório do edifício SJV, mesmo com decréscimo da temperatura a partir do horário da tarde.

### 3.3 Terceira Medição: tempo quente – 02/09/22 (médias)

#### a) Horário da manhã

Temperatura: no horário da manhã o envoltório do edifício CJV apresentou temperatura média 24,9°C, uma variação de 1,5°C abaixo da temperatura média do envoltório do edifício SJV, que apresentou 26,4°C.

Umidade relativa do ar: a UR média do envoltório do edifício CJV apresentou diferença de 6,9 pontos percentuais acima do envoltório do edifício SJV, pois o edifício CJV apresentou UR média de 42,1%, enquanto o envoltório do edifício SJV apresentou 35,2%.

#### b) Horário da tarde

Temperatura: no horário da tarde os resultados têm maior amplitude. No envoltório do edifício SJV a temperatura média ficou em 31,2°C e no envoltório do edifício CJV a temperatura média ficou em 25,6°C, apresentando uma amenização de 5,6°C em média no ambiente entorno do edifício CJV.

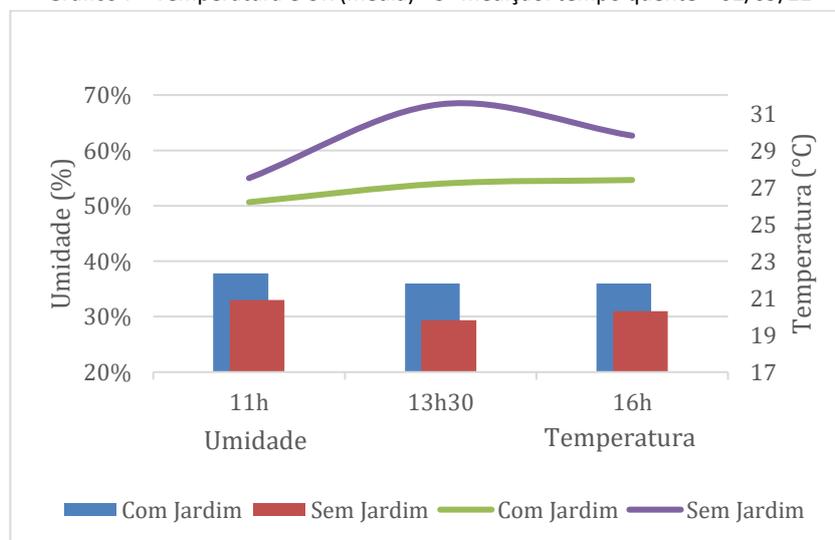
Umidade relativa do ar: no envoltório do edifício CJV, a UR média ficou em 42,4% e no envoltório do edifício SJV 30,1%, constatando uma diferença entre ambos de 12,3 pontos percentuais.

#### c) Horário vespertino

Temperatura: no horário vespertino, o envoltório do edifício SJV permaneceu com temperatura média mais elevada (30,5°C), e no caso do envoltório do edifício CJV a temperatura média foi menor (25,3°C).

Umidade relativa do ar: a UR média nesta medição foi de 42% no envoltório do edifício CJV e 29,1% no envoltório do edifício SJV. Esses dados apresentam maior diferença de UR média relatada nos estudos, de 12,9 pontos percentuais, com o tempo quente (Gráficos 7).

Gráfico 7 - Temperatura e UR (média) - 3ª medição: tempo quente – 02/09/22



Fonte: Autores (2022)

#### 4 PROJETO DE INTERVENÇÃO

A partir dos dados obtidos neste trabalho foi realizada simulação de intervenção para regular o microclima em áreas urbanas.

O presente estudo apresenta a fachada da edificação CJV influenciando, no mínimo, 20 metros em seu entorno (Figura 4).

Há de se destacar que a média da largura das ruas da capital paulista é de 20,5 metros, conforme apresentado pela Revista Superinteressante (2016), levando a concluir que a utilização de fachadas CJV representaria grande influência sobre a maioria das ruas paulistanas (Figura 4).

Figura 4 - Zona de Influência Microclimática da Edificação



Fonte: Autores (2022)

A partir dos dados apresentados neste trabalho e a baixa arborização da capital paulista, como proposta de intervenção, é adaptar os edifícios com fachadas verdes em bairros que possuam baixo índice de área verde. Como estudo, foi escolhido o bairro da Mooca na região Leste de São Paulo, uma vez que esta região, conforme Arcoverde (2015), está entre os cinco bairros com menor área de arborização.

Dessa forma, foi definida a Rua da Mooca, entre os cruzamentos com a Rua Visconde de Laguna e com a Rua João Antônio de Oliveira, para as fachadas verdes serem aplicadas (Figura 5). Na Figura 5, cor verde representa os edifícios revestidos com jardim vertical, e em azul o raio de influência de cada um destes edifícios. O alinhamento urbano analisado neste caso é de 385 metros, sendo planejado com a aplicação de seis fachadas com jardins verticais nos edifícios, com média de uma fachada alterada a cada 70 metros.

Figura 5 - Aplicação dos Jardins Verticais na Rua da Mooca



Fonte: Autores (2022)

Essa medida criaria uma zona de influência entre as edificações, contribuindo para que a área urbana sofresse alterações na microclimática. Conforme a Figura 5, algumas áreas de influência que não fossem totalmente agregadas ou somadas entre si poderiam ser completadas, ou interligadas com o plantio de árvores, representadas pelos círculos menores.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em dias de tempo ameno, a temperatura média no envoltório do edifício SJV cresce do horário da manhã até o horário da tarde, decrescendo deste horário até o horário vespertino, de forma acentuada, o que dá a sensação térmica maior de diferença de temperatura ao longo do dia. Enquanto que, o envoltório do edifício CJV apresentou uma curva térmica crescente ao longo de todo o dia, não deixando cair a temperatura do ambiente, com tendência de estabilidade após o horário da tarde, o que pode proporcionar maior conforto térmico à população.

Em dias frios, no envoltório do edifício CJV, a curva de temperatura média cresce do horário da manhã para o horário da tarde e decresce desde horário para o horário vespertino, com queda menos acentuada em relação ao envoltório do edifício SJV, o que pode aliviar a sensação de mudança brusca de temperatura ao longo do dia, o que pode trazer maior conforto térmico.

Em dias quentes é que se tem a maior diferença, na média, entre as temperaturas as UR's.

No horário da manhã o envoltório do edifício CJV começa com temperatura média menor e UR média maior em relação ao envoltório do edifício SJV e permanece assim até o horário vespertino, mesmo com a curva de temperatura média crescente do envoltório do edifício SJV do horário da manhã até o horário da tarde e, decresce rapidamente após esse horário, chegando a uma diferença de temperatura média de 5,6°C e UR de 12,3 pontos percentuais no ambiente, colocando o jardim vertical como condicionar de ar natural, podendo combater, em dias quentes, o calor excessivo no meio urbano.

Trazendo para a cidade o aspecto moldável do comportamento da natureza, os jardins verticais, se aplicados de maneira eficiente nas regiões de maior deficiência de arborização nas cidades, ocasionarão benefícios físicos (regulação da temperatura e UR) e fisiológicos (melhoras significativas na qualidade de vida populacional, principalmente das funções orgânicas).

Os dados obtidos confirmam o efeito no microclima no entorno da fachada predial revestida com o sistema de jardim vertical. Também há de se destacar a flexibilidade de comportamento do edifício CJV, que demonstrou como sendo, não somente um meio para amenizar a temperatura envoltória das edificações, mas sim, como um sistema adaptável, que regula e adequa a temperatura ao longo do dia, mesmo em tempo frio ou ameno.

## REFERÊNCIAS

ARCOVERDE, Léo. Saiba qual é o índice de áreas verdes de cada bairro de São Paulo. **Revista Fique Sabendo** [online]. Publicada em: 26/10/2015. Atualizado em 10/03/2023. Disponível em <https://fiquemsabendo.com.br/meio-ambiente/saiba-qual-e-o-indice-de-areas-verdes-de-cada-bairro-de-sao-paulo>. Acesso em 13 out. 2023.

OGASHAWARA, I. Análise rítmica e a climatologia geográfica brasileira. **Revista Geoaraguaia**, Barra do Garças-MT. v2, n.2, p 57 - 72. agosto/dezembro. 2012. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/geo/article/view/4814>. Acesso em: 16 nov. 2022.

Superinteressante. É a largura que diferencia viela, rua e avenida. **Revista Superinteressante**. São Paulo, [on line]. Publicado em 31 out 1997, 22h00. Atualizado em 31 out 2016, 18h52. Disponível em

<https://super.abril.com.br/comportamento/e-a-largura-que-diferencia-viela-rua-e-avenida>. Acesso em 01 out. 2023.

VASCONCELOS, B. M. **A influência do jardim vertical no microclima: análise preliminar dos indicadores climáticos temperatura e UR do ar**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso em Engenharia Ambiental e Sanitária). Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2016. 78 p.