



1268

O IMPACTO DAS ÁREAS VERDES NA REDUÇÃO DA TEMPERATURA DO AR

Vinícius Piccolomini

Pontifícia Universidade Católica de Campinas

vinicius.piccolomini@outlook.com

Cláudia Cotrim Pezzuto

Pontifícia Universidade Católica de Campinas

claudiapezzuto@puc-campinas.edu.br

Marcius Fabius Henriques de Carvalho

Pontifícia Universidade Católica de Campinas

marcius@puc-campinas.edu.br



O IMPACTO DAS ÁREAS VERDES NA REDUÇÃO DA TEMPERATURA DO AR

Vinícius Piccolomini, Marcius Fabius Henriques de Carvalho, Cláudia Cotrim Pezzuto

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a influência térmica de áreas verdes com diferentes configurações de entorno imediato. O estudo foi realizado na cidade de Campinas-SP, no interior de um campus universitário na proximidade de um bosque. A coleta de dados climáticos foi feita em dias estáveis durante o período 3 dias consecutivos, através de medidas fixas e móveis. Os pontos foram analisados em raios de 50 em 50 metros a partir do centro do bosque de estudo, sendo o primeiro raio de 60 metros para tangenciar os arredores do bosque. Foram avaliados 8 pontos fixos, além de dois transectos, um no sentido norte-sul e outro leste-oeste. Os pontos no interior do bosque (5, 21,7°C, a 8 transecto, 22,6°C LO) apresentaram diferença térmica de 1,5°C a menos do que os pontos em áreas pavimentadas (1, 23,2°C, e 2 transecto, 23,1°C, LO). Os resultados reforçam o potencial das áreas verdes na estabilidade e redução climática.

1 INTRODUÇÃO

Diversos estudos avaliam os fatores que podem influenciar as alterações climáticas no meio urbano, dentre estes destacam-se a vegetação, água e superfícies permeáveis, áreas verdes e corpo d'água (Masiero and Souza, 2013; Pezzuto et al., 2016; Skelhorn et al., 2014), morfologia urbana (Stewart and Oke, 2012) e superfícies urbanas impermeáveis (Alchapar et al., 2017).

Bowler et al. (2010) relata que o espaço verde, como parques e árvores pode resfriar o meio urbano, pelo menos na escala local. O estudo relata que em média um parque urbano é cerca 1 C° mais frio em relação aos locais não vegetados. O estudo também observou a eficácia do sombreamento por árvores na amortização térmica e constatou que áreas de vegetação rasteira tem um papel importante no resfriamento do microclima por conta da evapotranspiração.

Dacanal, (2011) estuda a influência de parques na cidade de Campinas e aponta que a presença de fragmentos florestais está diretamente relacionada a estabilidade térmica e sugere que, partindo de uma relação mínima de 20% de área verde em relação a área construída pode-se obter um impacto positivo no conforto térmico. Sendo potencializado por uma distribuição homogênea dos mesmos no tecido urbano e acrescentou que a distância ideal para distribuição das áreas verdes seria em média, o dobro da largura dos fragmentos.

Abreu-Harbich et al., (2015) constataram que o sombreamento de edifícios e calçadas por espécies arbóreas de forma individual ou em aglomerados, é uma estratégia de projeto urbanístico e arquitetônico a ser considerada na busca pelo conforto térmico juntamente a eficiência energética, sendo potencializada quando há o alinhamento das vias com os ventos predominantes da região. A pesquisa de Feyisa et al., (2014) também complementa apontando a importância da escolha das espécies para uma maior eficácia.

Para Sodoudi et al., (2018) os benefícios do resfriamento passivo poderiam ser otimizado através de áreas verdes pouco fragmentadas e bem integradas a área urbanizada, com estruturas lineares implantadas paralelas aos ventos prevalecentes, favorecendo a ventilação, elevando a umidade do ar e com ela a perda de calor pela evapotranspiração. Diversos estudos buscam quantificar a gama de resultados provindos da relação da vegetação com as características locais. Acero and González-Asensio, (2018) em sua pesquisa realizada em uma cidade de clima tropical e úmido observa o fenômeno de aquecimento que ocorre no período final da manhã. Medidas realizadas no período chuvoso apresentaram uma diferença de 1,3° C em relação ao período de seca, devido a inércia térmica gerada pelo retardamento do aquecimento das superfícies com cobertura vegetal. Constatando a diferença significativa do comportamento da vegetação em cada período. Concluindo que variáveis como altitude e propriedades climáticas são ativas em relação ao comportamento do clima próximo a áreas verdes.

Assim sendo este estudo, através do monitoramento climático no entorno imediato de um bosque, tem como objetivo avaliar o comportamento térmico de uma área verde e sua influência no entorno imediato.

2 METODOLOGIA

A coleta de dados foi feita na cidade de Campinas-SP (Latitude S 22°53'20" Longitude O 47°04'40"). O município possui 1.194.094 habitantes e uma área total de 796,4 Km² (IBGE, 2019; PMC, 2020). Caracterizado como tropical de altitude (Cwa-Koppen), o clima apresenta verões quentes úmidos e chuvosos e invernos amenos e secos (CEPAGRI, 2020). A área de estudo está localizada em um Campus Universitário de aproximadamente 556 m², nas proximidades de um bosque (Figura 1).

Para locação dos pontos foi definido como área central o bosque do campus, e a partir disso um raio 60 metros que tangencia os limites da área vegetada, em seguida foram definidos 4 raios concêntricos com espaçamento de 50 metros cada um. A Leste em uma distância de 600 metros do centro dos raios há a presença do corpo d'água Ribeirão das Anhumas. Foram definidos também dois pontos (P1 e P8) fora dos raios, por conta da morfologia de seu entorno, visando contemplar várias composições de entorno, contendo diferentes proporções de áreas permeáveis, impermeáveis, arborizadas, pavimentadas e construídas.

A coleta de dados climáticos foi realizada em dias estáveis e sem ocorrência de precipitação no período de 30 de maio a 01 de junho. A coleta de dados com medidas móveis foi realizada em dois dias consecutivos (30 e 31 de maio de 2019), em 3 horários, 9, 15 e 21 horas. Os transectos foram realizados a pé em duas orientações simultâneas, norte-sul e leste-oeste. A coleta contemplou dados de temperatura do ar, umidade relativa através do instrumento Testo 405 V1. Os Pontos fixos foram coletados em 3 dias consecutivos (30 a 01 de junho) através do Data Logger Testo 174H. Juntamente com as medias móveis foram coletados dados de medições fixas em 8 pontos de coleta. Todos os instrumentos foram acoplados no interior de protetores de intempéries e radiação solar HOBO RS1 e instalados a 2,10 metros de altura. As medições nestas alturas contemplam o monitoramento da Atmosfera Urbana Inferior

(UrbanCanopyLayer – UCL) (Oke, 2006). Em cada ponto foram coletados dados do fator de visão do céu através de câmera equipada com lente olho de peixe.

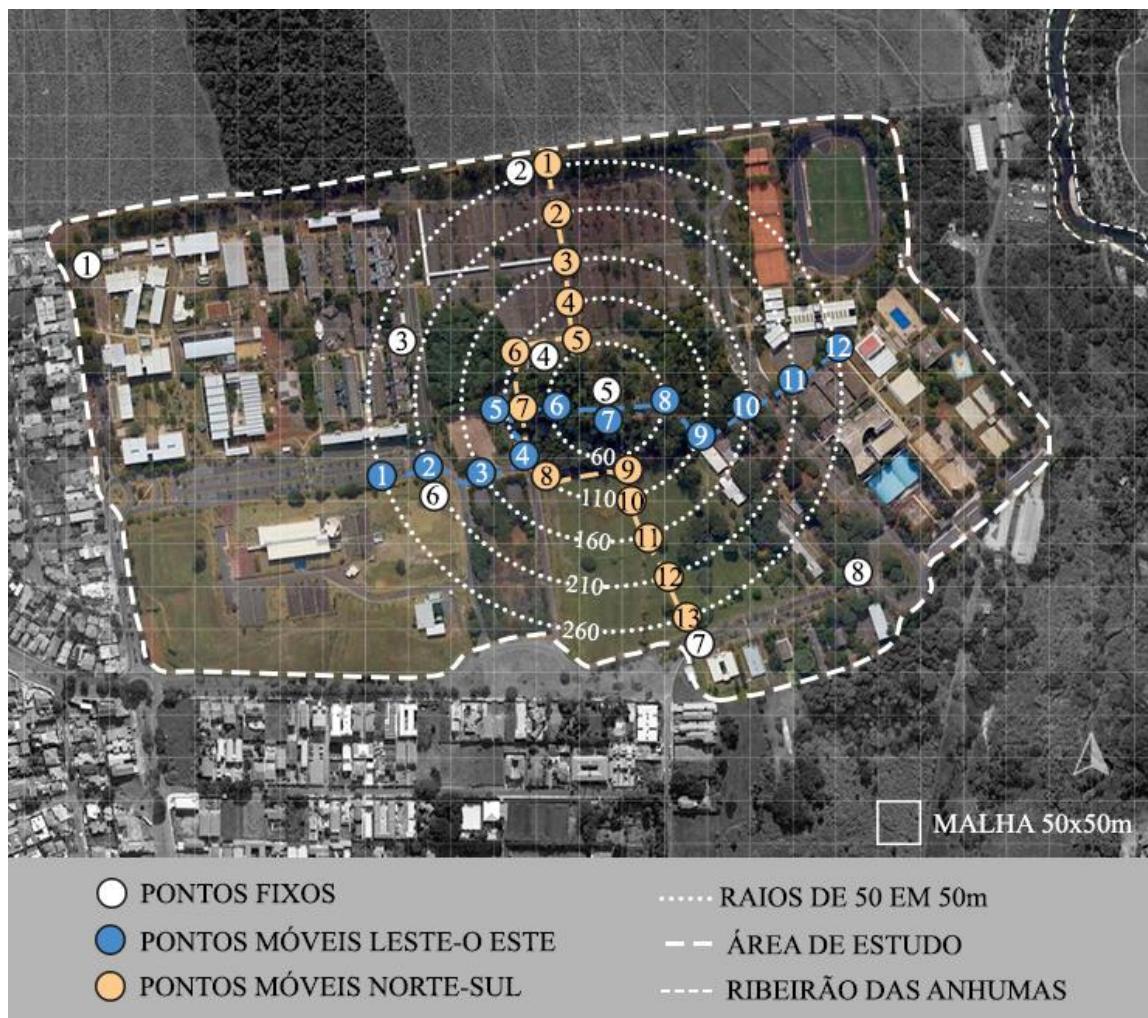
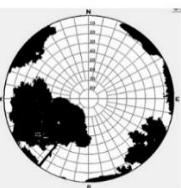


Fig. 1 Área de estudo, Puc-Campinas Campus I

3 RESULTADOS

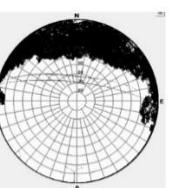
Para as análises dos dados foram consideradas os valores médios dos pontos fixos e móveis. A tabela 1 mostra as características dos pontos amostrais. O fator de visão do céu (FVC) dos pontos fixos apontaram que o Ponto- 5, que se localiza no centro de um bosque, possui o menor FVC sendo 0.081 e o Ponto- 6 a 210 metros a oeste do bosque o maior FVC com 0.805. Os pontos no entorno do bosque apresentaram uma faixa de 0.662 a 0.750. A obstrução do céu para a maioria dos pontos ocorre através de árvores ou conjuntos arbóreos. Verifica-se que todos os pontos possuem uma relação direta com a vegetação sendo ela pontual, linear ou em aglomerados.

Tabela 1 Características dos pontos amostrais



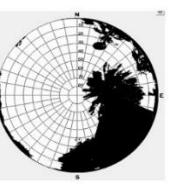
Ponto 1- FVC: 0.689

Presença de edificações, vias pavimentadas, árvores de médio a grande porte. Proximidade de áreas permeáveis com gramíneas.



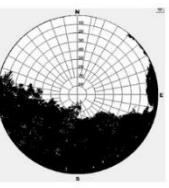
Ponto 2- FVC: 0.750

Presença de edificações, vias pavimentadas, árvores de médio a grande porte. Proximidade de áreas permeáveis com gramíneas.



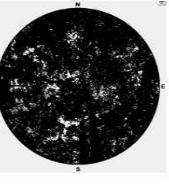
Ponto 3- FVC: 0.662

Presença de edificações, vias pavimentadas, árvores de médio a grande porte. Proximidade de áreas permeáveis com gramíneas. Proximidade do bosque de estudo.



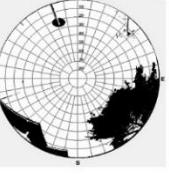
Ponto 4- FVC: 0.559

Situado no limite noroeste do bosque de estudo. Proximidade de área pavimentada.



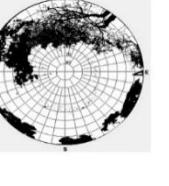
Ponto 5- FVC: 0.081

Situado no centro do bosque de estudo. Á área totalmente permeável com presença de gramíneas e árvores de pequeno, médio e grande porte.



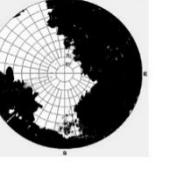
Ponto 6- FVC: 0.805

Situado próximo a via pavimentada. Proximidade de árvores de pequeno, médio e grande porte e próximo também de área permeável com presença de gramíneas.



Ponto 7- FVC: 0.720

Situado próximo a via pavimentada. Proximidade de árvores (pequeno, médio e grande porte) e de área permeável com presença de gramíneas.



Ponto 8- FVC: 0.420

Situado próximo a via pavimentada. Proximidade de árvores de médio e grande porte.

A tabela 2 mostra os valores médios de temperatura do ar, mínima, máxima, amplitude térmica e umidade relativa do ar do período de coleta. No período das temperaturas médias máximas a maior diferença foi encontrada entre o ponto 8 ($29,1^{\circ}\text{C}$) e o ponto 5 ($27,2^{\circ}\text{C}$), diferença aproximada de $1,9^{\circ}\text{C}$. O ponto 5 encontra-se no interior do bosque e o ponto 8 em área aberta, ou seja, o ponto 5 apresenta um aquecimento mais lento devido as obstruções das vegetações. Destaca-se que o Ponto-2, localizado em uma via sombreada por árvores de grande porte no sentido norte, apresentou a temperatura máxima $27,6^{\circ}\text{C}$ apenas $0,4^{\circ}\text{C}$ a mais do que o Ponto-5 ($27,2^{\circ}\text{C}$) dentro do bosque, reforçando os benefícios do sombreamento de vias por árvores. As temperaturas mínimas apresentaram pouca variação, diferença aproximada de $0,9^{\circ}\text{C}$, entre o ponto 1 e 3. Destaca-se o comportamento dos pontos 5, interior do bosque, com menor temperatura máxima e baixa amplitude térmica. O ponto 3 localizado no entorno imediato do bosque também apresentou uma baixa temperatura mínima, $18,4^{\circ}\text{C}$, que pode ter sido favorecida devido a proximidade de 20 metros do bosque, em uma área mais aberta o que também favoreceu a amplitude de 10°C . O ponto 3 caracterizado por um entorno edificado apresentou a maior temperatura média diária, $23,1^{\circ}\text{C}$. Com relação à umidade relativa do ar verifica-se pouca variação entre os pontos aproximadamente 9% no horário da máxima.

Tabela 2 Valores médios de temperatura e umidade relativa do ar, pontos fixos

| | Distância (metros) | | | | | | | |
|---|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 620 | 260 | 250 | 100 | 0 | 210 | 260 | 330 |
| | Pontos Fixos | | | | | | | |
| | P 1 | P 2 | P 3 | P 4 | P 5 | P 6 | P 7 | P 8 |
| Temperatura do ar média máxima ($^{\circ}\text{C}$) | 28,1 | 27,6 | 28,4 | 28,8 | 27,2 | 28,3 | 28,1 | 29,1 |
| Temperatura do ar média mínima ($^{\circ}\text{C}$) | 19,3 | 18,9 | 18,4 | 18,8 | 19,1 | 18,6 | 19,1 | 18,5 |
| Temperatura do ar média ($^{\circ}\text{C}$) | 23,1 | 22,7 | 22,9 | 22,9 | 22,5 | 22,9 | 22,9 | 22,8 |
| Amplitude térmica média ($^{\circ}\text{C}$) | 8,8 | 8,7 | 10,0 | 10,0 | 8,2 | 9,7 | 9,0 | 10,6 |
| Umidade relativa média máxima (%) | 82,9 | 88,5 | 88,9 | 88,1 | 90,0 | 87,1 | 85,0 | 91,4 |
| Umidade relativa média mínima do Ar (%) | 50,7 | 53,9 | 51,6 | 52,4 | 60,1 | 50,2 | 51,7 | 49,8 |
| Umidade relativa média do Ar (%) | 69,3 | 73,7 | 72,0 | 72,4 | 76,3 | 70,6 | 71,1 | 73,5 |
| Amplitude média Umidade Relativa (%) | 32,2 | 34,6 | 37,3 | 35,7 | 29,9 | 37,0 | 33,4 | 41,7 |

Legenda de características gerais do entorno imediato de cada ponto

:Limite Bosque :Interior Bosque :Pavimentado sem Obstrução :Pavimentado com Obstrução

A Tabela 3 representa a temperatura média das medidas móveis coletadas nas rotas Norte-Sul e Leste-Oeste, nos dias 30 e 31 de maio, nos horários das 9h 15 h e 21 h. No período de aquecimento novamente os pontos localizados no interior do bosque (5,6,7,8 transecto LO) apresentaram as menores temperaturas, faixa entre $22,8^{\circ}\text{C}$ a $23,1^{\circ}\text{C}$, comparados com os pontos 11, 12 e 13, afastados do centro do bosque 160 m., 210 m. e 260 m., respectivamente. No horário da temperatura máxima, os pontos no entorno imediato do bosque (pontos 5, a 9 transecto NS) apresentaram os maiores valores, faixa entre $29,0^{\circ}\text{C}$ a $30,5^{\circ}\text{C}$. Em contrapartida, no período de resfriamento urbano, temperaturas mínimas, verifica-se que os pontos no entorno imediato do bosque (pontos 5 a 9 transecto NS e pontos 4 e 9 transecto LO) apresentaram os menores valores faixa entre $21,7^{\circ}\text{C}$ a $22,3^{\circ}\text{C}$. Os pontos no interior do bosque (5 a 8 transecto LO) $21,7^{\circ}\text{C}$ a $22,6^{\circ}\text{C}$. Os maiores valores de temperatura mínima foram encontrados nos pontos (1 e 2 transecto LO) $23,2^{\circ}\text{C}$ a $23,1^{\circ}\text{C}$, respectivamente, em áreas pavimentadas a 210 m e 260 m do interior do bosque.

Tabela 3 Tabela de temperatura e umidade relativa do ar média do período de coleta ,Transecto Norte-Sul (NS) e Leste-Oeste (LO)

| Pontos | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 09:00 | | | | | | | | | | | | | |
| Temp (°C) | | | | | | | | | | | | | |
| NS | 23,6 | 23,1 | 24,9 | 25,1 | 26,4 | 26,2 | 26,1 | 25,4 | 23,9 | 24,8 | 26,4 | 26,5 | 27,3 |
| | 75,1 | 74,1 | 71,8 | 69,8 | 68,8 | 66,6 | 66,4 | 69,6 | 75,0 | 75,9 | 72,2 | 69,7 | 67,5 |
| 15:00 | | | | | | | | | | | | | |
| NS | 27,9 | 28,9 | 29,3 | 29,4 | 30,5 | 30,5 | 29,0 | 29,0 | 27,9 | 29,4 | 29,7 | 29,5 | 29,0 |
| | 58,7 | 59,5 | 56,7 | 55,1 | 54,7 | 51,8 | 53,0 | 53,7 | 57,1 | 58,8 | 56,4 | 53,1 | 51,2 |
| 21:00 | | | | | | | | | | | | | |
| NS | 22,7 | 22,8 | 22,7 | 22,5 | 22,1 | 22,2 | 22,1 | 22,0 | 21,7 | 21,2 | 21,5 | 21,7 | 22,2 |
| | 72,8 | 72,5 | 73,0 | 73,6 | 74,2 | 74,2 | 75,1 | 76,0 | 76,8 | 76,4 | 76,3 | 77,0 | 77,7 |
| Pontos | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 09:00 | | | | | | | | | | | | | |
| LO | 23,5 | 25,2 | 24,1 | 23,5 | 23,1 | 23,0 | 22,8 | 23,1 | 23,2 | 23,1 | 23,1 | 23,3 | |
| | 69,3 | 65,1 | 68,2 | 68,8 | 69,8 | 72,8 | 71,4 | 74,0 | 72,4 | 72,2 | 72,1 | | |
| 15:00 | | | | | | | | | | | | | |
| LO | 28,6 | 28,9 | 28,4 | 28,4 | 28,4 | 28,1 | 27,2 | 27,6 | 27,8 | 28,8 | 29,5 | | |
| | 53,6 | 53,5 | 51,1 | 50,3 | 49,8 | 52,2 | 54,7 | 55,3 | 54,7 | 53,8 | 54,5 | | |
| 21:00 | | | | | | | | | | | | | |
| LO | 23,2 | 23,1 | 22,9 | 22,3 | 22,6 | 22,4 | 22,3 | 21,7 | 21,7 | 21,8 | 22,1 | | |
| | 65,8 | 65,8 | 66,6 | 68,4 | 69,0 | 69,5 | 69,9 | 70,4 | 70,4 | 71,3 | 71,8 | | |

Legenda de características gerais do entorno imediato de cada ponto

:Limite Bosque :Interior Bosque :Pavimentado sem Obstrução :Pavimentado com Obstrução

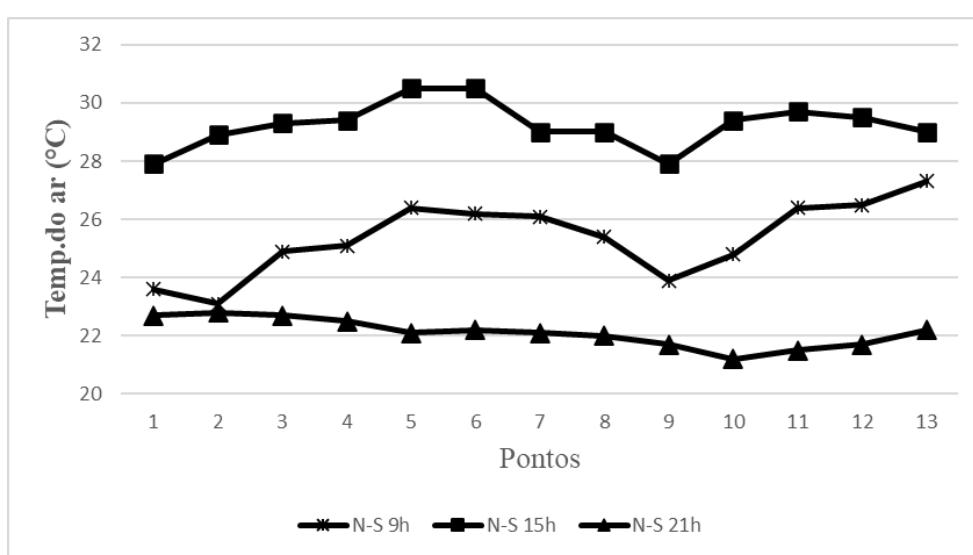


Figura 2: Relação entre a média de temperatura do ar e os pontos de medições móveis– Período de coleta. Horários 9h 15h e 21 h. Transecto Norte-Sul.

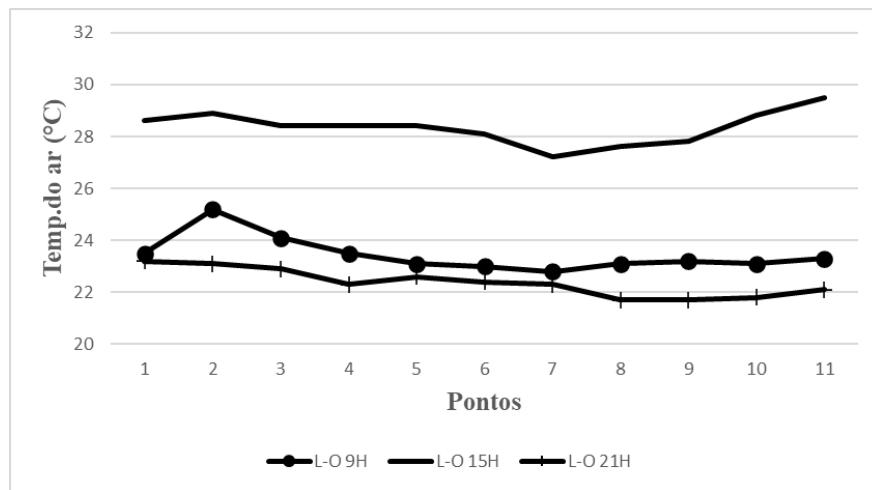


Figura 3: Relação entre a média de temperatura do ar e os pontos de medições móveis– Período de coleta. Horários 9h 15h e 21 h. Transecto Leste-Oeste

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados apresentados demonstram a importância das áreas verdes na redução da temperatura do ar, principalmente no horário do resfriamento noturno. Destaca-se que no horário das temperaturas mínimas a presença do bosque acarreta um resfriamento em seus arredores, reduzindo nitidamente a temperatura do ar dos pontos próximos dos seus limites. Em contrapartida, os pontos mais afastados e com cobertura impermeável apresentaram uma temperatura mais elevada no horário do resfriamento noturno. Verificou-se que a extensão do efeito de resfriamento de uma área verde também está fortemente relacionada com os materiais de cobertura e seu entorno imediato. Neste sentido, o posicionamento de árvores de porte médio individuais ou em conjuntos ao longo de vias, estacionamento e outras áreas impermeabilizadas favorece o conforto climático na escala do pedestre. Ou seja, parques e bosques bem distribuídos ao longo da cidade são uma eficiente estratégia de melhoria do ambiente térmico urbano.

AGRADECIMENTOS

À FAPIC/Reitoria pelo financiamento desta bolsa de Iniciação Científica.

REFERÊNCIAS

- Acero, J.A., González-Assensio, B. (2018) Influence of vegetation on the morning land surface temperature in a tropical humid urban area. *Urban Clim.* 26, 231–243. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2018.09.004>
- Alchapar, N.L., Pezzuto, C.C., Correa, E.N., Chebel Labaki, L. (2017) The impact of different cooling strategies on urban air temperatures: the cases of Campinas, Brazil and Mendoza, Argentina. *Theor. Appl. Climatol.* 130, 35–50. <https://doi.org/10.1007/s00704-016-1851-5>
- Bowler, D.E., Buyung-Ali, L., Knight, T.M., Pullin, A.S. (2010) Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. *Landsc. Urban Plan.* 97, 147–155. <https://doi.org/10.1016/J.LANDURBPLAN.2010.05.006>
- CEPAGRI, 2020. Centro de Pesquisa Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à

Agricultura.

- Dacanal, C. (2011) **Fragmentos florestais urbanos e interações climáticas em diferentes escalas: estudo em Campinas, SP.** Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP.
- de Abreu-Harbich, L.V., Labaki, L.C., Matzarakis, A. (2015) Effect of tree planting design and tree species on human thermal comfort in the tropics. **Landsc. Urban Plan.** 138, 99–109. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.02.008>
- Feyisa, G.L., Dons, K., Meilby, H. (2014) Efficiency of parks in mitigating urban heat island effect: An example from Addis Ababa. **Landsc. Urban Plan.** 123, 87–95. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.12.008>
- IBGE, 2019. Banco de dados Cidades: Informações sobre Municípios Brasileiros. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- Masiero, E., Souza, L.C.L. De (2013) Variação de umidade absoluta e temperatura do ar intraurbano nos arredores de um corpo d'água. **Ambiente Construído** 13, 25–39. <https://doi.org/10.1590/S1678-86212013000400003>
- Oke, T.R. (2006) **Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites.** IOM Report No. 81, WMO=TD No. 1250.
- Pezzuto, C.C., Carvalho, M.F.H. de, Mota, L.T.M. (2016). Diferentes enfoques para avaliação do microclima urbano. **Cad. PROARQ** 26, 54–69.
- PMC, 2020. Prefeitura Municipal de Campinas.
- Skelhorn, C., Lindley, S., Levermore, G. (2014) Landscape and Urban Planning The impact of vegetation types on air and surface temperatures in a temperate city : A fine scale assessment in Manchester , UK. **Landsc. Urban Plan.** 121, 129–140. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.09.012>
- Sodoudi, S., Zhang, H., Chi, X., Müller, F., Li, H. (2018) The influence of spatial configuration of green areas on microclimate and thermal comfort. **Urban For. Urban Green.** 34, 85–96. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.06.002>
- Stewart, I.D., Oke, T.R. (2012) Local climate zones for urban temperature studies. **Bull. Am. Meteorol. Soc.** 93, 1879–1900. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00019.1>