XVIII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
XIV ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
AMBIENTE CONSTRUÍDO E USUÁRIO: PERSPECTIVAS LATINO-AMERICANAS

Estudo do ambiente térmico de duas vias, com uso da técnica do transecto urbano em Natal-RN, Brasil

Estudio del ambiente térmico de dos vías, utilizando la técnica de transecto urbano en Natal-RN, Brasil

Study of the thermal environment of two ways, using the urban transect technique in Natal-RN, Brazil

Clima e Planejamento urbano

Tomé Barbosa, Lorena
Mestranda em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil, lorenatome@gmail.com

Ferreira Monteiro, Felipe
Doutorando em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil, felipefmonteiro@gmail.com

Barros Moreira de Carvalho, Guilhardo
Doutorando em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil, guilhardobarros@gmail.com

Oliveira Pereira, Lívia
Mestranda em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Brasil, contato.arqliviaoliveira@gmail.com

Medeiros Côrtes, Marina
Doutora em Ciência e Arquitetura, Professora adjunta do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil, marina.cortes@ufrn.br

Dantas de Araújo, Virgínia Maria
Doutora em Arquitetura e Urbanismo, Professora do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil, virgínia.dantas@ufrn.br

Resumo

A climatologia, que estuda o clima urbano, tem se tornado cada vez mais importante devido às mudanças nas cidades ao longo do tempo. Fatores naturais ou causados pelo homem influenciam e alteram as características térmicas de uma região. Este trabalho analisou a influência da densidade vegetal no microclima de uma área urbana no bairro Tirol, em Natal-RN, utilizando a técnica do transecto móvel. As diferenças de temperatura e umidade relativa do ar destacam a importância de estudos sobre o campo térmico para o planejamento urbano e a compreensão da dinâmica climática local. O trecho percorrido tem características semelhantes, mas densidade de cobertura vegetal distintas. Os resultados mostraram diferenças de temperatura nos pontos coletados em comparação com áreas de densidade vegetal variada.

Palavras-chave: Transecto Móvel. Microclima. Vegetação. Natal-RN.

Resumen

La climatología, que estudia el clima urbano, se ha vuelto cada vez más importante debido a los cambios en las ciudades a lo largo del tiempo. Los factores naturales o provocados por el hombre influyen y cambian las características térmicas de una región. Este trabajo analizó la influencia de la densidad vegetal en el microclima de un área urbana del barrio Tirol, en Natal-RN, utilizando la técnica del transecto móvil. Las diferencias de temperatura y humedad relativa resaltan la importancia de los estudios sobre el campo térmico para la planificación urbana y la comprensión de la dinámica climática local. El tramo recorrido tiene características similares, pero diferente densidad de cobertura vegetal. Los resultados mostraron diferencias de temperatura en los puntos recolectados en comparación con áreas con diferente densidad de plantas.

Palabras clave: Transecto Móvil. Microclima. Vegetación. Natal-RN.

Abstract

Climatology, which studies urban climate, has become increasingly important due to changes in cities over time. Natural or man-made factors influence and change the thermal characteristics of a region. This work analyzed the influence of plant density on the microclimate of an urban area in the Tirol neighborhood, in Natal-RN, using the mobile transect technique. Differences in temperature and relative humidity highlight the importance of studies on the thermal field for urban planning and understanding local climate dynamics. The stretch covered has similar characteristics, but different vegetation cover density. The results showed temperature differences in the collected points compared to areas of varying plant density.

Keywords: Mobile Transect. Microclimate. Vegetation. Natal-RN.

Introdução

A climatologia urbana vem ganhando crescente relevância na atualidade, particularmente no que se refere ao estudo das Ilhas De Calor Urbanas (ICUs). As ICUs se caracterizam por temperaturas mais elevadas em áreas densamente urbanizadas em comparação com as zonas rurais ou menos urbanizadas. Dentre diversos fatores, esse fenômeno deriva da substituição da vegetação por superfícies impermeáveis, como concreto e asfalto, que absorvem e retêm o calor solar (Vidal *et al.*, 2023).

A análise do microclima urbano, fornece suporte de diretrizes urbanas e políticas públicas de planejamento frente às mudanças climáticas, visto que apresentam evidências às decisões projetuais e auxiliam no reconhecimento das melhores estratégias (Guimarães Rodrigues et al., 2024; Lima et al., 2021; Teixeira; Amorim, 2022).

Embora a maioria das pesquisas sobre Ilhas de Calor Urbanas (ICUs) se concentre em grandes cidades, é fundamental destacar a importância de estudar esse fenômeno em cidades de médio e pequeno porte. Nessas áreas, a interação mais direta entre urbanização e clima urbano facilita a identificação das causas do problema, tornando-as ideais para investigações detalhadas. A compreensão da dinâmica das ICUs em cidades menores pode contribuir significativamente para a elaboração de estratégias de gestão urbana, especialmente no planejamento e na implementação de medidas mitigadoras, como a arborização urbana (Valin Jr.; Santos, 2020).

Uma das metodologias mais eficazes para analisar as ICUs é o uso de transectos móveis. Essa técnica consiste em realizar medições de parâmetros climáticos, como temperatura e umidade do ar, ao longo de trajetos pré-determinados, que podem ser percorridos a pé, de bicicleta ou com veículos automotores. Por meio de observações contínuas ou intervaladas, os transectos móveis permitem identificar variações térmicas e espaciais em diferentes configurações urbanas, revelando os impactos da ocupação do solo no clima local. Essa abordagem tem se difundido devido à sua aplicação relativamente simples e ao baixo custo operacional, sendo uma alternativa viável à instalação de várias estações fixas de coleta de dados (Guimarães Rodrigues et al., 2024; Lima et al., 2021; Valin Jr; Santos, 2020).

Além disso, os transectos móveis oferecem vantagens significativas para a identificação de perfis térmicos urbanos, permitindo a análise de variações nas propriedades atmosféricas em diferentes escalas espaciais (Specht et al., 2014; Lima et al., 2021). E com o uso de instrumentos como termo-higrômetros, essa técnica tem se mostrado uma ferramenta eficiente para investigar as ICUs, contribuindo para o entendimento dos efeitos da urbanização no microclima e auxiliando na proposição de soluções para a mitigação desse fenômeno (Specht et al., 2014; Lima et al., 2021).

No entanto, surgem desafios devido à estrita dependência espaço-temporal e à natureza multivariada das amostras registradas, tornando a análise complexa (Guimarães Rodrigues et al., 2024; Lima et al., 2021; Teixeira e Amorim, 2022; Specht et al., 2014). Além disso, embora os transectos forneçam informações valiosas sobre ambientes térmicos urbanos, eles podem exigir várias campanhas em momentos diferentes e sob condições meteorológicas variadas para generalizar as descobertas de forma eficaz (Specht et al., 2014; Guimarães Rodrigues et al., 2024; Lima et al., 2021; Teixeira e Amorim, 2022).

Assim, para esse estudo aplicou-se uma metodologia de coleta de dados, utilizando transectos móveis e teve como objetivo a identificação das diferenças de temperatura e umidade relativa do ar em um trecho no bairro Tirol, Natal-RN, comparando áreas de ocupação do solo semelhantes, mas com densidade arbórea diferentes. Esta pesquisa trata-se de uma parte de um trabalho desenvolvido numa disciplina de pós-graduação.

A cidade de Natal-RN está em crescimento, caracterizado tanto pela construção de estruturas verticais em alguns bairros, como no local de estudo, quanto pela expansão horizontal da malha urbana em direção às cidades vizinhas. Essas mudanças alteram o comportamento térmico dos microclimas urbanos e das edificações, devido às modificações nos atributos da forma urbana.

A área de estudo remonta ao “Plano da Cidade Nova”, iniciado em 1901, ampliado e concluído pelo agrimensor italiano Antonio Polidrelli em 1904. Esse plano foi responsável pela criação dos bairros de Petrópolis e Tirol, organizados a partir de um traçado em grelha, com avenidas amplas que chegavam a 30 metros de largura (Ferreira; Dantas, 2012). Com foco principal no traçado viário, o plano priorizou a abertura de avenidas largas para otimizar o fluxo de tráfego, melhorar a ventilação urbana e valorizar a estética da cidade. Além disso, os canteiros centrais, segundo os

autores, contribuíam para o embelezamento do espaço urbano, incorporando áreas verdes ao ambiente.

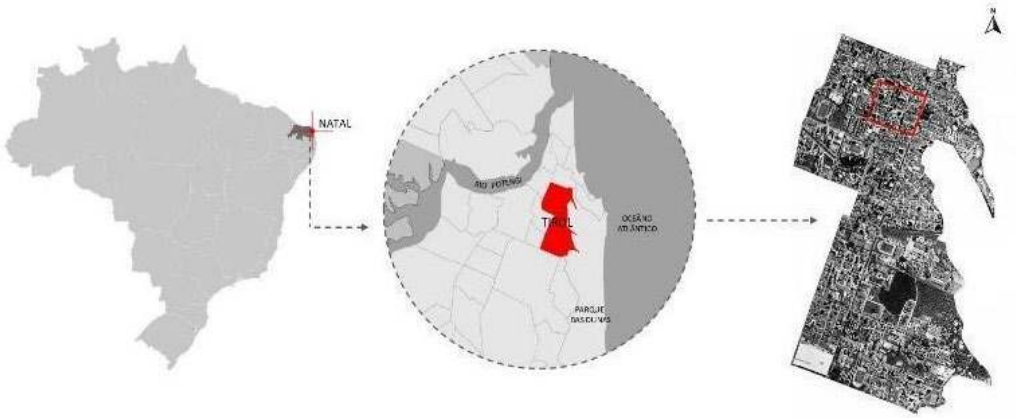
Métodos e Técnicas

Dentre os procedimentos metodológicos utilizados, temos primeiramente o levantamento bibliográfico acerca do clima urbano e suas consequências, como a formação das ilhas de calor. No segundo momento, ocorreu o levantamento de campo dos dados térmicos, no caso de temperatura e umidade relativa do ar. Para o levantamento destes dados foi utilizado a metodologia de transecto móvel, que consiste em coletas em pontos pré-selecionados ao longo de um trajeto realizado a pé pelos pesquisadores. O trabalho de campo foi realizado no dia 15 de maio de 2024 em dois horários distintos, às 10h e 16h.

Área de estudo e caracterização climática

As ruas estudadas estão no bairro Tirol, na cidade de Natal, capital do Rio Grande do Norte (Figura 1). Situada no litoral oriental do estado, em uma região de baixa latitude (5°45' 54'' sul), próxima à linha do Equador.

Figura 1: Mapas com localização de Natal no Brasil, do bairro Tirol em Natal e da área de estudo.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Os trechos percorridos na rua Jundiaí e Apodi têm 550 metros cada e são interceptados por cinco avenidas: Hermes da Fonseca, Afonso Pena, Rodrigues Alves, Campos Sales e Prudente de Morais.

O trajeto partiu do cruzamento da Av. Hermes da Fonseca com a rua Jundiaí em direção à Av. Prudente de Morais, dobrou à esquerda nesta avenida e retornou em direção à Hermes da Fonseca pela rua Apodi até o último ponto (Figura 2). Ao longo do percurso foi marcado o horário de passagem por cada ponto e após isso foram recolhidos os dados de temperatura e umidade do ar registrados. As duas ruas do percurso são pavimentadas com concreto asfáltico, possuem duas faixas de rolamento e têm como principal diferencial a densidade de cobertura vegetal.

Figura 2: Mapa com marcação do transecto e dos pontos.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

O clima da cidade é quente e úmido, com temperaturas e umidade do ar altas. A radiação solar é intensa, e a variação de temperatura, tanto diária quanto sazonal, é pequena. É interessante destacar que Natal possui duas épocas características anuais com pequena variação entre elas (Quadro 1). Uma das épocas ocorre de abril a setembro, caracterizada pela presença de chuvas constantes. Outra, de outubro a março, período com pouca chuva. A perda de calor por evaporação é dificultada pela alta umidade, mas os ventos sudestes amenizam a sensação de calor pela movimentação do ar (Araújo; Martins; Araújo, 1998). Portanto, apesar de não ter chovido no Dia do levantamento de campo, a época em que foi realizado é marcada por essa característica de maior umidade relativa do ar e temperaturas do ar um pouco mais baixas.

Quadro 1: Variáveis ambientais nas épocas características de Natal-RN.

Variáveis Ambientais		Abril-Setembro	Outubro-Março
Temperatura do Ar	Máxima	28,7 °C (13h)	30,8 °C (13h)
	Máxima	23 °C (5h)	24,8 °C (5h)
Velocidade dos Ventos	Máxima	5,0 m/s (13h)	5,2 m/s (13h)
	Máxima	2,2 m/s (5h)	3,7 m/s (5h)
Umidade Relativa do Ar	Máxima	94% (6h)	87% (6h)
	Máxima	74% (13h)	66% (13h)
Direção dos Ventos Dominantes		170° S	130° S

Fonte: Adaptado de Araújo, Martins, Araújo (1998).

Equipamento de Medição

Foi utilizado um Termo-higrômetro Digital Hobo com Data Logger Ux100-003 (Figura 3), protegido por um abrigo de baixo custo, construído a partir de potes de polipropileno, carregado em mãos por um dos pesquisadores ao longo do percurso. Segundo Hirashima et al. (2011), o abrigo meteorológico serve para reduzir a interferência da radiação, tanto de onda curta quanto de onda longa, nas medições de temperatura e umidade do ar. Os dados de temperatura e umidade relativa do ar foram registrados numa planilha Excel para posterior confecção dos gráficos comparativos do campo térmico, da umidade e do skyline do percurso.

Figura 3 – Termo-higrômetro Digital Hobo e abrigo.

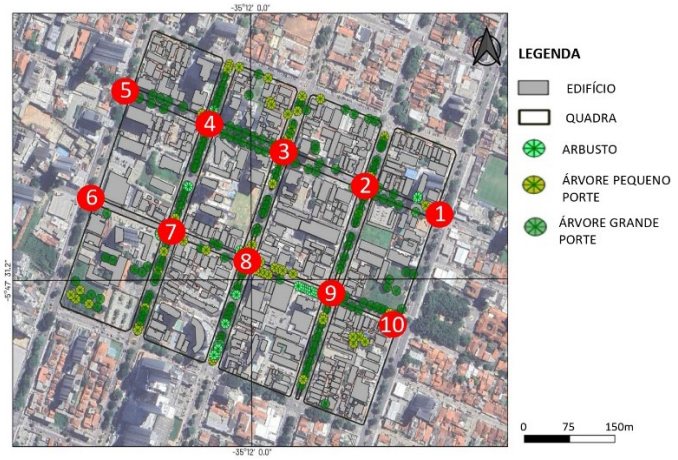


Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Análise dos Resultados

A partir do mapa de vegetação (Figura 4), percebe-se algumas regiões do local de estudo com uma maior densidade arbórea do que em outras. Isso se reflete no resultado das medições.

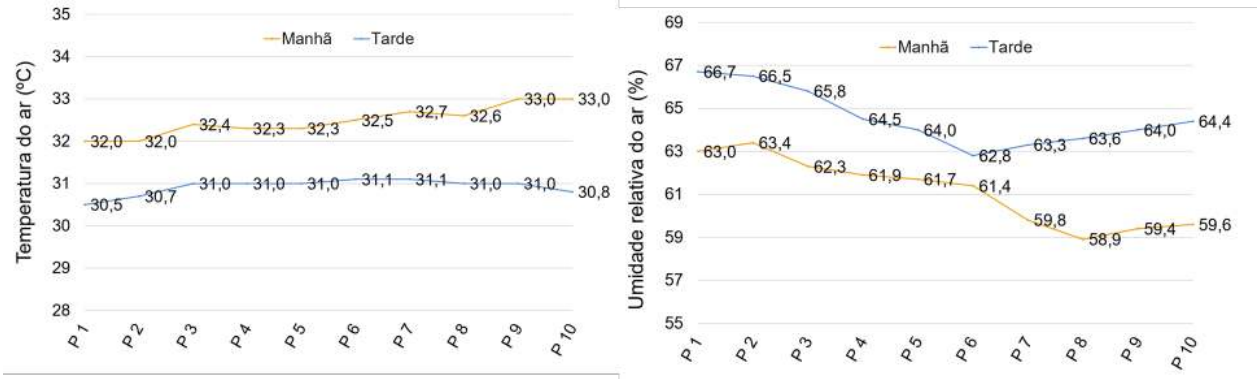
Figura 4: Mapa de vegetação.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

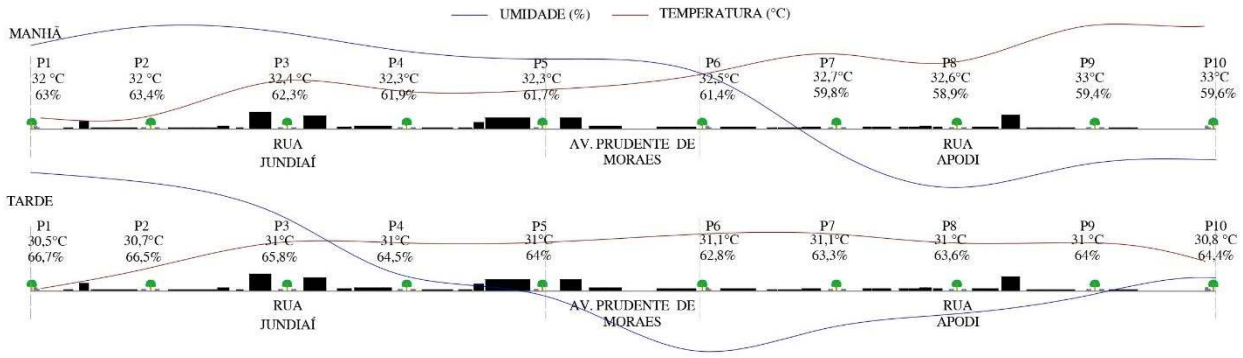
Nas Figuras 5 e 6 podemos visualizar o perfil das temperaturas do ar (TBS) e umidades relativas do ar (RH) sobreposto ao *skyline* (Figura 7) do transecto das vias ao longo de todo o trecho percorrido.

Figura 5 e 6 - Gráficos de distribuição das temperaturas e umidades relativas do ar por turnos.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Figura 7: *Skyline* com variação de temperatura e umidade relativa do ar, nos dois turnos.



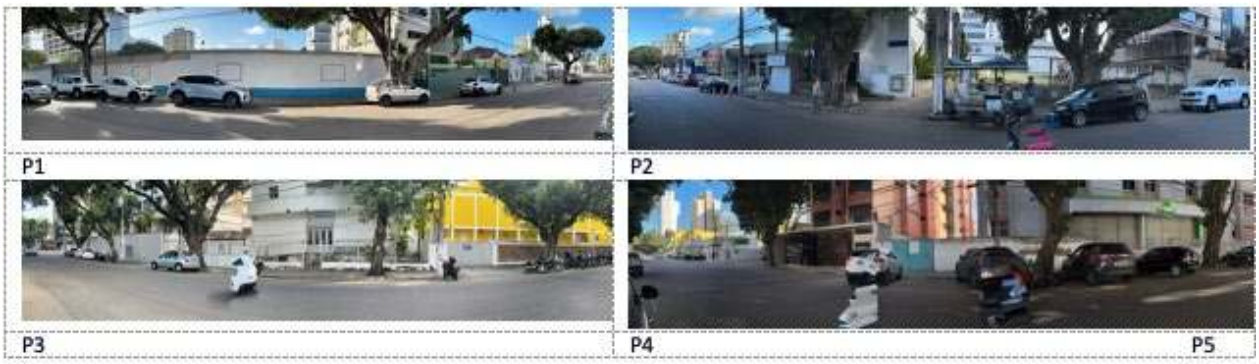
Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Na rua Jundiaí (Pontos 1 e 5), no turno da manhã as Tar registrou na faixa de 32°C e UR por volta de 62%, sendo que no cruzamento com à Av. Prudente de Morais (Ponto 5), região com baixa cobertura vegetal, registrou Tar de 32,3°C e UR de 61,7%. No turno da tarde, na rua Jundiaí a Tar registrou 30,5°C a 31°C, e UR entre 64 e 66,7%. Uma explicação para redução das temperaturas é que neste horário, com menor altura solar, ocorre um maior sombreamento na via devido a verticalização da região e consequente resfriamento das superfícies.

Para a rua Apodi (Pontos 6 a 10), que se trata de uma via com menor cobertura vegetal de grande porte e, consequentemente, maior exposição solar, em ambos os turnos foram registrados TBS mais elevadas e RH mais baixas, se comparadas com a rua Jundiaí, como no Ponto 7, com RH de 59,8%. Para o turno da manhã, todas as temperaturas do ar foram acima de 32°C, sendo o valor mais elevado no cruzamento da rua Apodi com a Av. Hermes da Fonseca (Ponto 10), região que não possui sombreamento arbóreo, além de ser um cruzamento de grande fluxo veicular e sinal de trânsito que pode acarretar elevação das temperaturas pelo calor gerado pelos veículos.

Pelas fotos panorâmicas (Figuras 8 e 9) é perceptível a menor cobertura de vegetação e consequente sombreamento das superfícies, que tornam as temperaturas do ar na rua Jundiaí menores e na rua Apodi mais elevadas, principalmente, para o turno da manhã.

Figura 8: Fotos panorâmicas das quadras da Rua Jundiaí - Sentido Av. Hermes da Fonseca (P1) a Av. Prudente de Morais (P5).



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Figura 9: Fotos panorâmicas das quadras da Rua Apodi - Sentido Av. Prudente de Morais (P6) a Av. Hermes da Fonsêca (P10).



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Considerações Finais

Conclui-se que a metodologia do transecto móvel conseguiu identificar, com as variáveis analisadas, que nas áreas com maior supressão vegetal há maior desconforto térmico do que nas áreas mais arborizadas. O estudo recomenda medições em outros horários e estações do ano

para uma análise mais aprofundada. Além disso, recomenda-se aos gestores do planejamento urbano a discussão sobre a importância de se estabelecer a ampliação das áreas verdes e arborização urbana, pois com o sombreamento e a evapotranspiração das plantas proporcionarão condições atmosféricas mais favoráveis ao conforto térmico.

Agradecimentos

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) pelas bolsas concedidas.

Referências

Araújo, Eduardo H. S.; Martins, Themis L. F.; Araújo, Virgínia M. D. **Tratamento de dados climáticos para o projeto térmico de edificações em Natal – RN**. Natal: EDUFRN, 1998.

Ferreira, Angela; Dantas, George. Plano Palumbo: Preparando a cidade de Natal para o Futuro. In: **Anais V Seminário de História da Cidade e do Urbanismo**. Pontifícia Universidade Católica de Campinas, 2012.

Guimarães Rodrigues, M.; Gonçalves, P. H.; Sartori Ziebell, C.; Meira Engel, E. R.; Frederico e Silva, C. Padronização e análise de ilha de calor urbano: coleta de dados com sistema móvel em Goiânia-GO. **IMPACT Projects**, 3(2), 181–200, 2024.

Hirashima, S. Q. S.; Assis, E. S. Confecção e aferição de termômetro de globo e abrigo meteorológico para medição de variáveis climáticas em ambientes externos. In: **Anais do XI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído**, 2011, Búzios – RJ. Porto Alegre: ANTAC, 2011.

Lima, L. O. S.; Ascurra, R. E.; Valin Jr, M. O.; Santos, F. M. M. Análise por meio de transecto móvel das ilhas de calor e de frescor na região do Coxipó em Cuiabá – MT (Brasil). **E&Amp; S Engineering and Science**, 10(3), 46–60, 2021.

Specht, K.; Siebert, R.; Hartmann, I. *et al*. Urban agriculture of the future: an overview of sustainability aspects of food production in and on buildings. **Agric Hum Values**, 31, 33–51, 2014.

Teixeira, D. C. F.; Amorim, M. C. C. T. O clima urbano das cidades de pequeno porte do Oeste Paulista: análise das características térmicas de Presidente Venceslau, Santo Anastácio e Álvares Machado, Brasil. ***Revista Brasileira de Climatologia*****,** *30*(18), 753–776, 2022.

Valin Júnior, M. O.; Santos, F. M. M. Levantamento bibliográfico da utilização de transectos em pesquisas de clima urbano no brasil e recomendações de padronização nos procedimentos. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S. l.], v. 26, 2020.

Vidal, B. S.; Andrade, K. O. F; Souza, B. S.; Castro, L. F. O clima urbano na metrópole manauara: diferenças termohigrométricas no bairro do Coroado, Manaus-AM. ***Revista Verde Grande: Geografia e Interdisciplinaridade***, 5(2), 152–173, 2023.