

## A INFLUÊNCIA DA ARBORIZAÇÃO NO MICROCLIMA URBANO POR MEIO DO ENVI-MET

Ana Luiza Thomaz da Silva <sup>1</sup>  
Maria Elisa Siqueira Silva <sup>2</sup>

### RESUMO

A arborização influencia no microclima urbano e, conseqüentemente, nas variáveis atmosféricas. A alteração no balanço de energia devido a evapotranspiração e a sombra da copa das árvores auxiliam no conforto do pedestre. A legislação da cidade de São Paulo visa uma resposta efetiva aos impactos das mudanças do clima até o ano de 2050. O estudo tem como objetivo identificar a influência da arborização no ambiente microclimático construído da zona norte do município de São Paulo para as condições climáticas atuais e para cenários futuros, por meio do uso do modelo ENVI-met. Os experimentos com arborização apresentaram uma diminuição de até 1,5 °C na temperatura do ar, aumento de até 6% na umidade relativa do ar, e diminuição na temperatura radiante média (20 °C) e na temperatura de superfície (16 °C) em comparação com os experimentos do cenário atual. Os resultados iniciais demonstram que o modelo ENVI-met pode contribuir para o planejamento urbano e para quantificar a influência da arborização no microclima.

**Palavras-chave:** Microclima, Árvores, ENVI-met, São Paulo.

### ABSTRACT

The afforestation influences the urban microclimate and, consequently, atmospheric variables. The change in energy balance due to evapotranspiration and the shade from the tree canopy aid provide pedestrian comfort. The legislation of the city of São Paulo aims to provide an effective response to the impacts of climate change by the year 2050. The study aims to identify the influence of afforestation on the built microclimatic environment of the north zone of the city of São Paulo for current climatic conditions and for future scenarios, through the use of the ENVI-met model. The experiments with trees presented a decrease of until 1,5 °C in air temperature, an increase of up to 6% in relative humidity, and a decrease in mean radiant temperature (20 °C) and surface temperature (16 °C) compared to the experiments in the current scenario. Initial results demonstrate that the ENVI-met model can contribute to urban planning and quantify the influence of afforestation on the microclimate.

**Keywords:** Microclimate, Trees, ENVI-met, São Paulo.

### INTRODUÇÃO

O município de São Paulo, por meio de compromissos assumidos junto ao “C40 Cities” (2005) e ao Acordo de Paris (2015), visa responder de forma efetiva aos impactos das mudanças do clima até o ano de 2050 (SÃO PAULO, 2021). O Plano Diretor Estratégico - PDE (SÃO

---

<sup>1</sup> Mestranda do Curso de Pós-Graduação em Geografia Física (PPGF - FFLCH) da Universidade de São Paulo – USP, [analuiza.silva@usp.br](mailto:analuiza.silva@usp.br);

<sup>2</sup> Professora orientadora: doutora, professora do Curso de Pós-Graduação em Geografia Física (PPGF - FFLCH) da Universidade de São Paulo – USP, [elisasiq@usp.br](mailto:elisasiq@usp.br).

PAULO, 2015) e o Plano de Ações Climáticas - PlanClima (SÃO PAULO, 2022) da cidade apresentam diretrizes para a diminuição das Ilhas de Calor e para a arborização das calçadas, incentivando a caminhabilidade e o transporte ativo para mobilidade urbana.

Sadourny (1994) afirma que a vegetação abundante, por meio da evaporação, ameniza os contrastes térmicos da temperatura do ar. Os estomas presentes nas folhas, responsáveis pela fotossíntese, regulam a evaporação de água presente nas camadas mais profundas do solo. Além do fato de fornecer sombra e filtrar os raios solares, “A vegetação serve também para controlar as transferências de energia entre o solo e a atmosfera, quer em forma de fluxo de calor sensível quer de evaporação (ou fluxo de calor latente).” (SADOURNY, 1994, p. 60).

A evapotranspiração influencia o balanço de energia e o balanço de água, reduzindo o fluxo de calor sensível, controlando e mitigando o clima urbano (COUTTS et al., 2012), devido ao fato da evapotranspiração ser “[...] o fenômeno associado à perda conjunta de água do solo pela evaporação e da planta pela transpiração.” (OMETTO, 1981, p. 255). O efeito da arborização no microclima é refletido nas variáveis atmosféricas e no sombreamento decorrente da copa das árvores. Essa influência corrobora para a melhoria do conforto ambiental no microclima.

O ENVI-met é um modelo numérico que permite a simulação do clima urbano com a incorporação de dados atmosféricos e do modelo tridimensional da área. A bioclimatologia vegetal é considerada no programa, possibilitando proposições de acréscimo de árvores no meio urbano (BRUSE; FLEER, 1998). Assis (2006) identificou que 5% dos estudos de clima urbano de 1995 a 2005 utilizavam modelos, identificando a necessidade de desenvolver mais esse campo de análise, e assegura que os modelos associados a climatologia urbana podem “ser aplicados às alternativas de planejamento, permitindo a comparação entre a situação atual e a prevista pelas ações dos planos e legislações urbanos.” (ASSIS, 2006, p.24).

O estudo tem como objetivo identificar a influência da arborização no ambiente microclimático construído da zona norte do município de São Paulo para as condições climáticas atuais e para cenários futuros, por meio do uso do modelo ENVI-met.

## **METODOLOGIA**

As metodologias utilizadas na pesquisa consistem na revisão bibliográfica, na coleta de dados observacionais, realização de simulações numéricas e na análise dos resultados. A área de estudo compreende a duas vias de uma área predominantemente residencial do bairro do



Imirim, na zona norte de São Paulo (SP, Brasil). Figura 1 informa a localização do distrito dentro do território nacional.

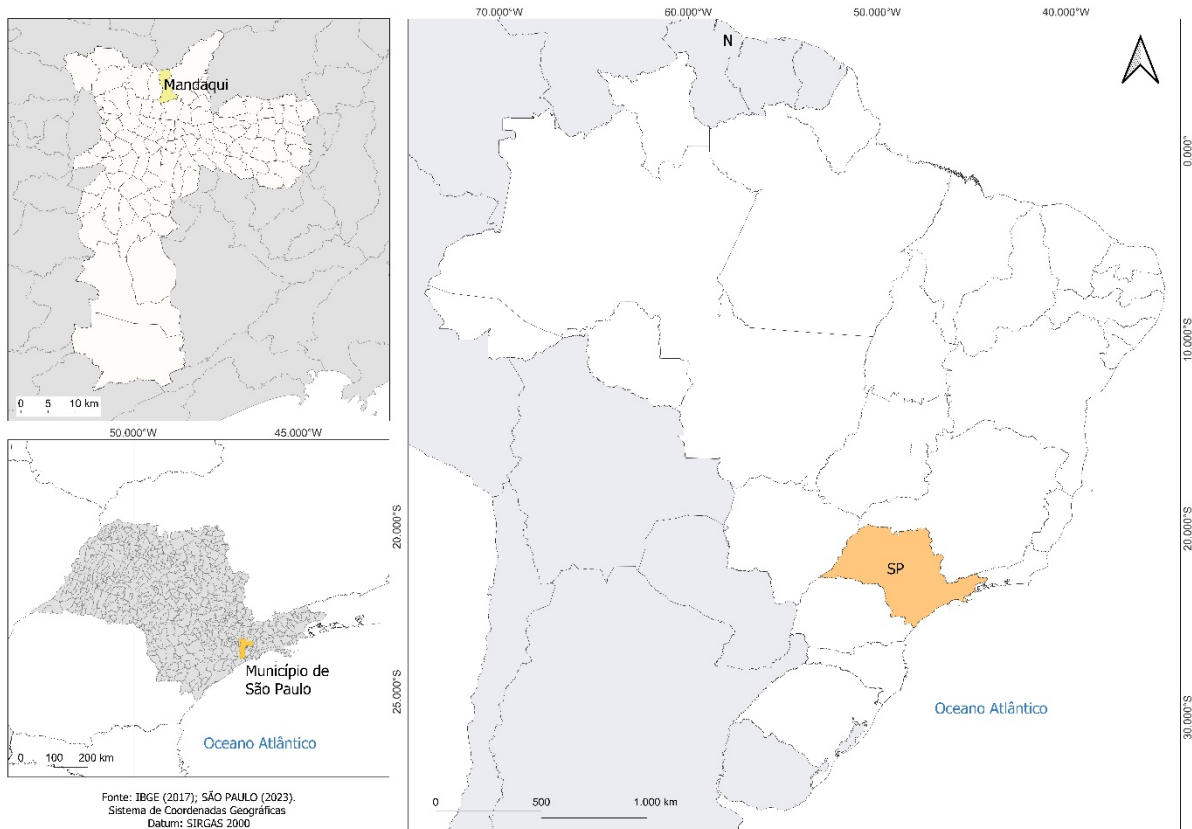


Figura 1 Localização da área de estudo. Bairro Imirim no distrito do Mandaqui, ao norte do município de São Paulo, Brasil. Fonte: A partir de IBGE (2017), SÃO PAULO (2023).

O levantamento de dados primários foi realizada de 30 de setembro a 10 de novembro de 2022. Os equipamentos utilizados foram o Datalogger, marca HOBO, modelo U23001 para medir temperatura do ar (Tar) e umidade relativa do ar (UR) com a proteção Solar Shield, marca HOBO, modelo RS1; e o Datalogger, marca HOBO, modelo U23-001, para medir a temperatura de globo (obtendo a temperatura radiante média - Trm). A Figura 2 mostra a situação da área de estudo e a locação do equipamento de medição no interior de uma residência.



Figura 2 À esquerda, foto da rua da área de estudo, e à direita, foto do equipamento de medição localizado. Fonte: Da autora (2022).

A escolha do dia a ser simulado foi realizada conforme método empregado por Duarte et al. (2015), Shinzato et al. (2019) e Novaes e Monteiro (2020). Os dados observacionais do dia 29 de outubro de 2022 (Figura 3) foram utilizados para realizar o arquivo climático<sup>3</sup> da área de estudo no programa ENVI-met 5.0.3 versão *Lite*<sup>4</sup> devido a estabilidade climática dos dias anteriores. O presente estudo também adaptou a metodologia descrita por Maciel (2011, 2014) para simulações no ENVI-met.

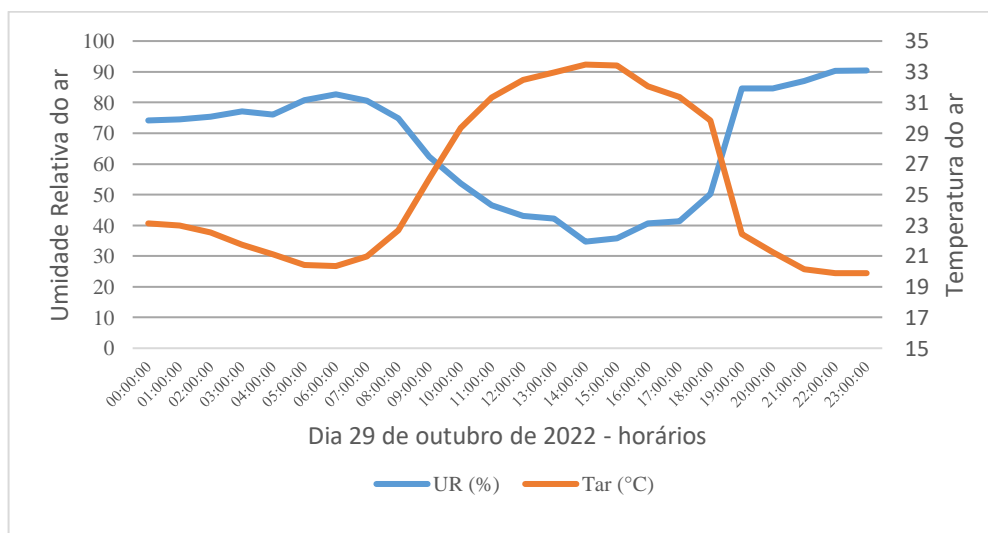


Figura 3 Dados observacionais do dia 29 de outubro de 2022. Fonte: Da autora (2022).

<sup>3</sup> Foram utilizados dados medidos *in loco* (29 de outubro de 2022) de temperatura do ar e umidade relativa do ar, dados de direção e velocidade do vento da Estação Meteorológica do Mirante de Santana (INMET, 2022) e do Department of Atmospheric Science of University of Wyoming (2023) para a configuração da umidade específica a 2500 metros no dia simulado.

<sup>4</sup> Disponível em: <https://www.envi-met.com/>. Acesso em: 19 de janeiro de 2023. A versão citada corresponde ao programa gratuito disponibilizado com limitações quanto à grade de modelagem (50x50x40) e quanto aos “plugins” do programa, como o BIO-met e o *full forcing*.





As definições das camadas do solo foram baseadas no estudo de Shinzato et al. (2019) para a calibração de modelos para o município de São Paulo. A modelagem do arquivo 3D da área considerada para o estudo foi realizada por meio de ortofotos e informações disponibilizadas no GeoSampa (GEOSAMPA, 2021) e pela definição da malha e dos materiais empregados na simulação por meio do redesenho da área no programa AutoCAD.

Para a simulação em questão foi utilizada uma resolução espacial horizontal de 2 metros e, vertical, de 1 metro, totalizando uma matriz (x, y, z) com (34 x 34 x 28) células, correspondendo a uma área de 4.624 m<sup>2</sup>. As simulações compreendem ao experimento controle - área de estudo e arquivo atmosférico original (A0) - e aos experimentos de sensibilidade: área atual e arquivo atmosférico com aumento de 1 °C de temperatura do ar (A1); área com acréscimo de 23 árvores e arquivo atmosférico atual (B0); área com acréscimo de 23 árvores e arquivo atmosférico com aumento de 1 °C de temperatura do ar (B1). A Figura 4 e a Figura 5 apresentam os cenários A e B supracitados.

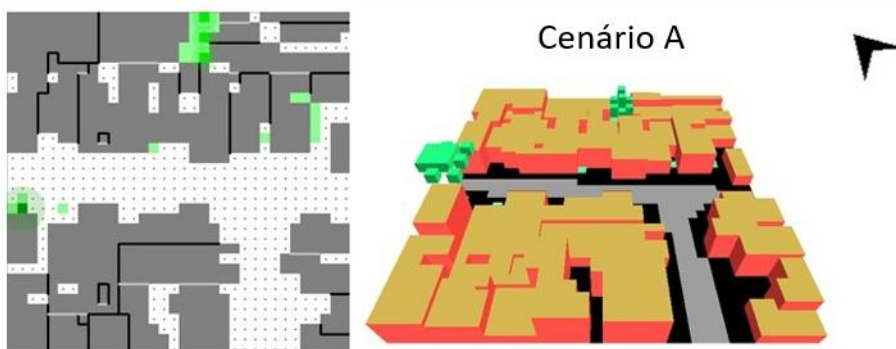


Figura 4 Situação em planta e 3D do experimento controle, cenário A. Fonte: Da autora (2022).

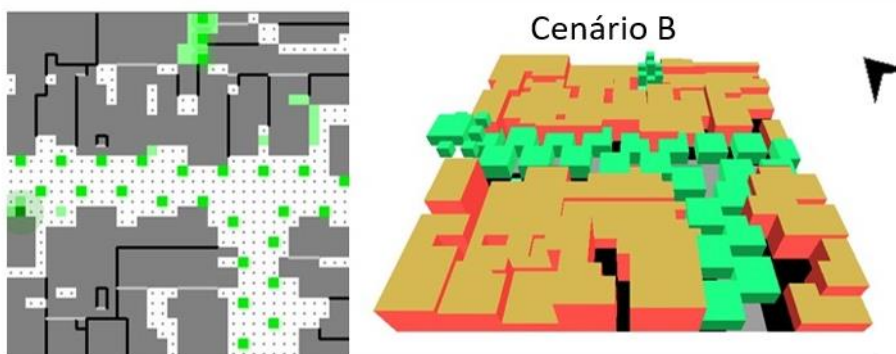


Figura 5 Situação em planta e 3D do experimento de sensibilidade, cenário B. Fonte: Da autora (2022).

A habilidade do modelo foi comprovada por meio de comparações entre o experimento controle e os dados observacionais de temperatura do ar (Tar), umidade relativa do ar (UR) e



temperatura radiante média ( $T_{rm}$ ) por meio das fórmulas do MBE (mean bias error), que corresponde a tendência de previsão de superestimar (positivo) ou subestimar (negativo) do modelo; e do MAE (mean absolute error), que corresponde à média de erros absolutos (WILLMOTT, 1982; CARDOSO; AMORIM, 2021).

A partir dos dados de saída de cada simulação (A0, A1, B0 e B1) foram gerados os seguintes mapas: temperatura do ar à 1,50 m do solo às 9h, 12h e 16h; umidade relativa do ar à 1,50 m do solo às 9h, 12h e 16h; temperatura radiante média à 1,50 m do solo às 9h, 12h e 16h; e temperatura de superfície ao nível do solo às 9h, 12h e 16h. Os mapas possibilitam comparar as modelagens numéricas e identificar o efeito da arborização no microclima.

## REFERENCIAL TEÓRICO

O PlanClima constitui um conjunto de ações que têm como objetivo a mitigação e adaptação climática da cidade de São Paulo, seguindo os princípios do Acordo de Paris e da organização C40 na promoção de políticas públicas (SÃO PAULO, 2015; SÃO PAULO, 2022). A Ação 37 do PlanClima destaca-se a relevância do desenho urbano e da arborização viária para a melhoria das condições climáticas e para o conforto do pedestre em um prazo médio de tempo (2021 – 2028), pois visa "Promover o plantio de árvores nativas resilientes às mudanças climáticas de maneira a proteger a biodiversidade e promover a melhoria do conforto térmico na cidade" (SÃO PAULO, 2022, p.233). Essa meta, corrobora com a afirmativa de que o planejamento urbano pode diminuir os efeitos do clima (ASSIS, 2006) e que a arborização urbana pode ser uma estrutura contribuinte para o conforto térmico e para a criação e microclimas a nível do pedestre (OKE et al. 2017).

Lombardo (1985) realizou o primeiro estudo sobre efeito Ilha de Calor da cidade de São Paulo. A autora destaca que a expansão da mancha urbana<sup>5</sup> contribui para a intensidade da ilha de calor urbana, desse modo, "O desenho físico urbano, desde a escala de edifícios até as áreas metropolitanas, pode ter fortes repercussões nas condições climáticas locais" (LOMBARDO, 1985, p.77-78).

Estudo conduzidos com a ferramenta ENVI-met para a modelagem computacional de cenários do clima urbano apresentaram resultados significativos com a incorporação de

---

<sup>5</sup> Mancha urbana: "[...] é a expressão espacial do processo de metropolização, resultante do crescimento demográfico que a cidade de São Paulo sofreu desde o final do século XIX até a Segunda Guerra Mundial" (LOMBARDO, 1985, p.68).

vegetação. Duarte (2015) identificou uma diminuição de até 1,1°C na temperatura do ar, de 24°C na temperatura radiante média, e de 12°C na temperatura de superfície com a incorporação de árvores no bairro da Luz (São Paulo – SP). Shinzato (2009) exemplificou que a atenuação da temperatura do ar pode chegar a 1,5°C com acréscimo de vegetação significativa na mesma área de estudo.

Maciel (2014) relata por meio de experimentos em Cuiabá (MT, Brasil) que o acréscimo de áreas verdes no ENVI-met beta V3.1 resulta em uma diminuição de 0,11°C a 1,32°C na temperatura do ar no período matutino e de 0,74°C a 1,78°C no período vespertino, considerando a estação seca e úmida da região de estudo.

Cardoso e Amorim (2019) realizam um estudo sobre a calibração e o desempenho do modelo ENVI-met em estações diferentes do ano na cidade de Presidente Prudente (SP, Brasil) e afirmam que “o ENVI-met foi capaz de estimar a temperatura do ar com precisão, mas apresentou concordância inferior com os dados observados de umidade do ar” (CARDOSO; AMORIM; 2019; p. 1634). Shinzato e Duarte (2018) destacam um erro MAE de 1,30 °C no estudo do Parque Trianon (São Paulo – SP, Brasil) na versão 3.0.1 do modelo ENVI-met.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As simulações com acréscimo de arborização nas calçadas apresentaram uma melhoria microclimática em comparação com a situação atual, mesmo após a simulação de aumento da temperatura do ar (1° C) decorrente das mudanças climáticas. A habilidade do modelo foi verificada por MBE e MAE no período de 24 horas<sup>6</sup>, possibilitando a validação do modelo e dos dados de saída e demonstrando a aproximação com os dados coletados no local. A Tabela 1 sintetiza a habilidade do modelo.

Experimento A0	BEM			MAE		
	Tar	UR	Trm	Tar	UR	Trm
24 horas	0,68	-5,21	0,31	1,35	6,48	9,69

Tabela 1 Habilidade do modelo - MBE e MAE - para Temperatura do ar, Umidade Relativa do ar e Temperatura Radiante Média entre os dados de saída e os dados coletados no local. Fonte: Da autora (2023).

O presente estudo apresenta erros maiores do que os identificados por Cardoso e Amorim (2019), contudo, a Tar apresenta MAE próximo ao relatado por Shinzato e Duarte (2018). As

<sup>6</sup> O modelo compreende a um período de 48 horas simuladas, contudo, as primeiras 24 horas foram descartadas conforme a orientação da literatura consultada.

autoras destacam que “Os erros quadrático e absoluto, apesar de um pouco maiores que 1 °C, podem ser considerados aceitáveis, uma vez que a calibração feita para este trabalho considerou um período de 24h” (SHINZATO; DUARTE, 2019, p. 208).

A respeito da temperatura do ar em °C, os cenários com arborização (B0 e B1) apresentam uma atenuação de 0,3°C a 1,5°C em comparação com os respectivos cenários com a configuração urbana atual (A0 e A1) nos três horários analisados. A temperatura do ar às 16h apresentou uma área maior de atenuação (1,5°C) na comparação entre os experimentos B0 e A0, no entanto, entre os experimentos B1 e A1 essa diferença é mais evidenciada às 12h. A Figura 6 apresenta os resultados do modelo quanto a Tar e a comparação entre cenários com o arquivo climático original. A Figura 7 apresenta os resultados da Tar dos cenários modelados com o arquivo climático com aumento de 1° C de temperatura do ar em todos os horários do dia simulado.

Com o aumento da temperatura do ar no arquivo climático, a temperatura do microclima passou de 24,5°C para 26,5°C com relação à mínima do período analisado, e de 33,5°C para 35,5°C com relação à máxima. Contudo, mesmo com o aumento da Tar, a arborização ainda apresenta uma atenuação de até 1,5°C na diferença entre os cenários B (com arborização) e A (atual).

A umidade relativa aumentou em até 6% com a arborização das vias, principalmente no horário das 9h, diminuindo ao longo do dia simulado. A Figura 8 informa sobre a UR dos cenários A0 e B0 com o arquivo climático original e a comparação deles. A Figura 9 apresenta os resultados da UR dos cenários com arquivo climático alterado.

A temperatura radiante média resultante da comparação entre as simulações expõe uma diferença de até 20°C às 16h e de até 14°C às 12h, tanto nos experimentos com o arquivo climático original quanto nos experimentos com acréscimo de temperatura do ar que simula o aumento relativo às mudanças climáticas. A Figura 10 demonstra a situação com o arquivo climático original e a Figura 11 a situação com arquivo climático alterado.

A variável microclimática de temperatura de superfície variou em até 16°C, principalmente às 12h. Na comparação dos experimentos B1 e A1, essa variável expôs menos áreas de atenuação que na comparação entre os experimentos B0 e A0. Contudo, todos os experimentos com arborização apresentaram uma atenuação mínima de 4°C na temperatura de superfície, como mostram a Figura 12 e a Figura 13.



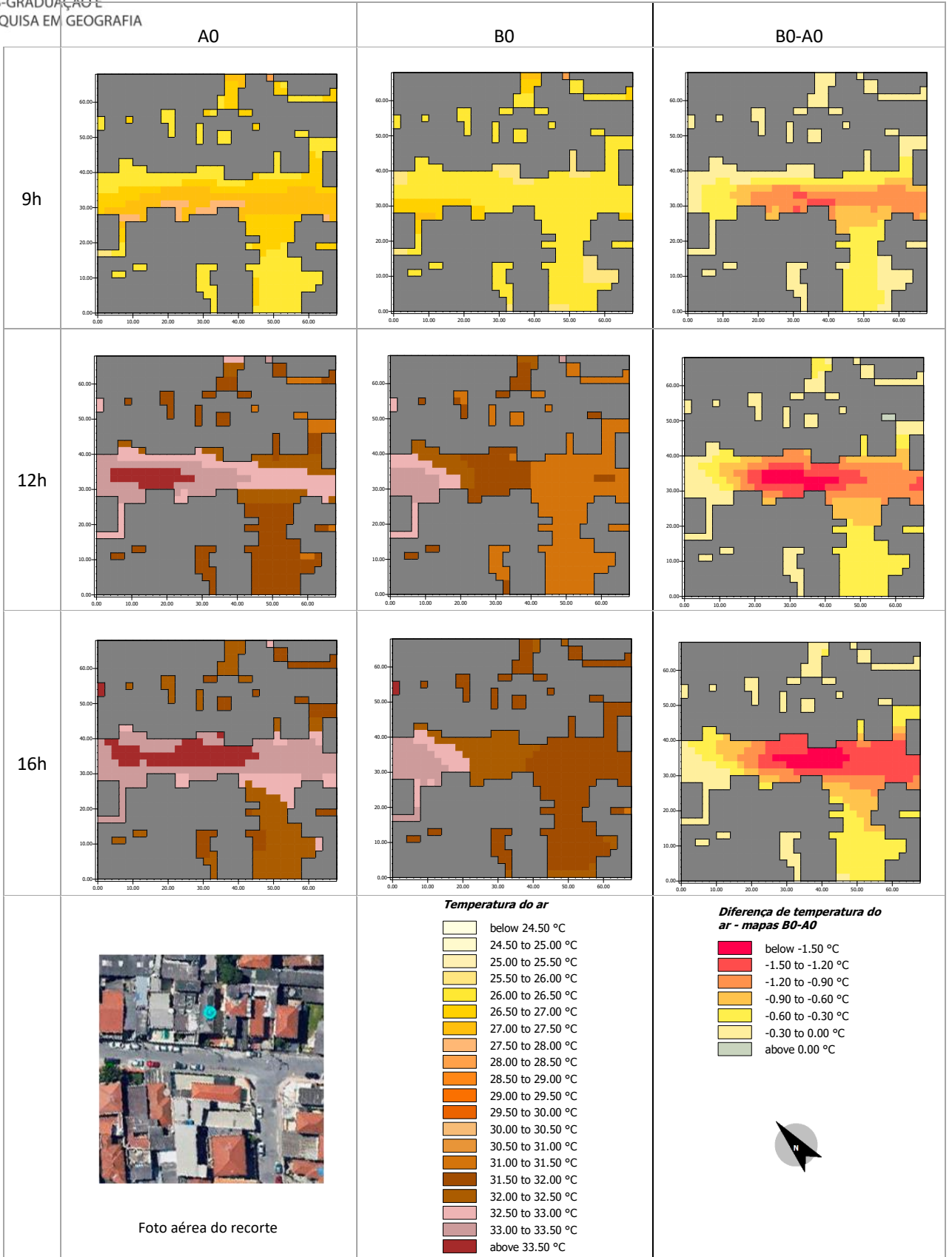


Figura 6 Mapas de temperatura do ar para os experimentos A0 e B0, às 9h, 12h e 16h. Fonte: Da autora (2023).

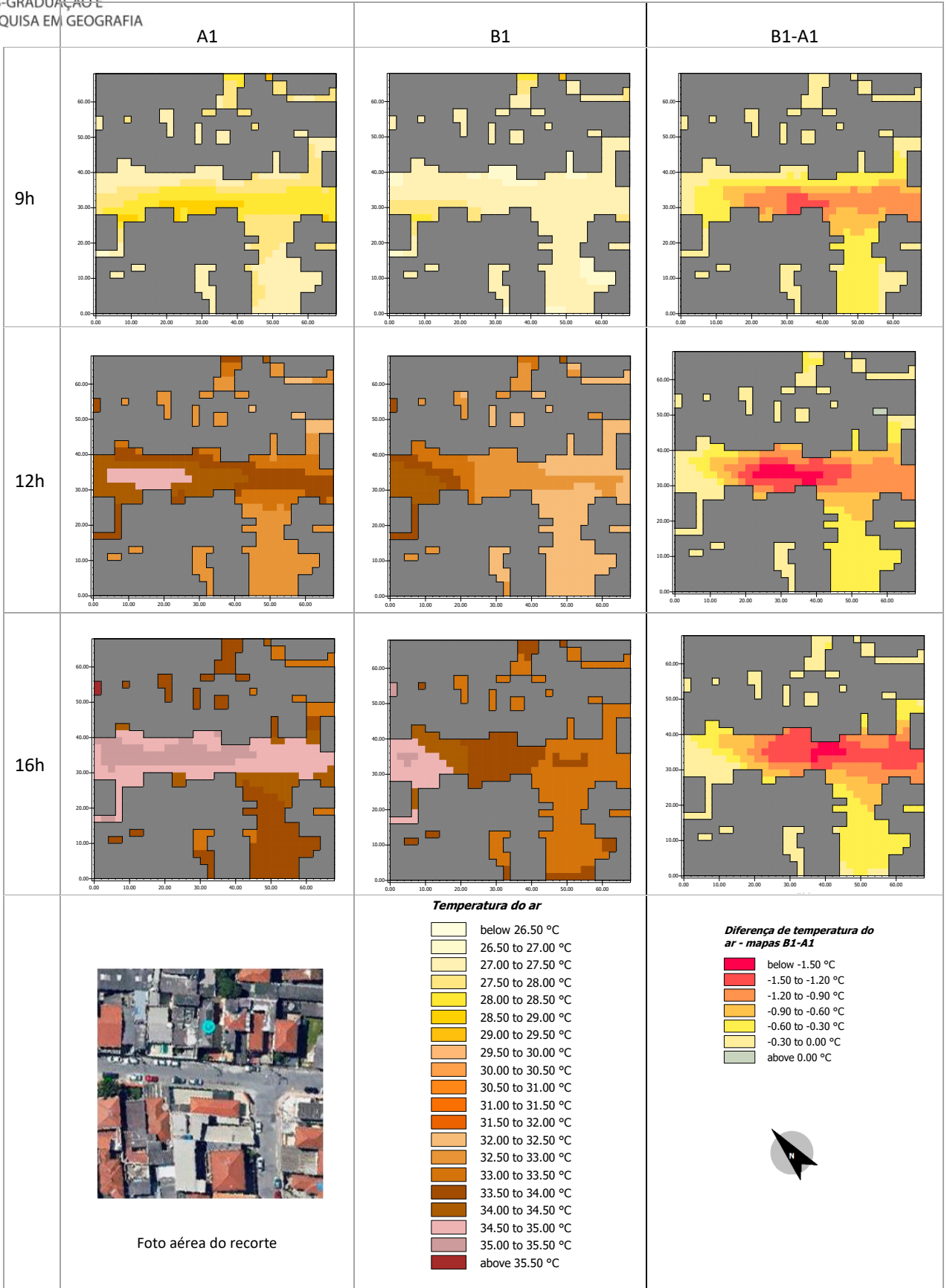


Figura 7 Mapas de temperatura do ar para os experimentos A1 e B1, às 9h, 12h e 16h. Fonte: Da autora (2023).

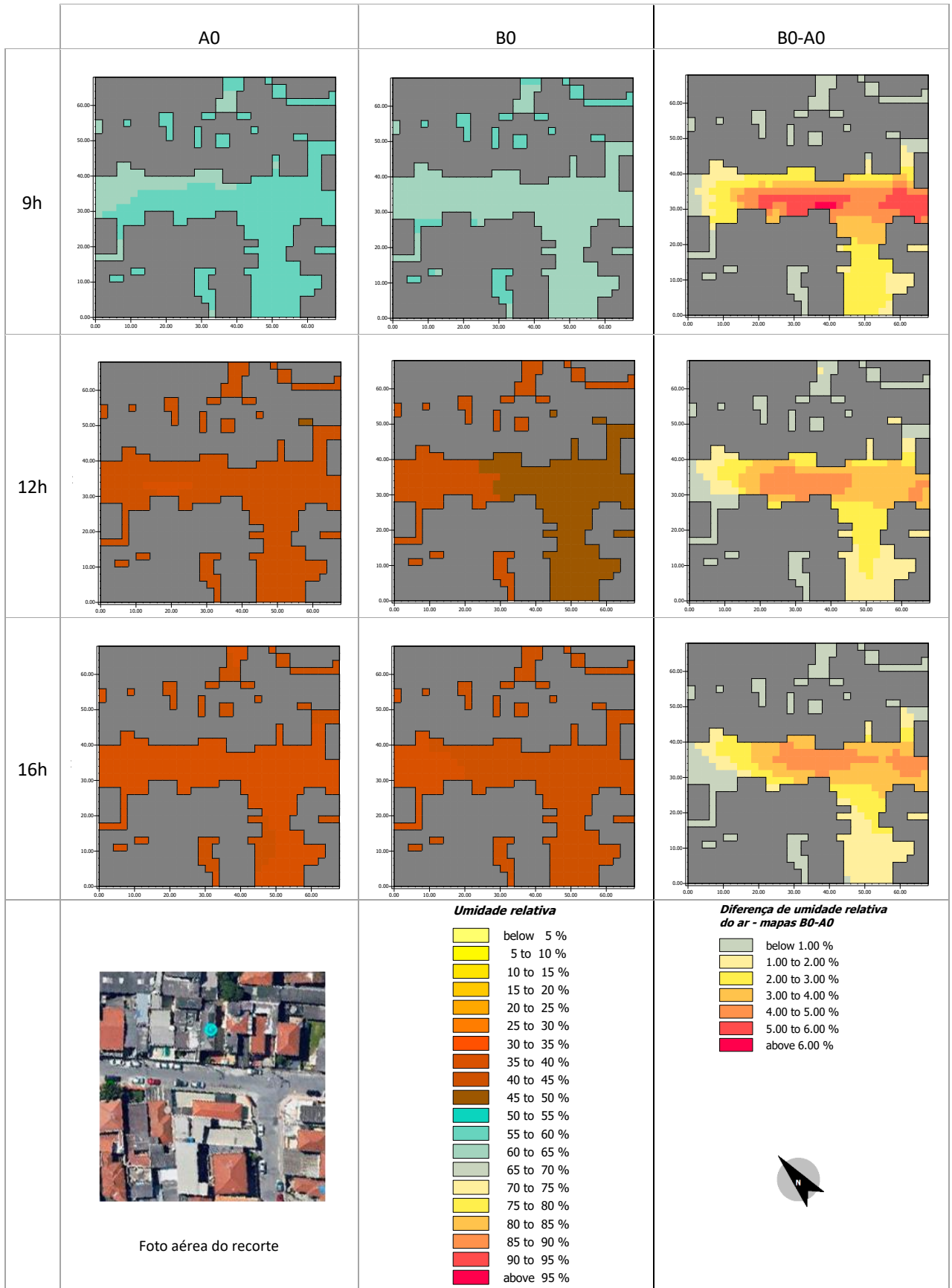


Figura 8 Mapas de umidade relativa do ar para os experimentos A0 e B0, às 9h, 12h e 16h. Fonte: Da autora (2023).

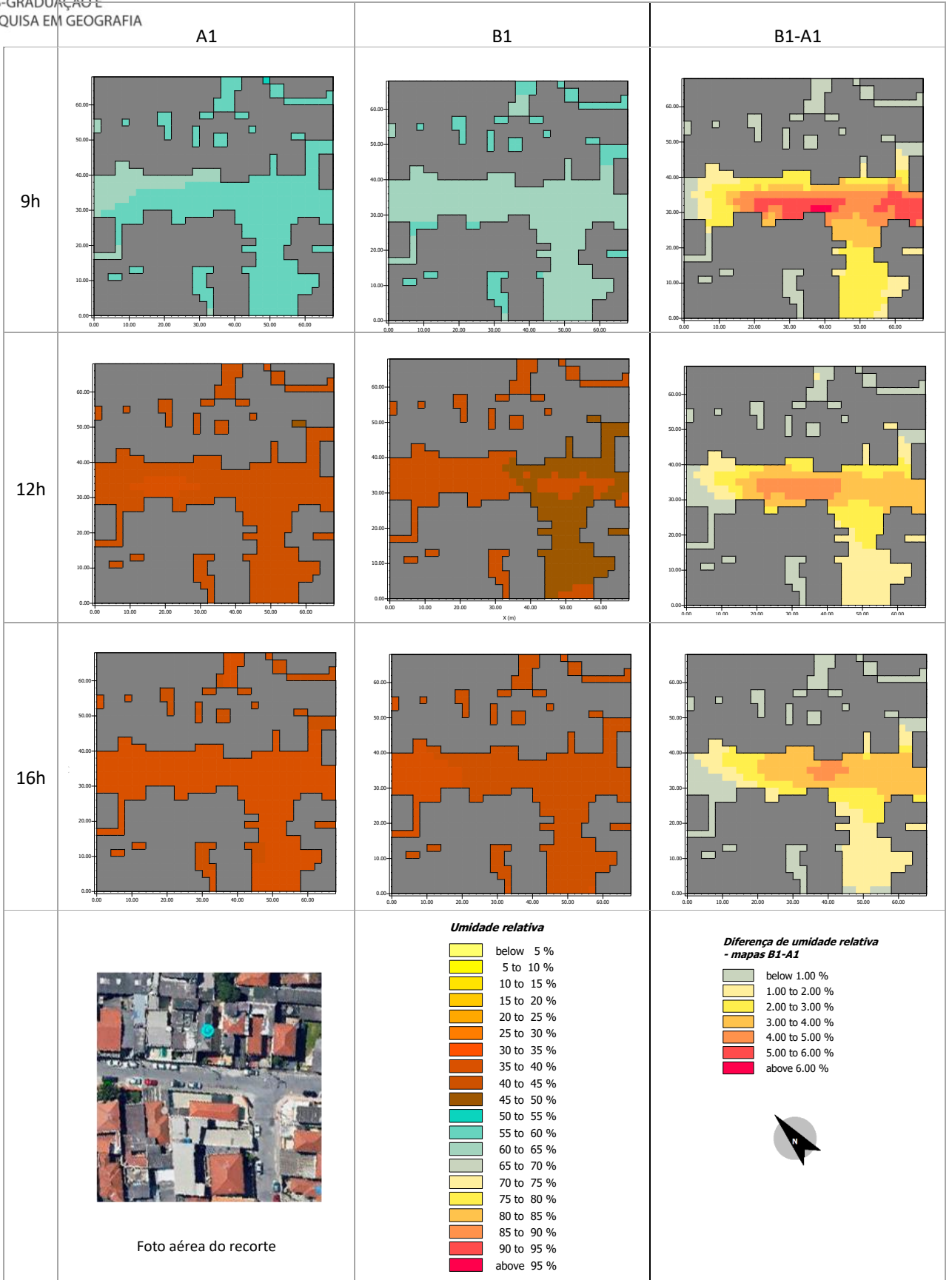


Figura 9 Mapas de umidade relativa do ar para os experimentos A1 e B1, às 9h, 12h e 16h. Fonte: Da autora (2023).



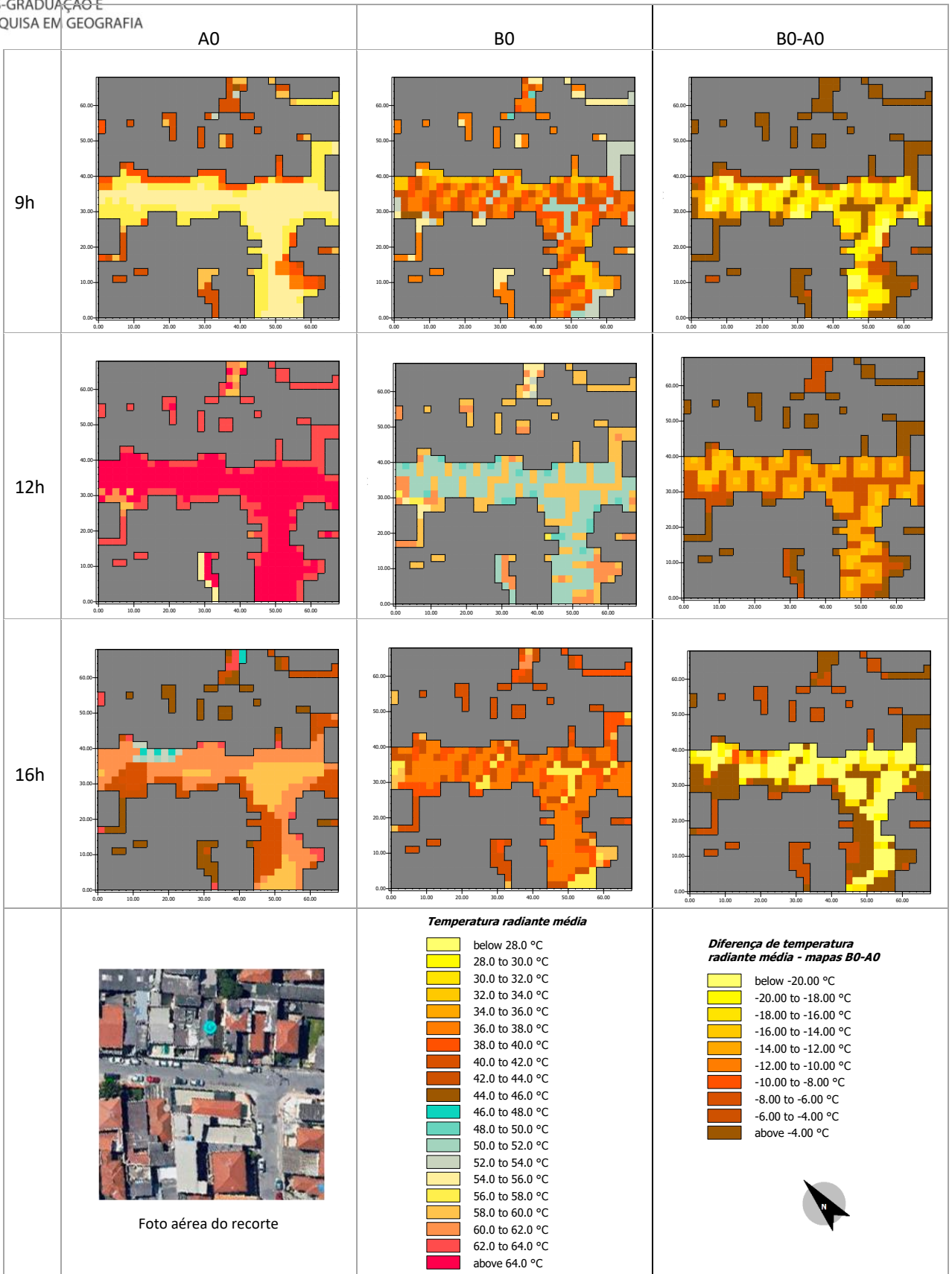


Figura 10 Mapas de temperatura radiante média para os experimentos A0 e B0, às 9h, 12h e 16h. Fonte: Da autora (2023).

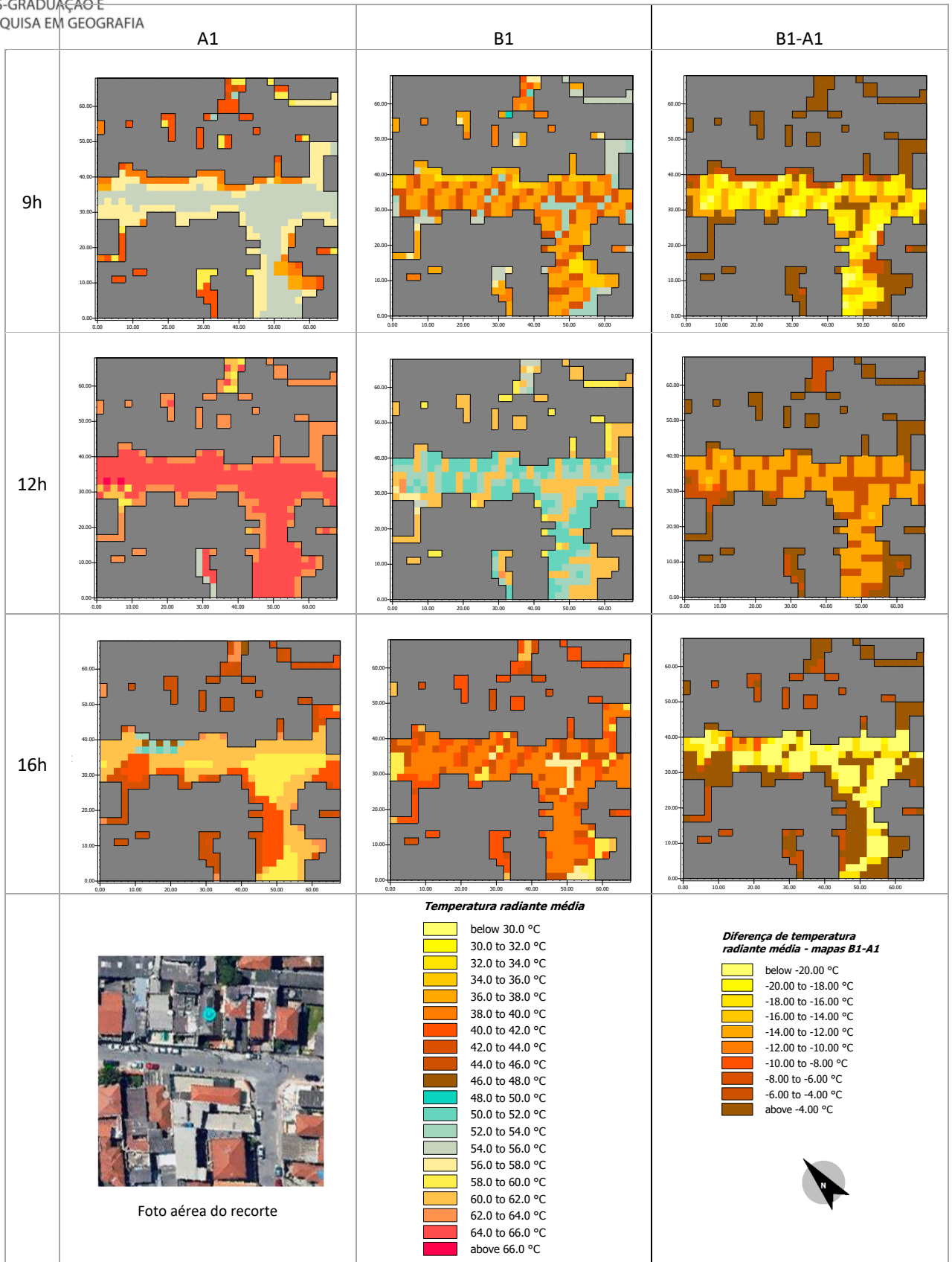


Figura 11 Mapas de temperatura radiante média para os experimentos A1 e B1, às 9h, 12h e 16h. Fonte: Da autora (2023).

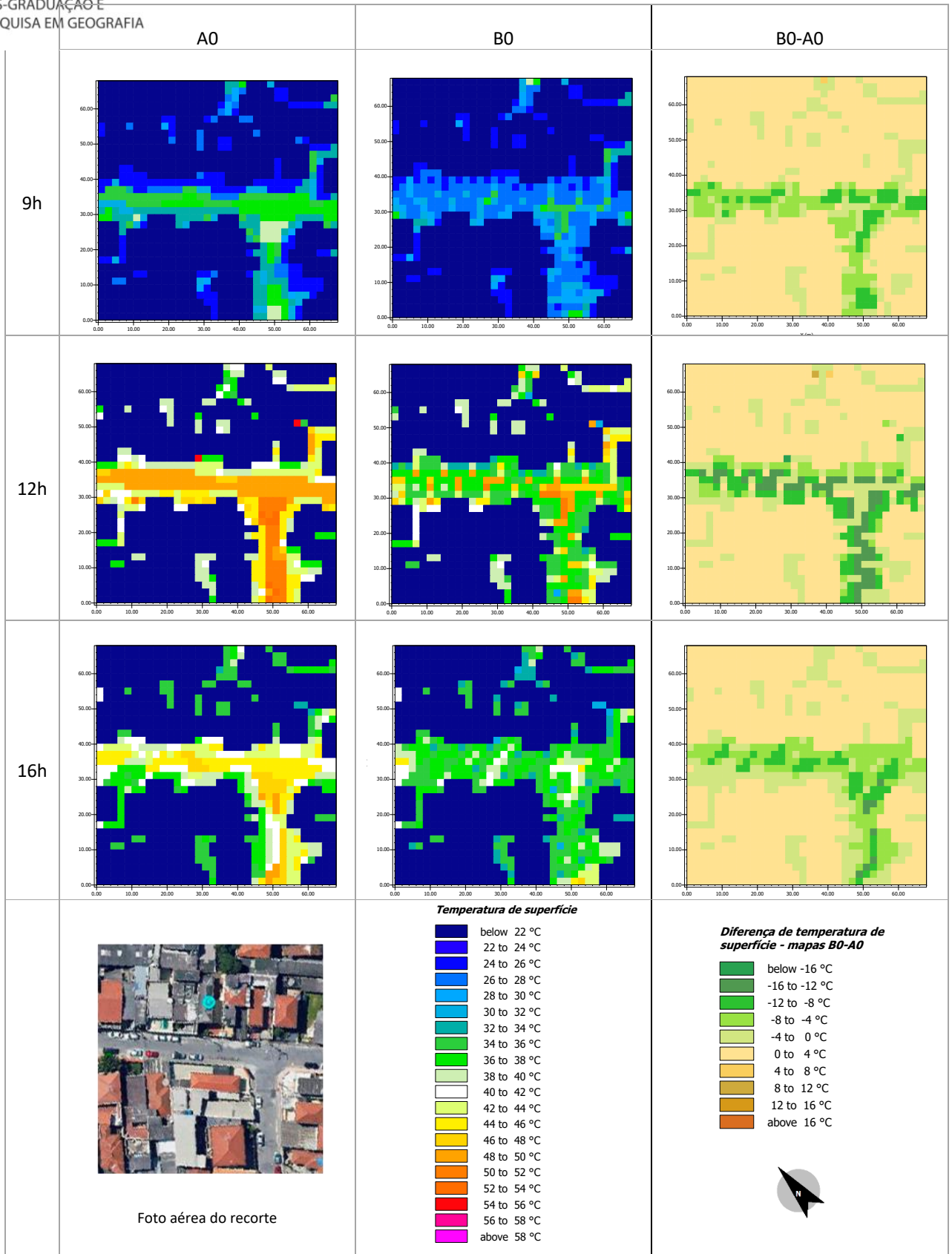


Figura 12 Mapas de temperatura de superfície para os experimentos A0 e B0, às 9h, 12h e 16h. Fonte: Da autora (2023).

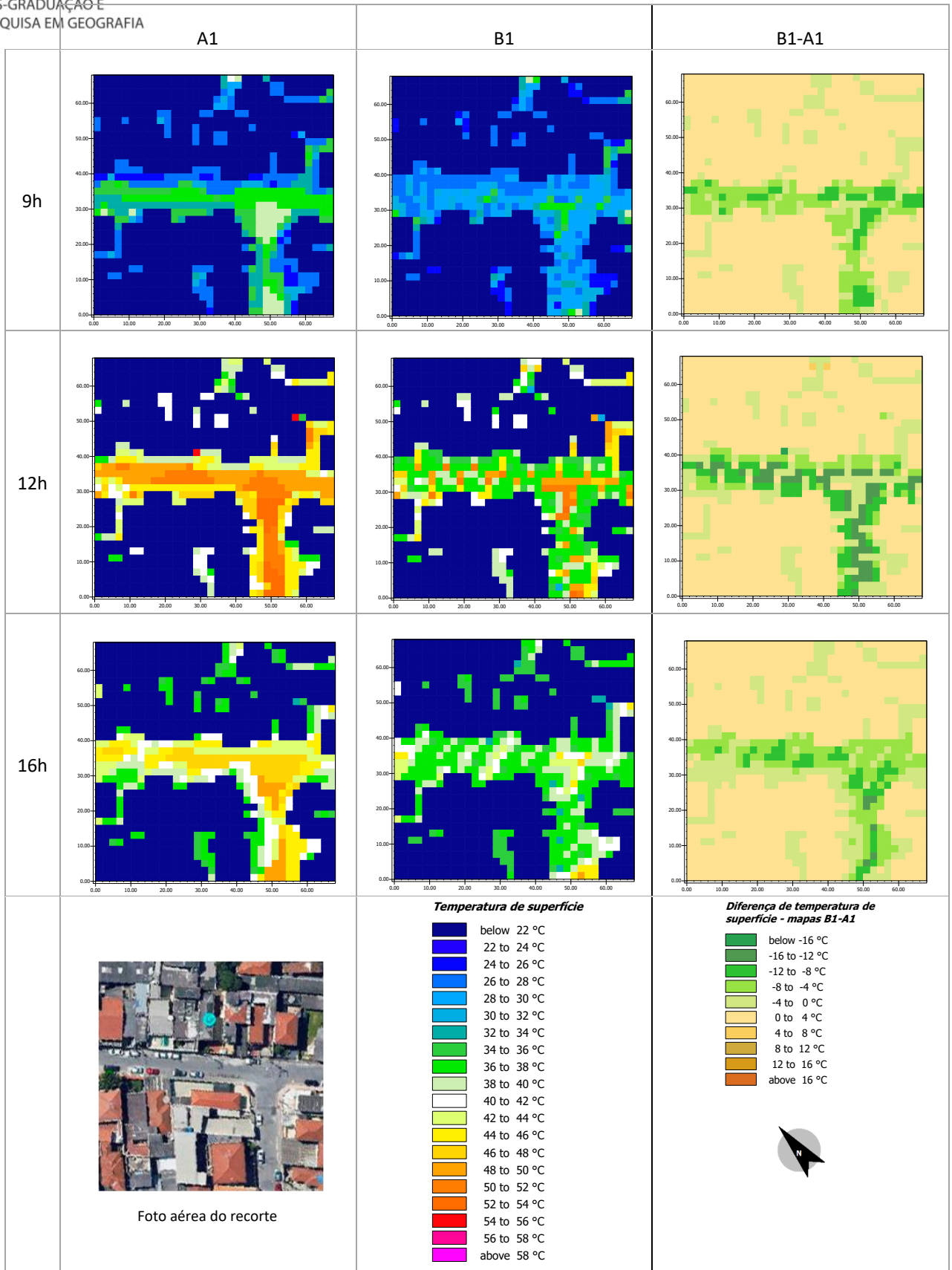


Figura 13 Mapas de temperatura de superfície para os experimentos A1 e B1, às 9h, 12h e 16h. Fonte: Da autora (2023).





## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As conclusões iniciais da pesquisa<sup>7</sup> demonstram que a incorporação de arborização nas calçadas pode atenuar variáveis microclimáticas e auxiliar na mitigação das mudanças climáticas. A diminuição de até 1,5°C na temperatura do ar no nível do pedestre incentiva a caminhabilidade da cidade e impacta no planejamento urbana. A variável temperatura radiante média demonstrou maior sensibilidade quanto às alterações na configuração urbana, destacando-se como um parâmetro importante para a análise em microclimas.

O presente estudo também incentiva a utilização do modelo ENVI-met para a análise de microclimas urbanos e para quantificar a influência de elementos da forma urbana. A possibilidade de analisar os dados de saída através de diferentes variáveis fornece um panorama sobre a área de estudo, outro ponto positivo é a concentração desses dados em um único modelo, facilitando assim a leitura microclimática.

Contudo, é importante destacar a necessidade da coleta de dados observacionais para a calibração do experimento controle e para o cálculo de habilidade do modelo. A modelagem do cenário no programa ENVI-met também deve corresponder às características dos níveis do solo e aos materiais e elementos urbanos presentes na área para a melhor aproximação com a realidade.

## AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAU-USP) pelo empréstimo dos equipamentos do Labaut (FAU-USP) para a coleta de dados em campo. À Fundação CAPES pelo auxílio diário referente a participação em evento realizado em Palmas – TO (verba PROEX) obtido por meio do Programa de Geografia Física (FFLCH – USP).

## REFERÊNCIAS

ASSIS, Eleonora Sad. Aplicações da climatologia urbana no planejamento da cidade: revisão dos estudos brasileiros. **Revista de Urbanismo e Arquitetura**, v. 7, p. 20 -25 n. 1, 2006.

---

<sup>7</sup> O presente trabalho corresponde aos dados e conclusões iniciais do estudo desenvolvido no programa de pós-graduação em Geografia Física a nível de mestrado.

BRUSE, Michael; FLEER, Heribert, Simulating surface–plant–air interactions inside urban environments with a three dimensional numerical model, **Environmental Modelling & Software**, Volume 13, Issues 3–4, Pages 373-384, ISSN 1364-8152, [https://doi.org/10.1016/S1364-8152\(98\)00042-5](https://doi.org/10.1016/S1364-8152(98)00042-5), 1998.

CARDOSO, R. S. ; AMORIM, M. C. C. T. . Calibração do modelo ENVI-met para simulação de zona climática local. In: XIV Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 2021, João Pessoa-PB. **Anais do XIV SBCG**. João Pessoa: UFPB, v. 1. p. 1624-1637, 2021.

COUTTS, A.M., *et al.*. Watering our cities: the capacity for water sensitive urban design to support urban cooling and improve human thermal comfort in the Australian context. **Progress in Physical Geography**, 37, 2–28, 2012.

DUARTE, Denise Helena Silva. **O impacto da vegetação no microclima em cidades adensadas e seu papel na adaptação aos fenômenos de aquecimento urbano.**: Contribuições a uma abordagem interdisciplinar. 2015. 167 f. Tese (Doutorado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Departamento de Tecnologia da Arquitetura, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

DUARTE, Denise HS et al. The impact of vegetation on urban microclimate to counter balance built density in a subtropical changing climate. **Urban Climate**, v. 14, p. 224-239, 2015.

GEOSAMPA. Mapa digital da Cidade de São Paulo. **Prefeitura de São Paulo (Cidade)**. 2021. Disponível em: [http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/\\_SBC.aspx](http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/_SBC.aspx). Acesso em: 20 ago. 2021.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (org.) **Portal de Mapas do IBGE**: cartas e mapas. Brasil. 2017. Disponível em: <https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#homepage>. Acesso em: 21 fev. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Dados Meteorológicos**. [83781] SÃO PAULO (MIR.de SANTANA) - SP. 2022. Disponível em: <https://mapas.inmet.gov.br/#>. Acesso em 14 nov. 2022.

MACIEL, C. R. **Análise da relação entre características do ambiente urbano e comportamento de variáveis microclimáticas: Estudo de caso em Cuiabá-MT**. 127f. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental), Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2011.

MACIEL, C. R. **Condições Microclimáticas de Espaços Abertos: Simulação de Estratégias por meio do Software ENVI-Met**. 93f. Tese (Doutorado em Física Ambiental), Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2014.

NOVAES, Gabriel Bonansea de Alencar; MONTEIRO, Leonardo Marques. Impactos da morfologia da cidade nas condições microclimáticas de áreas urbanas consolidadas em dias quentes. Pós. **Revista do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP**, v. 27, n. 51, p. e168232-e168232, 2020.



OKE, T; MILLS, Gerald; CHRISTEN, A; VOOGT, J. **Urban Climates**. Cambridge University Press, 2017.

OMETTO, J. C.. **Bioclimatologia Vegetal**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1981. 425p.

SADOURNY, R. **Clima Terra**. Lisboa. Tradução: Ana Maria Novaes. Lisboa: INSTITUTO PIAGET, 1994.

SÃO PAULO (Município). Secretaria Especial de Comunicação. Cidade de São Paulo. **São Paulo adere à Declaração de Paris**: ação reforça o posicionamento internacional e os objetivos da capital paulista no combate às mudanças climáticas. Ação reforça o posicionamento internacional e os 91 objetivos da capital paulista no combate às mudanças climáticas. 2021. Disponível em: <https://www.capital.sp.gov.br/noticia/sao-paulo-adere-a-declaracao-de-paris>. Acesso em: 03 nov. 2022.

SÃO PAULO (Município). Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano - SMDU. **Distritos da Cidade de São Paulo**. 2023. Disponível em: <http://datageo.ambiente.sp.gov.br/geoportail/catalog/search/resource/details.page?uuid=%7B10787319-DEDC-42F7-BB0A-36CA918C4B82%7D>. Acesso em: 21 fev. 2023.

SÃO PAULO (Município). Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente. **Plano de Ação Climática**. 2022. Disponível em: [https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio\\_ambiente/comite\\_do\\_clima/index.php?p=284394](https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio_ambiente/comite_do_clima/index.php?p=284394). Acesso em: 03 nov. 2022.

SÃO PAULO (Município). Prefeitura do Município de São Paulo – PMSP. **Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo**: lei municipal nº 16.050, de 31 de julho de 2014; texto da lei ilustrado. São Paulo: PMSP, 2015

SHINZATO, Paula. **O impacto da vegetação nos microclimas urbanos**. 2009. 173 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Tecnologia da Arquitetura, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

SHINZATO, Paula; DUARTE, Denise Helena Silva. Impacto da vegetação nos microclimas urbanos e no conforto térmico em espaços abertos em função das interações solo-vegetação-atmosfera. **Ambiente Construído**, v. 18, p. 197-215, 2018.

SHINZATO, Paula; SIMON, Helge; DUARTE, Denise Silva Helena; BRUSE, Michael. Calibration process and parametrization of tropical plants using ENVI-met V4 - Sao Paulo case study. **Architectural Science Review**, v. 2, p. 1-14, 2019.

UNIVERSIDADE DE WYOMING. College of Engineering. **Department of Atmospheric Science**. Disponível em: < <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html> >. Acesso em: 18 de nov. 2022.

WILLMOTT, C.J. Some comments on the evaluation of model performance. **Bulletin of the American Meteorological Society**, 63 (11), p. 1309 1313, 1982.