

LAÍSSA FERREIRA CARVALHO

**A INFLUÊNCIA DE DIFERENTES ESPÉCIES ARBÓREAS NO MICROCLIMA
URBANO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientadora: Angeline Martini

Coorientador: Paulo Roberto Cecon

**VIÇOSA – MINAS GERAIS
2021**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

C331i
2021 Carvalho, Laíssa Ferreira, 1993-
A influência de diferentes espécies arbóreas no microclima urbano / Laíssa Ferreira Carvalho. – Viçosa, MG, 2021.
1 dissertação eletrônica (96 f.): il. (algumas color.).

Inclui apêndices.

Orientador: Angeline Martini.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Engenharia Florestal, 2021.

Referências bibliográficas: f. 78-89.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2021.263>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Arborização urbana. 2. Climatologia urbana. 3. Natureza e civilização. 4. Temperatura. 5. Umidade. 6. Vento. I. Martini, Angeline, 1988-. II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Florestal. Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal. III. Título.

CDO adapt. CDD 22. ed. 634.91812

Bibliotecário(a) responsável: Alice Regina Pinto CRB6 2523

LAÍSSA FERREIRA CARVALHO

**A INFLUÊNCIA DE DIFERENTES ESPÉCIES ARBÓREAS NO MICROCLIMA
URBANO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 05 de novembro de 2021.

Assentimento:



Laíssa Ferreira Carvalho
Autora



Angeline Martini
Orientadora

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por guiar os meus caminhos e cuidar de mim em todos os momentos da minha vida. E, principalmente, por me conceder a graça de passar pela pandemia sem perder alguém da minha família ou amigos.

Aos meus pais, Geraldo e Rita de Cássia, fonte de amor, carinho, orações, apoio e por sempre acreditarem em mim. Ao meu irmão e minha cunhada, Marcus Vinícius e Michelle, pela amizade e parceria. E, ao André, pelo amor, companheirismo, incentivo e porto seguro.

Um agradecimento muito especial ao meu pai e ao André, que me ajudaram muito e foram essenciais em todas as coletas de dados em campo.

À minha orientadora Angeline, pelas contribuições grandiosas ao decorrer da pesquisa, pela paciência, dedicação, ensinamentos e bom relacionamento durante esse tempo.

Ao meu coorientador Paulo Roberto Cecon, por toda contribuição, boa vontade e disponibilidade sempre que preciso.

À banca, Luciana Leal e Alexandre França Tetto, pelas correções e contribuições para o aperfeiçoamento do trabalho.

À Universidade Federal de Viçosa, ao Departamento de Engenharia Florestal e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, pela oportunidade de realização do mestrado. Aos professores que fizeram parte da minha trajetória. E, aos funcionários, especialmente ao Alexandre, por sempre ajudar a todos com muita paciência.

Aos amigos de vida pelo companheirismo, mesmo que de longe, nesse momento. E aos colegas do “Laboratório do futuro”, mesmo que pela pouca convivência, conseguiram fazer parte da minha trajetória neste tempo.

Ao CNPQ pela concessão da bolsa.

A todos que de alguma forma contribuíram e torceram por mim.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Muito obrigada!

RESUMO

CARVALHO, Laíssa Ferreira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 2021. **A influência de diferentes espécies arbóreas no microclima urbano**. Orientadora: Angeline Martini. Coorientador: Paulo Roberto Cecon.

O processo de urbanização e as mudanças microclimáticas vem causando muitas alterações no microclima das cidades, como na temperatura do ar, umidade relativa e precipitações. Por isso, uma medida importante na ajuda da mitigação desses fatores é a floresta urbana, que ajuda as cidades a se tornarem mais sustentáveis e resilientes, configurando o que se denomina atualmente como solução baseada na natureza (SbN). O objetivo deste estudo foi analisar a influência de diferentes espécies arbóreas no microclima da cidade de Viçosa-MG, para identificar quais espécies utilizadas na arborização promovem maior benefício microclimático. Além de avaliar se há alteração no benefício em diferentes períodos do dia e do ano, analisar o raio de influência de cada espécie e determinar quais características arbóreas influenciam de forma mais expressiva na melhoria do microclima. A metodologia consistiu na escolha de 33 indivíduos arbóreos, de 11 espécies comumente utilizadas na arborização urbana. As coletas de dados foram realizadas seguindo a metodologia do transecto móvel, onde um conjunto de aparelhos permaneceu embaixo da copa da árvore o outro conjunto foi utilizado por um pesquisador que caminhava a distâncias de 0, 5, 10, 15, 20 e 25 m (considerado como o ambiente “céu aberto”), medindo simultaneamente as variáveis temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do vento. Esse procedimento foi feito em três diferentes horários do dia (às 9, 15 e 19h), e em três diferentes períodos do ano (I – temperaturas mais baixas e sem precipitação, II – temperaturas mais elevadas e sem precipitação, III – temperaturas mais altas e com precipitação). Os resultados mostraram que o ambiente embaixo da copa das árvores era diferente do ambiente a céu aberto. Observou-se que as árvores, de forma geral, diminuem a temperatura em 2,37 °C e aumentam a umidade relativa em 4,85 unidades, sendo que cada espécie apresenta um valor diferente. Notou-se também, que às 19h foi quando houve uma menor diferença entre os ambientes, e embora tenha diferença estatística entre às 9 e 15h, a análise realizada por espécie não indicou essa evidência. Para os diferentes períodos do ano, a redução da temperatura e aumento da umidade relativa foi observada em todos os períodos, sendo mais evidente do período I (temperaturas mais baixas e sem precipitação). As espécies que promoveram melhoria microclimática mais expressiva foram *Filicium decipiens* e *Handroanthus serratifolius*. O raio de influência dos indivíduos arbóreos, de modo geral, foi

de 25 m (última distância estudada) para a temperatura e de 5 m para a umidade relativa, com variações de acordo com as espécies. As variáveis microclimáticas e dendrométricas obtiveram baixas correlações umas com as outras, mostrando que a melhoria microclimática não depende apenas de uma variável isolada. Foi possível observar com este estudo a importância da floresta urbana na melhoria do microclima, promovendo qualidade de vida para a população, mesmo sendo uma árvore isolada. Este tipo de pesquisa é importante na compreensão da importância do uso das espécies mais adequadas para cada tipo de situação, buscando a otimização dos serviços ecossistêmicos desse patrimônio natural.

Palavras-chave: Arborização urbana. SbN. Benefício microclimático. Temperatura. Umidade relativa. Vento.

ABSTRACT

CARVALHO, Laíssa Ferreira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, November, 2021. **The influence of different trees species on the urban microclimate.** Adviser: Angeline Martini. Co-adviser: Paulo Roberto Cecon.

The process of urbanization and microclimatic changes has caused many changes in the microclimate of cities, such as air temperature, relative humidity and precipitation. Therefore, an important measure in helping to mitigate these factors is the urban forest, which also helps cities to become more sustainable and resilient, configuring what is currently called a nature-based solution (NBS). The objective of this study was to analyze the influence of different tree species on the microclimate of the city of Viçosa-MG to identify which species used in afforestation promote greater microclimatic benefit. In addition, assessing whether there is benefit change at different times of the day and year, analyze the radius of influence of each species, and determine which tree characteristics have the most significant influence on improving the microclimate. The methodology consisted of the selection of 33 individuals of 11 species commonly used in urban forestry. Data were collected following the mobile transect methodology, where one set of devices remained under the crown of the tree and the other set was used by a researcher walking at distances of 0, 5, 10, 15, 20, and 25 m (considered the “open sky” environment), simultaneously measuring the variables air temperature, relative humidity, and wind speed. This procedure was done at three different times of the day (9 am, 3 pm, and 7 pm) and at three different times of the year (I - lower temperatures and no precipitation, II - higher temperatures and no precipitation, III - higher temperatures and precipitation). The results showed that the environment under the canopy was different from the open sky environment. It was observed that the trees, in general, decrease the temperature by 2.37 °C and increase the relative humidity by 4.85 units, with each species presenting a different value. It was also noted that at 7 pm was when there was a smaller difference between the environments, and although there was a statistical difference between 9 am and 3 pm, the analysis performed by species did not indicate this evidence. For the different periods of the year, the reduction in temperature and the increase in relative humidity were observed in all periods, more evidently in period I (lower temperatures and no precipitation). The species that promoted the most significant microclimatic improvement were *Filicium decipiens* and *Handroanthus serratifolius*. The radius of influence of the arboreal individuals, in general, was 25 m (last distance studied) for temperature and 5 m for relative humidity, with variations

according to species. The microclimatic and dendrometric variables had low correlations with each other, showing that the microclimatic improvement does not depend only on an isolated variable. It was possible to observe with this study the importance of the urban forest in improving the microclimate, promoting a better quality of life for the population, even though it is an isolated tree. This type of research is essential in understanding the importance of using the best species for each type of situation, seeking to optimize the ecosystem services of this natural heritage.

Keywords: Urban afforestation. NBS. Microclimatic benefit. Temperature. Relative humidity. Wind.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Localização da área de estudo: o <i>campus</i> da Universidade Federal de Viçosa (UFV).	27
Figura 2. Exemplares das espécies selecionadas: a. <i>Bauhinia variegata</i> , b. <i>Caesalpinia pluviosa</i> , c. <i>Delonix regia</i> , d. <i>Filicium decipiens</i> , e. <i>Handroanthus impetiginosus</i> , f. <i>Handroanthus serratifolius</i> , g. <i>Lagerstroemia indica</i> , h. <i>Libidibia ferrea</i> , i. <i>Licania tomentosa</i> , j. <i>Spathodea campanulata</i> e k. <i>Terminalia catappa</i>	32
Figura 3. Caracterização meteorológica do ano estudado (junho/2020 a maio/2021), de acordo com a estação meteorológica de Viçosa.	34
Figura 4. Esquema para demonstração do caminhamento de acordo com a metodologia do transecto móvel, para a coleta de dados meteorológicos.	35
Figura 5. Medidor de estresse térmico AK887 e anemômetro digital AK800A (A); e os equipamentos instalados em campo (B).	36
Figura 6. Medição da altura total da árvore utilizando uma vara graduada.	37
Figura 7. Medição da circunferência à altura do peito (CAP).	38
Figura 8. Valores médios, mínimos e máximos da temperatura (T °C), umidade relativa do ar (UR%) e velocidade do vento (VV m/s) registrados embaixo da copa e a céu aberto.	43
Figura 9. Valores médios, mínimos e máximos das diferenças de temperatura do ar (T °C), umidade relativa do ar (UR unidades) e velocidade do vento (VV m/s) registrados nos ambientes a céu aberto e embaixo da copa, para cada espécie.	46
Figura 10. Valores médios, mínimos e máximos das diferenças das variáveis temperatura (T °C), umidade relativa do ar (UR unidades) e velocidade do vento (VV m/s) para os três diferentes horários estudados (9, 15 e 19h).	52
Figura 11. Comportamento da diferença de temperatura nos três diferentes horários estudados (9, 15 e 19h), para cada espécie.	54
Figura 12. Valores médios em relação ao dia e à noite, de acordo com as diferenças de temperatura (T °C), umidade relativa do ar (UR unidades) e velocidade do vento (VV m/s).	56
Figura 13. Comportamento das variáveis temperatura (T °C), umidade relativa do ar (UR unidades) e velocidade do vento (VV m/s) para os diferentes períodos do ano (I – temperaturas mais baixas e sem precipitação, II – temperaturas mais elevadas e sem precipitação, e III – temperaturas mais elevadas e com precipitação).	60
Figura 14. Valores médios das diferenças de temperatura do ar (T °C), umidade relativa do ar (UR unidades) e velocidade do vento (VV m/s) de cada espécie para os diferentes períodos do	

ano (I – temperaturas mais baixas e sem precipitação, II – temperaturas mais elevadas e sem precipitação, e III – temperaturas mais elevadas e com precipitação). 64

Figura 15. Valores médios da diferença de temperatura do ar (T °C) e umidade relativa do ar (UR unidades) percorrido pelo transecto móvel para determinação do raio de influência de cada espécie – indicado pela seta..... 71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização dos 33 indivíduos arbóreos, das 11 diferentes espécies, selecionadas para a pesquisa no campus da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa-MG.....	30
Tabela 2. Datas de coleta de dados em campo para os dados meteorológicos em cada período estudado.	34
Tabela 3. Comparação dos valores médios das variáveis microclimáticas temperatura (T °C), umidade relativa do ar (UR%) e velocidade do vento (VV m/s) a céu aberto e embaixo da copa, pelo teste “t”.	42
Tabela 4. Comparação dos valores médios das diferenças (entre céu aberto e embaixo da copa) das variáveis temperatura do ar (T °C), umidade relativa do ar (UR unidades) e velocidade do vento (VV m/s) para cada espécie, pelo teste Tukey.....	49
Tabela 5. Comparação dos valores médios das diferenças entre os ambientes embaixo da copa e a céu aberto das variáveis temperatura (T °C), umidade relativa do ar (UR unidades) e velocidade do vento (VV m/s) para os três diferentes horários estudados (9, 15 e 19h).	53
Tabela 6. Comparação dos valores médias das diferenças das variáveis temperatura (T °C), umidade relativa do ar (UR unidades) e velocidade do vento (VV m/s) de cada espécie, nos três diferentes horários estudados (9, 15 e 19h).	58
Tabela 7. Comparação entre os valores das diferenças das variáveis temperatura (T °C), umidade relativa do ar (UR unidades) e velocidade do vento (VV m/s) para os diferentes períodos do ano (I – temperaturas mais baixas e sem precipitação, II – temperaturas mais elevadas e sem precipitação, e III – temperaturas mais elevadas e com precipitação).	61
Tabela 8. Comparação dos valores médios das diferenças das variáveis temperatura do ar (T °C), umidade relativa do ar (UR unidades) e velocidade do vento (VV m/s) de cada espécie para os diferentes períodos do ano (I – temperaturas mais baixas e sem precipitação, II – temperaturas mais elevadas e sem precipitação, e III – temperaturas mais elevadas e com precipitação).	68
Tabela 9. Análise da correlação de Pearson entre as variáveis dendrométricas e os valores médios da diferença das variáveis microclimáticas (T, UR e VV) de cada indivíduo arbóreo.	75

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 OBJETIVO GERAL.....	15
1.1.1 Objetivos específicos.....	15
2 REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 O DESENVOLVIMENTO DAS CIDADES E A BUSCA POR QUALIDADE DE VIDA.....	16
2.1.1 O processo de urbanização	16
2.1.2 O papel da vegetação nas áreas urbanas	17
2.1.3 As soluções baseadas na natureza (SbN)	18
2.2 O IMPACTO DA VEGETAÇÃO NAS MUDANÇAS MICROCLIMÁTICAS.....	19
2.2.1 As mudanças no microclima	19
2.2.2 O microclima urbano: definição e características	22
2.2.3 Como a vegetação influencia na melhoria microclimática	24
3 MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1 ÁREA DE ESTUDO	27
3.1.1 Caracterização geral.....	27
3.1.2 Caracterização climática.....	28
3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	29
3.2.1 Seleção das espécies e exemplares arbóreos	29
3.2.2 Coleta de dados meteorológicos.....	33
3.2.3 Coleta de dados das variáveis dendrométricas	37
3.2.4 Processamento dos dados	40
4 RESULTADO E DISCUSSÃO.....	42
4.1 INFLUÊNCIA DAS ÁRVORES NAS CONDIÇÕES MICROCLIMÁTICAS.....	42
4.1.1 Benefício microclimático da arborização	42
4.1.2 Benefício microclimático de espécies arbóreas	45
4.2 INFLUÊNCIA DAS ESPÉCIES ARBÓREAS EM DIFERENTES HORAS DO DIA.....	51
4.2.1 Análise geral da arborização	51
4.2.2 Análise por espécie.....	57
4.3 BENEFÍCIO MICROCLIMÁTICO DAS ESPÉCIES EM DIFERENTES PERÍODOS DO ANO.....	59
4.3.1 Análise geral da arborização	59
4.3.2 Análise por espécie.....	63

4.4 RAI0 DE INFLUÊNCIA EXERCIDO POR CADA ESPÉCIE EM SEU ENTORNO IMEDIATO... ..	70
4.5 CARACTERÍSTICAS DAS ÁRVORES QUE MAIS INFLUENCIARAM NA MELHORIA MICROCLIMÁTICA.....	74
5 CONCLUSÃO.....	77
REFERÊNCIAS	78
APÊNDICE	90

1 INTRODUÇÃO

A urbanização é um fenômeno de grande crescimento em todo o mundo devido ao aumento populacional. Segundo as estimativas das Nações Unidas (2018), a proporção da população urbana global deve aumentar de 55 para 68% até 2050, estimando mais de seis bilhões de pessoas em áreas urbanas.

Esse fenômeno e todas as suas consequências acabam modificando o ambiente, pois com a falta de planejamento da maioria das cidades em todo o mundo, ocorre o crescimento de grandes áreas pavimentadas e conseqüentemente uma diminuição das áreas verdes (CHU; LIN; CHIUEH, 2017). Toda essa mudança no ambiente gera também uma alteração no microclima, que tem relação com a temperatura, umidade relativa do ar e com as precipitações.

Além disso, ainda há um cenário agravante referente às mudanças climáticas, onde as cidades frequentemente são apostadas como os locais onde os impactos serão mais percebidos, tornando-se crescente a necessidade de encontrar estratégias para orientar os gestores e planejadores urbanos.

Com isso, uma medida de destaque para a mitigação dos diversos fatores negativos da urbanização e do seu microclima resultante é a arborização urbana. As árvores, que compõem a floresta urbana, são consideradas como reguladores climáticos, atuando de forma natural para a estabilização do microclima (PINHEIRO; SOUZA, 2017). A melhoria nos valores de temperatura e umidade relativa promovidos por áreas com cobertura arbórea já foram comprovados em diversas pesquisas (ABREU, 2008; HERRMANN, 2008; SHINZATO, 2009; LEAL, 2012; MARTINI; BIONDI; BATISTA, 2013a, 2014, 2018; DUARTE, 2015; PÉREZ, 2017).

Aliado a isso, tem-se as soluções baseadas na natureza (SbN), que ajudam a promover as florestas urbanas, por usarem a biodiversidade como solução de problemas, com uma economia mais ligada à natureza, tornando as cidades mais sustentáveis e resilientes (HERZOG; ROZADO, 2019). O uso das florestas urbanas, como uma SbN, faz com que as cidades consigam se adaptar melhor a fim de suportar os impactos causados pela urbanização e pelas mudanças microclimáticas.

Dentro das florestas urbanas, há diversas espécies com diferentes características que influenciam no microclima, como tamanho das folhas, densidade e tamanho da copa, área de projeção da copa, altura total e de copa, índice de área foliar e vitalidade dos indivíduos (ZHANG; LV; PAN, 2013; MOSER et al., 2016; SANUSI et al., 2017; RAHMAN et al., 2018; WANG et al., 2018). As espécies podem ter comportamento distinto em diferentes épocas do

ano e tipos de clima. E, além disso, o grau de urbanização de cada cidade também pode influenciar no benefício proporcionado pelos indivíduos arbóreos. O modo que a vegetação influencia no microclima e gera benefícios é resultado de diversos fatores, tanto relacionados às árvores, quanto ao meio.

Diante disso, os estudos que envolvem a arborização de ambientes urbanos são imprescindíveis para o ambiente a nível urbano. Compreender a influência da arborização no microclima é importante para os gestores do meio urbano tomarem decisões para o planejamento e manutenção deste patrimônio natural, como conhecer quais espécies usadas na arborização das cidades promovem um melhor desempenho quanto à melhoria microclimática, ajudando as cidades a se tornarem mais resilientes às mudanças microclimáticas, e melhorando a qualidade de vida desses ambientes para os habitantes.

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral desse estudo foi analisar a influência de diferentes espécies arbóreas no microclima urbano da cidade de Viçosa-MG, para identificar quais espécies utilizadas na arborização promovem maior benefício microclimático.

1.1.1 Objetivos específicos

Os objetivos específicos foram:

- I. Quantificar o benefício microclimático promovido por diferentes espécies arbóreas nas variáveis meteorológicas temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento;
- II. Avaliar se há alteração na intensidade do benefício microclimático em diferentes períodos do dia (manhã, tarde e noite);
- III. Identificar o comportamento microclimático das espécies em diferentes períodos do ano (temperaturas mais elevadas, temperaturas mais baixas, com precipitação e sem precipitação);
- IV. Analisar o raio de influência microclimática proporcionado por cada espécie no entorno imediato;
- V. Determinar quais características das árvores influenciam de forma mais expressiva na melhoria microclimática.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O DESENVOLVIMENTO DAS CIDADES E A BUSCA POR QUALIDADE DE VIDA

2.1.1 O processo de urbanização

O processo de urbanização aconteceu de diferentes maneiras pelo mundo, variando de acordo com o contexto de cada região. Nos países considerados desenvolvidos, ocorreu de forma planejada, mas no Brasil foi de forma rápida e intensa por consequência de alguns fatores, como: industrialização, êxodo rural e busca por melhores condições de vida (PIMENTEL; FERREIRA, 2019).

O crescimento populacional e, conseqüentemente, o adensamento urbano, são processos que ocorrem de forma natural (SANTOS; RUFINO; BARROS FILHO, 2017). Segundo as estimativas das Nações Unidas (2018), a proporção da população urbana global deve aumentar de 55 para 68% até 2050, estimando mais de seis bilhões de pessoas em áreas urbanas.

Embora esse processo de urbanização traga estilos de vidas modernos e convenientes, promove também a deterioração contínua do ambiente (SUN et al., 2017), como a substituição das superfícies por revestimentos impermeáveis, redução de áreas verdes, alterações no albedo e na rugosidade das superfícies, emissão de poluentes e canalização de corpos hídricos (CHU; LIN; CHIUEH, 2017).

Tal insustentabilidade da urbanização acarretou diversas transformações na paisagem, causando impactos no funcionamento do sistema urbano. Notou-se, com o tempo, que ao aumentar a quantidade de edificações, o ambiente se tornou menos favorável ao homem, principalmente climaticamente (BARBIRATO; SOUZA; TORRES, 2007). Muitas cidades tornaram-se ameaçadas por diversos problemas, como: inundações, deslizamentos de terra mais frequentes e de maiores dimensões, secas, escassez de água, poluição e seca do ar. E, além disso, pelos efeitos das ilhas de calor, que provocam conseqüências negativas de maneira rápida (HERZOG; ROZADO, 2019), onde a temperatura, a umidade relativa e o movimento do ar foram afetados consideravelmente (BARBIRATO; SOUZA; TORRES, 2007).

O crescimento das cidades aconteceu sem um olhar ambiental, sem a preocupação com à salubridade do ambiente urbano. Assim, para garantir a qualidade de vida da população presente e futura, o planejamento urbanístico tornou-se essencial (SANTOS; RUFINO; BARROS FILHO, 2017). Com destaque nas últimas décadas, esse planejamento tem se curvado principalmente na direção do desenvolvimento sustentável, visto que as cidades consomem muitos recursos naturais e são as maiores fabricantes de poluição (SILVA; BARBOSA; DRACH, 2020).

Diante de todas as ameaças e a vulnerabilidade social, ambiental e econômica enfrentadas por qualquer cidade é importante destacar ainda, que as pequenas cidades são mais prejudicadas, por apresentarem uma maior dificuldade de acesso aos serviços e bem públicos (ROCHA, 2020).

2.1.2 O papel da vegetação nas áreas urbanas

A vegetação nas cidades é uma ferramenta frequentemente discutida pelos pesquisadores do ambiente urbano, a fim de melhorar a qualidade de vida e as condições do microclima e conforto ambiental. Essa vegetação atualmente recebe o nome de floresta urbana.

Entende-se como floresta urbana, qualquer cobertura vegetal situada no perímetro urbano, sendo ela de domínio particular ou público, podendo ser dividida em: áreas verdes (áreas verdes culturais e fragmentos florestais) e arborização viária (BIONDI, 2015). As florestas urbanas compreendem as árvores plantadas em calçadas, parques, praças, jardins, quintais, estacionamentos, cemitérios e bosques urbanos (ARAÚJO; ARAÚJO, 2011). Antigamente, o termo mais aceito no país era arborização urbana, que era utilizado para mencionar sobre a ação do plantio e manutenção de árvores, podendo ser realizadas individualmente ou em grupos (MAGALHÃES, 2006). A diferença básica entre as terminologias arborização urbana e floresta urbana, está apenas na mudança de visão do elemento árvore ao passar do individual para o coletivo (GONÇALVES, 2000).

A importância dada a floresta urbana tem sido evidenciada pelo aumento de pesquisas na área nos últimos anos. Muitos desses estudos na área de silvicultura urbana vêm destacando os notáveis benefícios da vegetação na modificação do microclima urbano, dentre outros fatores (GEORGI; ZAFIRIADIS, 2006; HUANG et al., 2008; ERELL, 2009; JAMES et al., 2009; JIM; CHEN, 2009; LÓIS; LABAKI; SANTOS, 2011; GILLNER et al., 2015; JIM; CHAN, 2016; SHASHUA-BAR; PEARLMUTTER; SHINZATO; DUARTE, 2018; FERREIRA; DUARTE, 2019).

Além da melhoria microclimática e de conforto térmico, a vegetação proporciona uma série de outros benefícios ambientais, sociais e econômicos. Alguns dos benefícios ambientais são: interceptação das chuvas, reduzindo o volume de enxurradas, contribuindo assim para o ciclo hidrológico e redistribuição de umidade (MCPHERSON; SIMPSON, 2002), melhora da qualidade do ar por meio da absorção de gás carbônico e liberação de oxigênio (MELO; LIRA FILHO; RODOLFO JÚNIOR, 2007), sombreamento, diminuição da poluição atmosférica e sonora e atenuação dos impactos ambientais (CARVALHO; NUCCI; VALASKI, 2010; PIRES et al., 2010; SOUZA; CARDOSO; SILVA, 2013), proteção do solo, redução dos extremos de

temperatura (ALBUQUERQUE; LOPES, 2016) e serve também como barreira física contra os ventos.

Os benefícios sociais destacam que o contato com a natureza reduz o estresse, a depressão e o déficit de atenção (BEYER et al., 2014; KAPLAN, 1995), promove o aumento do bem estar e diminuição da ansiedade (CHANG; CHEN, 2005; ELSADEK et al., 2013; TSUNETSUGU et al., 2013; WHITE et al., 2013; REKLAITIENE et al., 2014; HASSAN et al., 2018), melhora o emocional (SHIN et al., 2010; ELSADEK; FUJII, 2014; ELSADEK; SUN; FUJII, 2017), diminui o tempo de recuperação pós-cirúrgico (CHIESURA, 2004), os índices de câncer de pele e de partículas de poeira no ar (BOMFIM; GIOTTO; SILVA, 2018), e também gera o aumento da felicidade (MACKERRON; MOURATO, 2013).

Além disso, a vegetação proporciona benefícios econômicos, como a redução no consumo de energia para o resfriamento de ambientes construídos (PANDIT; LABAND, 2010). Laband (2009) encontrou resultados de 2,6 vezes mais consumo de energia para resfriar residências a pleno sol, se comparadas às residências em plena sombra, em Beauregard, Alabama-EUA.

Portanto, o planejamento das cidades, a arborização viária e a criação de parques são ferramentas eficientes para a promoção de uma melhoria microclimática nas regiões mais afetadas pelos impactos da urbanização (LEAL, 2012), além de potencializar os serviços ecossistêmicos fornecidos pelas florestas urbanas.

Os serviços ecossistêmicos podem ser definidos como benefícios da natureza para as pessoas. De modo geral, podem ser tratados como o conjunto de processos naturais dos ecossistemas, classificados como de provisão, sustentação, regulação ou culturais, capazes de manter e dar suporte à vida (MMA, 2020). As florestas urbanas são prestadoras desse serviço.

2.1.3 As soluções baseadas na natureza (SbN)

O termo “Soluções Baseadas na Natureza” (SbN) começou a ser utilizado e disseminado há pouco tempo, por meio de pesquisadores e organizações internacionais em vista de impulsionar a proteção e recuperação dos ecossistemas, procurando obter respostas de problemas consequentes da urbanização e das mudanças microclimáticas (DACOL; TISCHER, 2020).

A União Internacional para a Conservação da Natureza, IUCN (2020) define SbN como:

“Ações para proteger, usar, administrar e restaurar ecossistemas naturais ou modificados de forma sustentável, que enfrentem os desafios da sociedade, de forma eficaz e adaptável, proporcionando bem-estar humano e benefícios para biodiversidade.”

Os desafios sociais das SbN são mitigar as mudanças microclimáticas e ajudar as cidades a se adaptarem a essas mudanças, reduzir o risco de desastres ambientais, buscar um desenvolvimento social e econômico, saúde humana, segurança alimentar e hídrica, e buscar reverter a degradação dos ecossistemas e a perda da biodiversidade (IUCN, 2020). Além disso, são opções viáveis para cidades sustentáveis e resilientes, ajudando na concretização das agendas mundiais: os objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU), a nova agenda urbana (NAU) e a reduzir o risco de catástrofes (HERZOG; ROZADO, 2019).

As SbN conseguem oferecer oportunidades para o desenvolvimento de soluções inovadoras para a criação de novos cenários de desenvolvimento econômico e social, com a utilização da natureza em múltiplas escalas, a fim de proteger o que resta de ecossistemas e áreas verdes que produzem benefícios ecossistêmicos (HERZOG; ROZADO, 2019).

Algumas ações de SbN são consideradas opções viáveis e com bom custo-benefício, um exemplo disso são as florestas urbanas, que são valiosas para as cidades e sua população. Elas podem ajudar a poupar energia, utilizando elementos como sombra e evapotranspiração das árvores. Podem atenuar as emissões de gases de efeito estufa (GEE), utilizando as florestas urbanas como sumidouros de carbono, fazendo com que as cidades consigam se adaptar para suportar os impactos causados pelas mudanças microclimáticas (HERZOG; ROZADO, 2019). Melhoram as condições ambientais urbanas, reduzindo a temperatura, aumentando a permeabilidade do solo e a resiliência urbana a eventos extremos. Melhoram a saúde da população e qualidade de vida nos centros urbanos. Facilitam o contato das pessoas com as áreas naturais e são habitat para fauna local e migratória. Além de serem oportunidades para a comunicação e engajamento da sociedade, favorecendo todas as áreas protegidas (FUNDAÇÃO GRUPO BOTICÁRIO, 2020).

2.2 O IMPACTO DA VEGETAÇÃO NAS MUDANÇAS MICROCLIMÁTICAS

2.2.1 As mudanças no microclima

Ao mesmo tempo em que o mundo se ergue da crise sanitária e das crises econômicas provocadas pela COVID-19, tem-se também as crises ambientais, provocada pela destruição acelerada da natureza e da mudança microclimática (WEF, 2021). É importante destacar que a saúde da população está diretamente ligada com as condições ambientais. As mudanças micro e mesoclimáticas são um dos inúmeros problemas que afetam a saúde da população e comprometem a qualidade de vida nos centros urbanos (HERZOG; ROZADO, 2019).

As pessoas que vivem em áreas densamente urbanizadas sofrem de diversos problemas, sendo eles físicos e psicológicos. As mudanças microclimáticas agravam ainda mais esses problemas, devido à diminuição da biodiversidade, escassez de água potável, insegurança alimentar e perda de solo fértil (HERZOG; ROZADO, 2019). No entanto, a urbanização apareceu como uma ferramenta a ser considerada em relação às mudanças no microclima, apenas em 2007, quando os centros urbanos passaram a ser tema de estudo e foram incorporadas na política climática global, como agente causal e como alvo vulnerável (HEBBERT; JANKOVIC, 2013).

As mudanças climáticas podem ser definidas como alterações no clima que podem ser identificados por meio de dados estatísticos, pela alteração da média ou da variabilidade de suas propriedades, durante dez anos ou mais (IPCC, 2011), sendo de origem natural ou antrópica (IPCC, 2007). Tais alterações no clima vêm acompanhada de várias consequências, como: alterações no regime de chuva, problemas com o abastecimento de água, chuvas concentradas, enchentes, deslizamentos de terra, invasão do mar em áreas costeiras, entre outros (TADDEI, 2016).

A principal causa do aquecimento das cidades não é o efeito estufa, mas sim a diminuição da vegetação e as emissões do homem e de seus veículos, edificações e indústrias (STONE JR, 2012). Isso ocorre, porque nos centros urbanos, a vegetação é descartada para dar lugar aos equipamentos urbanos, as vias são impermeabilizadas, e a quantidade de pessoas e veículos são bem maiores do que em áreas rurais. Esses fatores contribuem para que ocorra um aquecimento da atmosfera local (PIMENTEL; FERREIRA, 2019). Ou seja, a mudança no uso do solo e as emissões de calor antropogênico nas cidades exercem maior influência do que a emissão de gases de efeito estufa (STONE JR, 2012).

O impacto da temperatura em áreas urbanas tem sido maior quando se compara aos arredores de áreas rurais – fenômeno conhecido como ilhas de calor - não só devido ao uso de diferentes materiais, mas também pela alteração dos ventos, poluição atmosférica, vários processos antrópicos, entre outros (ULPIANI et al., 2019).

Um exemplo, de menor escala, de que o aquecimento nas cidades estão realmente acontecendo é o estudo de Avila-Diaz et al. (2020), que mostra que a temperatura máxima anual, em Viçosa-MG, aumentou mais de 0,9 °C, em média, após 1992. O número de noites quentes aumentou mais de 6% de 1968 a 2017, principalmente depois de 1997. Houve uma tendência para o aumento da temperatura mínima (2,3 °C) nos últimos 50 anos; e Viçosa vem experimentando condições mais quentes ao longo do ano, enquanto ocorrem mais precipitações de grande volume no verão, em oposição ao inverno mais seco.

O IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas) e o IPBES (Plataforma Intergovernamental sobre Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos), que são painéis intergovernamentais da ONU, concluem que as mudanças climáticas e a perda da biodiversidade são ameaças para a humanidade, precisando ser combatidas em conjunto. Segundo o WEF (2021), as mudanças climáticas estão impactando todo o mundo, e é provável que aumente de forma não-linear. Aumento de temperaturas, interrupção de abastecimento de água e inundações poderão deslocar cerca de dezenas de milhões de migrantes ambientais. Em 2050, aproximadamente um bilhão de pessoas viverão em países que não têm capacidade de resistir às mudanças ecológicas esperadas.

Em maio de 2016, o governo federal brasileiro lançou o Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (PNA), visando a orientação de iniciativas para a gestão e a redução de riscos advindos dos efeitos das mudanças climáticas no médio e longo prazo, nas esferas sociais, econômicas e ambientais (DI GIULIO; MARTINS; LEMOS, 2016). O PNA foi criado a fim de estimular estados e municípios a se atentarem para a necessidade de investir em medidas de adaptação às mudanças do clima e aumentar sua resiliência (DI GIULIO, 2016). Tal ação é importante, visto que a adaptação climática depende da vontade pública em utilizar medidas adaptativas, além de disponibilidade e capacidade de implementar recursos já existentes (DI GIULIO et al., 2019). Porém, são poucas as cidades que possuem esse tema incorporado nas agendas locais (BARBIERI; FERREIRA; BARBI, 2018).

Diante de todas as consequências causadas pelas mudanças microclimáticas, há alguns anos, baseando-se em teorias científicas e evidências empíricas, cidades por todo o mundo vêm promovendo as florestas urbanas a fim de preservar a saúde da população, e melhorar as condições ambientais e econômicas (JIANG et al., 2015). Isto porque, já está claro que a intensidade da mudança micro e mesoclimática está relacionada à densidade da área construída e à presença de áreas verdes urbanas (BACK, 2016).

Não há um caminho claro para mitigar o aquecimento global sem investir na natureza. Limitar as mudanças no clima para níveis seguros necessita evitar/reduzir as emissões e remover/sequestrar o dióxido de carbono da atmosfera (WEF, 2021).

As mudanças climáticas são um desafio a ser enfrentado em todo o mundo, e, mesmo em uma escala menor, como nas cidades, já estão acontecendo as consequências dessas mudanças, afetando a vida de muitas pessoas. Por isso, as SbN (Soluções baseadas na Natureza) entram como proteção dos recursos naturais, mitigação de impactos das mudanças microclimáticas e preparação para a adaptação das cidades à todos esses efeitos (HERZOG; ROZADO, 2019).

2.2.2 O microclima urbano: definição e características

Muitos estudos sobre climatologia urbana evidenciam que as estruturas urbanas geram uma atmosfera local com características próprias, como temperatura do ar única, diferentemente das temperaturas encontradas nas áreas próximas (VASCONCELOS; ZAMPARONI, 2011).

As modificações das cidades ocorrem, principalmente, nas escalas micro e local, devido às transformações nas superfícies, que em geral, alteram a temperatura e mudam o fluxo dos ventos a umidade relativa do ar (GHENO, 2013).

De acordo com alguns autores, existem três níveis para a diferenciação das escalas climáticas (ALMEIDA JUNIOR, 2005; MASCARAÓ; MASCARAÓ, 2009; MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007; TONIETTO; MANDELLI, 2003):

- a) Macroclima: conhecido como clima original ou regional. Representa o clima médio que ocorre em um território relativamente vasto, necessitando de um conjunto de postos meteorológicos para sua caracterização de dados (TONIETTO; MANDELLI, 2003). Atinge distâncias maiores que 2000 km (ANDRADE, 2010);
- b) Mesoclima: que é uma situação particular no macroclima. Pode ser caracterizado através de dados de uma estação meteorológica, podendo avaliar as possibilidades de uma cultura, do clima de uma floresta ou de uma vertente (TONIETTO; MANDELLI, 2003). Atinge distâncias entre 10 e 2000 km (ANDRADE, 2010);
- c) Microclima: que representa as condições climáticas de uma superfície pequena (TONIETTO; MANDELLI, 2003). Sua extensão pode variar de alguns metros a 10 km (ANDRADE, 2010).

As estações meteorológicas são responsáveis pelos dados climáticos, apresentando dados sobre insolação, nebulosidade, precipitações, temperatura, umidade do ar, vento, entre outros. Os dados mesoclimáticos indicam as modificações do macroclima de uma localidade, como as interferências que ocorrem devido à topografia, onde a urbanização mudou as características. Já o microclima leva em conta as alterações a nível do edifício e do seu entorno imediato (GIACOMELI, 2013). Pode-se dizer que a cidade é formada por um mosaico de microclimas diferentes, e o mesmo fenômeno que confere características ao mesoclima urbano, encontram-se em miniaturas pela cidade (DUARTE; SERRA, 2003). O microclima consegue evidenciar quando fatores locais acentuam ou atenuam os fatores que tem origem externa, quando o fenômeno do microclima interfere de forma decisiva nas escalas maiores do clima (MASCARAÓ; MASCARAÓ, 2009).

Dentre todas as transformações ocorridas devido à urbanização, a transformação da superfície devido à supressão das áreas verdes foi inevitável para o crescimento das cidades,

alterando assim a paisagem urbana e os elementos meteorológicos nesse espaço construído, formando microclimas heterogêneos (FEITOSA et al., 2011; ROMERO et al., 2019).

Essa troca de áreas verdes por áreas construídas, geralmente elevam os índices de albedo, isso faz com que a superfície do solo passe a reter menos energia, aumentando a refletância. O volume de energia armazenado é proporcional ao equilíbrio térmico, mas há uma desorganização nesse mecanismo climático nas cidades. O calor nas paredes e tetos das construções se acumula durante o dia, na forma de energia, e à noite é liberada para a atmosfera. Em alguns casos, as temperaturas noturnas podem ser maiores em áreas arborizadas se comparadas às áreas abertas, pois as árvores funcionam como barreiras contra as correntes de ar (ROCHA; SOUZA; CASTILHO, 2011). Além disso, as diferenças no índice de fator de céu e nas propriedades térmicas, em relação ao armazenamento de calor, provocam as diferenças na diminuição da temperatura durante a noite. Durante o dia, as diferenças de radiação controlam tal efeito (HAMADA; OHTA, 2010). Esse processo de liberação de calor a noite, alimenta o fenômeno das ilhas de calor (CONTI, 2011).

As ilhas de calor são uma alteração no clima urbano significativa, afetam a condição microclimática aumentando a temperatura do ar, diminuindo a umidade relativa do ar, modificando as velocidades dos ventos e as precipitações pluviométricas (ROMERO et al., 2019). Algumas das causas desse fenômeno são a poluição do ar, alteração da cobertura vegetal, tipo de cobertura da superfície e a distribuição da verticalização urbana (NÓBREGA; VITAL, 2010). Caracterizado pelo aumento da temperatura, o fenômeno ocorre devido à alta quantidade de materiais absorventes de radiação solar, como o cimento, o asfalto, o concreto e o aço, materiais esses que emitem a radiação novamente na forma de calor (SAMPAIO; FARIA, 2014).

Áreas urbanas que possuem vegetação podem proporcionar microclimas mais frescos e criar ilhas de frescor urbanas (KONG et al., 2014), se contrapondo às ilhas de calor. Materiais construídos possuem uma condutividade maior, se comparado à vegetação, criando condições propícias ao aquecimento (LEAL, 2012), sendo, a cidade, geradora do seu próprio clima em escala local (AMORIM, 2010).

A falta dessa vegetação pode gerar uma diminuição de temperatura no inverno, isso ocorre porque os materiais construtivos utilizados têm facilidade de perder calor para o ambiente onde não há obstáculos naturais para segurá-lo (AKBARI; TAHA, 1992). No verão, a temperatura em áreas verdes consegue um maior efeito de resfriamento se comparado ao inverno (CHANG; LI; CHANG, 2007). A primavera e o outono são estações que compreendem

a transição climática, podendo apresentar características do inverno e do verão (SOUZA; BORSATO, 2011).

Para compreender o efeito microclimático ao decorrer do dia, é preciso analisar o comportamento do Sol, sabe-se que ele atinge a sua altura máxima no céu ao meio-dia, que é quando a superfície recebe uma maior quantidade de energia solar possível desse dia. Porém, a temperatura máxima do dia acontece algumas horas depois do meio-dia solar. Quando a radiação solar é maior do que a terrestre, a temperatura do ar aumenta, isso ocorre, aproximadamente, entre o nascer do Sol e às 15 horas. A partir do momento em que a terrestre é maior do que a solar, a temperatura diminui (YNOUE et al., 2017).

Avaliando o raio de influência de diferentes tipologias de florestas urbanas, Martini (2016) constatou a importância de quantificar a distância desse benefício. Alguns estudos mostram que a vegetação pode manter seu resfriamento interno, além de beneficiar as áreas ao entorno, devido ao frescor que se estende pelas ruas e edifícios próximos, até uma determinada distância (FRYD; PAULEIT; BÜHLER, 2011; LIN et al., 2015; MARTINI, 2016). Por isso, entender essas nuances do benefício microclimático proporcionado pela vegetação se torna fundamental para garantir as melhorias futuras do planejamento urbano.

2.2.3 Como a vegetação influencia na melhoria microclimática

Vários estudos vêm mostrando que o aumento da vegetação urbana tem o poder de reduzir as temperaturas urbanas (WENG; LU; SCHUBRING, 2004; LI et al., 2011; FAN; MYINT; ZHENG, 2015; TAYYEBI; DARREL JENERETTE, 2016; ELMES et al., 2017; GUNAWARDENA; WELLS; KERSHAW, 2017; TRAN et al., 2017; ZHOU; WANG; CADENASSO, 2017) através de dois processos chaves: a evapotranspiração e o sombreamento (JIAO et al., 2017).

As árvores conseguem reduzir a temperatura do ambiente através do sombreamento por interceptarem a radiação solar e resfriando o ar ao redor das árvores (ADAMS; SMITH, 2014; ZHANG et al., 2014; KONG et al., 2016). Isso ocorre porque as folhas possuem baixo índice de reflexão, absorvem a radiação solar incidente e bloqueiam parte da radiação solar direta (BASSO; CORRÊA, 2014).

Os processos de evapotranspiração causam um controle termo higrométrico, através da redução do fluxo de calor sensível e aumento do fluxo de calor latente. A evapotranspiração é a chave para a diminuição da temperatura, consumindo energia da radiação solar e aumentando o fluxo de calor latente no lugar do fluxo de calor sensível (HATHWAY; SHARPLES, 2012).

Esse processo faz com que haja um resfriamento nas folhas e na temperatura aos arredores, conseguindo proporcionar temperaturas mais estáveis (BUENO, 2019).

Além disso, a vegetação proporciona porosidade à superfície, podendo aumentar a disponibilidade de armazenamento de água, disponibilizando-a para o resfriamento evaporativo (HATHWAY; SHARPLES, 2012). A evaporação da água do solo e a transpiração foliar aumentam a taxa de vapor atmosférico, melhorando também, a umidade relativa do ar (BARBIRATO; SOUZA; TORRES, 2007). De acordo com Nicodemo e Primavesi (2009), quando a temperatura se mantém mais baixa, há uma possibilidade maior da umidade relativa do ar se conservar em níveis mais adequados à saúde humana.

Já o fator vento, pode ainda, diminuir os efeitos das ilhas de calor. Quando o céu está totalmente claro e sem vento, a intensidade da ilha de calor atinge o máximo. Quando a atmosfera está instável, com vento, nebulosidade ou precipitação, a intensidade é mínima (PINHO; ORGAZ, 2000; KIM; BAIK, 2004, 2005; GARTLAND, 2010). Isso ocorre pelo fato de mais energia solar ser capturada em dias claros, e com ventos mais brandos removerem o calor mais lentamente, intensificando a ilha de calor (GARTLAND, 2010). Em condições de nebulosidade e vento, ocorre um ganho menor de radiação solar e uma maior mistura, diminuindo as diferenças de temperatura (GRIMMOND, 2007).

As árvores funcionam também como direcionadoras e distribuidoras de ventos, além de serem uma barreira acústica, o que é um fator desejável para diminuição da poluição sonora. Mascaraó e Mascaraó (2010) afirmam que a ventilação é importante no ambiente com espaços arquitetônicos e, conseqüentemente, na sensação térmica da população. Além disso, são responsáveis pela renovação do ar, fator essencial para a respiração humana. Os mesmos autores citam que as árvores também podem canalizar o vento e diminuir a sua força.

Para Abreu e Labaki (2010), conhecer o comportamento das espécies é essencial para incluir ações no planejamento e intervir nos espaços verdes, de modo a aproveitar da melhor forma possível os benefícios das árvores, sempre tendo em vista a melhoria da qualidade de vida da população. A diversidade das espécies vegetais colabora com a qualidade ambiental dos ambientes urbanos, com o efeito da filtragem de luz por diferentes estruturas da vegetação, bem como a variação dos componentes ambientais relacionados aos aspectos físicos e químicos durante as estações do ano (MASCARAÓ; MASCARAÓ, 2010).

Características de indivíduos arbóreos, como ângulo e tamanho das folhas (SANUSI et al., 2017), cor, densidade, espessura e estrutura das folhas (LIN; LIN, 2010), densidade e tamanho da copa (ZHANG; LV; PAN, 2013) também podem influenciar nas funções reguladoras. Wang et al. (2018) afirmam que as árvores de maior altura e maior área de projeção

da copa, conseguem um maior sombreamento, aumentando o resfriamento e a umidificação do interior das florestas. A copa bloqueia a radiação solar, aquecendo menos a superfície devido à menor radiação (LOUGHNER et al., 2012). A altura de copa modifica a movimentação do vapor d'água, alterando a umidade relativa do ar no entorno da árvore.

Alguns fatores biofísicos da estrutura das árvores possuem influência direta na troca de energia do sistema solo-vegetação-atmosfera, como as características da massa foliar, estimado através do Índice de Área Foliar (IAF) e o bloqueio da radiação solar, determinado pelo Índice de Sombreamento Arbóreo (ISA) (OLIVEIRA et al., 2013). Os mesmos autores analisaram esses índices em duas praças de Cuiabá e identificaram a influência do sombreamento pela cobertura arbórea na temperatura e na umidade relativa do ar, através do IAF e do ISA referente à área total das praças analisadas. Os resultados dos estudos de Rahman et al. (2018) constataram que, com o aumento do “*Leaf Area Index*” (LAI), a temperatura do asfalto diminui, independente das espécies arbóreas.

Outra questão importante é que a vitalidade das árvores também é importante na avaliação dos efeitos microclimáticos da vegetação urbana, pois árvores saudáveis fornecem plenamente seus benefícios ao clima. Quando há estresse hídrico e a temperatura do ar aumenta, as plantas passam por seca severa e estresse térmico (MOSER et al., 2016). Quando isso ocorre, as árvores fecham seus estômatos a fim de evitar a perda de água excessiva, que por sua vez diminui o fluxo de calor latente, aumenta a temperatura da folha e reduz o efeito do resfriamento no microclima urbano (MAY; LIVESLEY; SHEARS, 2013; SAVI et al., 2015). Desta forma, tal estratégia de defesa impede a acentuação de seus benefícios.

Por fim, a forma como a vegetação influencia no microclima e gera seus benefícios depende de uma série de fatores tanto relacionados a árvore quanto ao meio, sendo necessário o desenvolvimento de estudos capazes de esclarecer as particularidades destas interações. Com isso, será possível otimizar as ações de planejamento urbano em busca de promover maior qualidade de vida à população.

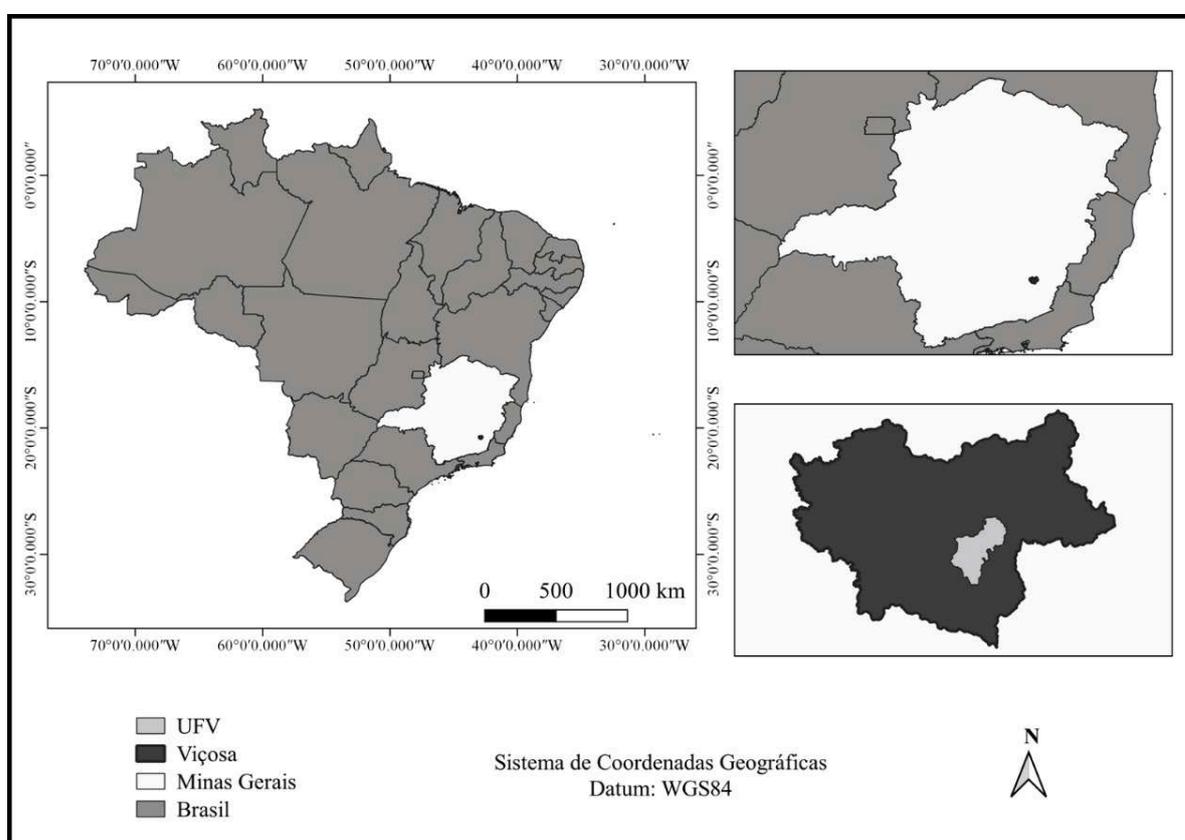
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

3.1.1 Caracterização geral

O estudo foi realizado no *campus* da Universidade Federal de Viçosa (Figura 1), na cidade de Viçosa – Minas Gerais, localizada nas coordenadas centrais 20° 45' 37" S e 42° 52' 04" O, com altitude de 649 m (PREFEITURA MUNICIPAL DE VIÇOSA, 2020).

Figura 1. Localização da área de estudo: o *campus* da Universidade Federal de Viçosa (UFV).



Fonte: A autora (2021).

Viçosa está inserida na região da Zona da Mata de Minas Gerais, com uma área territorial de 299.418 km² e população estimada para 2021 de 79.910 habitantes, o que resulta em uma densidade demográfica de 241,2 habitantes/km², sendo considerada uma cidade de pequeno porte (IBGE, 2021).

O município está inserido na bacia hidrográfica do Rio Doce, onde é abastecido pelo rio Turvo Sujo e pelo ribeirão São Bartolomeu (ROQUE, 2013). A cobertura vegetal local conta com remanescentes secundários de Floresta Estadual Semidecidual do bioma Mata Atlântica

(AGUIAR; TEIXEIRA, 2015), e possui 45,1% dos domicílios localizados em ruas com presença de arborização viária (IBGE, 2020).

O *campus* da universidade é considerado um dos mais bonitos do país, principalmente pela arborização presente. Dentre as principais espécies existentes na arborização estão: *Bauhinia variegata* L., *Caesalpinia pluviosa* DC., *Delonix regia* (Bojer ex Hook.) Raf, *Filicium decipiens* (Wight & Arn.) Thwaites, *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.O. Grose, *Lagerstroemia indica* L., *Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) L.P. Queiroz, *Licania tomentosa* (Benth.) Fritsch, *Michelia champaca* (L.), *Murraya paniculata* (L.) Jack, *Spathodea campanulata* P. Beauv., *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth, *Tibouchina granulosa* (Desr.) Cogn, entre outras.

3.1.2 Caracterização climática

O clima da cidade é classificado como Cwa - tropical de altitude - pela classificação de Köppen, caracterizado por períodos chuvosos no verão, e frio e seco no inverno (KOTTEK et al., 2006).

A temperatura média anual da cidade é de 19,3 °C, sendo fevereiro o mês mais quente do ano com média de 22,3 °C, seguido por janeiro, março e dezembro com temperaturas superiores a 21,0 °C, já os meses de junho, julho e agosto, que são os mais frios, apresentam, temperaturas médias abaixo de 17,0 °C (ROCHA; FIALHO, 2010).

A maior amplitude térmica é observada nas estações transitórias – outono e primavera. O período entre o final do inverno e o início da primavera (agosto a outubro) é caracterizado por uma maior variabilidade na temperatura máxima. Nos dias mais quentes, os valores são superiores a 28 °C, podendo atingir valores superiores a 36 °C nos meses de setembro e outubro (primavera), por estar associada à baixa incidência de nuvens e, conseqüentemente, maior incidência de radiação solar (AVILA-DIAZ et al., 2020).

A temperatura máxima anual em Viçosa aumentou mais de 0,9 °C, em média, após 1992. As temperaturas mínimas, apresentaram uma tendência significativa para o aumento em 2,3 °C nos últimos 50 anos. A temperatura média anual aumentou 1,5 °C após 1992, seguida de uma diminuição de 3% dos dias frio e um aumento de 6% de dias quentes. Além disso, o número de noites quentes aumentou mais de 6%, de 1968 a 2017, principalmente depois de 1997 (AVILA-DIAZ et al., 2020).

Para as temperaturas mínimas em Viçosa, houve um aumento de 0,86 a 3,4 °C entre os anos de 1961 e 2004, principalmente em janeiro e setembro (MINUZZI; VIANELLO; SEDIYAMA, 2010).

Em relação às precipitações, Viçosa é destaque em chuvas significativas no verão (dezembro, janeiro e fevereiro). Nesta temporada, ocorre cerca de 47,8% da precipitação anual total, com uma precipitação média de aproximadamente 254,8 mm em dezembro, 223,9 mm em janeiro e 123,9 mm em fevereiro. A cidade apresentou alta variação na precipitação anual, de 1968 a 2017, de 813 a 2.030 mm. Os valores acumulados de precipitação de abril a agosto não chegam a 50 mm, mas de outubro a março os valores médios mensais variam de 140 a 200 mm. Além disso, ocorreu um aumento na sequência de dias secos durante a primavera. Os eventos de precipitação em Viçosa, tornaram-se mais intensos e concentrados em um intervalo mais curto de tempo (AVILA-DIAZ et al., 2020).

No período de 1968 a 2015, Viçosa experimentou uma ligeira tendência de aumento de precipitação no verão e na primavera, uma redução significativa no inverno e quase nenhuma mudança no outono (SANCHES; FIALHO; QUINA, 2017).

Os ventos na cidade são predominantemente a noroeste (INMET, 2020) e possuem uma velocidade média de 2,94 m/s, sendo que os meses entre agosto e dezembro apresentam maiores médias, acima de 3,28 m/s (WEATHERSPARK, 2020).

3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.2.1 Seleção das espécies e exemplares arbóreos

A seleção das árvores amostradas foi realizada de acordo com os seguintes critérios: ser uma espécie comumente utilizada na arborização; ter disponibilidade de indivíduos suficientes, cuja as condições do entorno sejam favoráveis a pesquisa (ausência de obstáculos no entorno); apresentar qualidade fitossanitária e vigor adequado; apresentar características físicas apropriadas para as espécies (sem danos expressivos gerados por poda e desenvolvimento satisfatório); não apresentar interferência de sombras projetadas por outros indivíduos ou edifícios nos horários estabelecidos para a coleta; e priorizar que exemplares de uma mesma espécie estejam devidamente distanciados.

Com base nesses critérios foram selecionadas 33 árvores, de 11 espécies, com três indivíduos de cada espécie, em diferentes áreas do *campus* da UFV. As espécies selecionadas foram: *Bauhinia variegata* L., *Caesalpinia pluviosa* DC., *Delonix regia* (Bojer ex Hook.) Raf, *Filicium decipiens* (Wight & Arn.) Thwaites, *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos, *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.O. Grose, *Lagerstroemia indica* L., *Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) L. P. Queiroz, *Licania tomentosa* (Benth.) Fritsch, *Spathodea campanulata* P. Beauv., *Terminalia catappa* L., (.

Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização dos 33 indivíduos arbóreos, das 11 diferentes espécies, selecionadas para a pesquisa no *campus* da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa-MG.

Nome científico	Nome comum	O	CE	TC	DAP	Ht	Hc	Dc	Ac	Vc	Ab	LAI
<i>Bauhinia variegata</i>	Pata-de-vaca	E	S	D	0,44	9	7,0	8,00	50,24	502,65	9,60	3,37
					0,41	8	6,0	8,50	56,72	452,39	28,66	2,46
					0,41	10	8,0	9,25	67,17	716,28	22,36	2,45
<i>Caesalpinia pluviosa</i>	Sibipiruna	N	S	D	0,34	10	7,0	10,50	86,55	806,34	26,87	1,82
					0,44	11	6,0	12,50	122,66	980,18	23,48	2,38
					0,34	10	7,0	14,00	153,86	1436,76	18,26	2,91
<i>Delonix regia</i>	Flamboyant	E	S	P	0,68	7	4,0	14,00	153,86	804,25	47,00	1,07
					1,06	10	5,0	18,50	268,67	1790,71	10,51	4,39
					0,89	11	6,0	26,00	530,66	4222,30	34,10	1,38
<i>Filicium decipiens</i>	Felício	E	P	D	0,29	8	6,0	8,75	60,10	480,66	14,14	2,81
					0,38	11	9,0	11,50	103,82	1225,22	7,15	3,46
					0,35	11	9,0	12,50	122,66	1451,42	10,92	2,99
<i>Handroanthus impetiginosus</i>	Ipê-roxo	N	D	P	0,27	9	5,0	9,75	74,62	497,42	24,38	2,02
					0,43	12	5,0	12,00	113,04	748,75	26,39	3,48
					0,70	15	8,0	14,00	153,86	1642,01	39,54	1,95
<i>Handroanthus serratifolius</i>	Ipê-amarelo	N	D	P	0,18	6	3,5	6,00	28,26	131,95	27,00	1,82
					0,31	12	8,0	8,75	60,10	640,88	8,67	3,99
					0,43	14	10,0	10,00	78,50	1005,31	18,02	3,6
<i>Lagerstroemia indica</i>	Resedá	E	D	P	0,34	7	4,5	6,50	33,17	197,92	28,47	2,18
					0,27	7	5,0	7,00	38,47	251,33	18,52	2,84
					0,33	10	7,5	8,75	60,10	596,90	34,52	1,65
<i>Libidibia ferrea</i>	Pau-ferro	N	S	P	0,44	12	8,0	11,50	103,82	1105,84	23,69	4,08
					0,26	10	7,0	11,50	103,82	967,61	16,13	3,00
					1,04	22	16,0	17,50	240,41	5127,08	11,62	5,00
<i>Licania tomentosa</i>	Oitizeiro	N	P	D	0,44	11	5,0	10,00	78,50	522,29	12,29	3,77
					0,45	12	7,0	12,50	122,66	1128,88	22,52	2,76
					0,49	12	8,0	13,50	143,07	1507,96	9,52	4,59
<i>Spathodea campanulata</i>	Espatódea	E	P	D	0,48	11	7,0	11,00	94,99	886,98	26,31	2,31
					0,86	16	11,0	13,00	132,67	1946,74	37,84	1,92
					1,23	14	8,0	20,5	329,90	3518,58	26,52	2,57
<i>Terminalia catappa</i>	Castanheira	E	D	D	0,53	10	7,0	12,25	117,80	1088,56	24,00	2,52
					0,42	8	6,0	14,00	153,86	1225,22	16,04	3,01
					0,49	7	4,5	14,75	170,79	1022,59	29,01	1,55

Fonte: (LORENZI, 1992; LORENZI et al., 2003; A autora, 2021).

Nota: O = origem, N (nativa) E (exótica); CE = característica ecológica, P (perenifólia), D (decídua), S (Semidecídua); TC = tipo de copa, D (densa), P (pouco densa); DAP = diâmetro à altura do peito (m); Ht = altura total (m); Hc = altura de copa (m); Dc = diâmetro de copa (m); Ac = área de copa (m²); Vc = volume de copa (m³); Ab = abertura de copa (%); LAI = Índice de área foliar (m²/m²).

Bauhinia variegata (Figura 2a) é uma árvore de porte médio, copa cheia e baixa, ornamental, com atributos paisagísticos, principalmente para a arborização urbana. É uma das espécies mais comuns nas ruas da região sudeste do Brasil, sendo recomendada, também, para parques e jardins (LORENZI et al., 2003). Tal espécie se encontra, em terceiro lugar, na lista de espécies mais encontradas no campus da UFV (EISENLOHR et al., 2008).

Caesalpinia pluviosa (Figura 2b) é de grande porte, apresenta uma copa arredondada e vistosa, bastante ornamental, sendo uma das árvores nativas mais utilizadas para a arborização de ruas (LORENZI, 1992). Na Universidade Federal de Uberlândia, é a espécie mais abundante (FALEIRO; AMÂNCIO-PEREIRA, 2007).

Delonix regia (Figura 2c) é uma espécie florífera e ornamental, de grande porte e copa tipo guarda-chuva, arredondada e baixa, apropriada para o uso paisagístico onde tenha espaço, utilizada em parques e jardins em todo o Brasil (LORENZI et al., 2003). O flamboyant é a espécie mais abundante no bairro Vila Yolanda em Foz do Iguaçu-PR (TOSCAN et al., 2010).

Filicium decipiens (Figura 2d) é uma espécie de médio porte, de copa densa e arredondada, muito ornamental, sendo aproveitada para cultivo no paisagismo em geral, adequada para parques, grandes jardins, bem como para arborização de avenidas amplas (LORENZI et al., 2003). Esta espécie vem sendo empregada nos estacionamentos da UFV, pelo seu bom sombreamento.

Handroanthus impetiginosus (Figura 2e) é uma árvore de grande porte, copa arredondada, que fornece um espetáculo da natureza quando floresce, sendo uma das espécies mais utilizadas no paisagismo em geral, na arborização de ruas e avenidas. *Handroanthus serratifolius* (Figura 2f), com o seu florescimento exuberante, também é comumente empregado para o paisagismo em geral (LORENZI, 1992). Em Chapadão do Sul-MS, os ipês estão em quarto lugar na lista de mais frequentes na arborização urbana do bairro Flamboyant (PELEGRIM; LIMA; LIMA, 2012).

Lagerstroemia indica (Figura 2g) é de pequeno porte, de copa arredondada, bastante ornamental, pois tem uma intensa floração, sendo adequada para o uso paisagístico, na composição de parques, jardins e arborização de ruas. É considerada a principal espécie na arborização urbana do Sul do Brasil (LORENZI et al., 2003). Esta espécie ocupa a quarta colocação de espécies mais abundantes em vias da cidade de Mariópolis-PR, sendo frequentemente recomendada na arborização (SILVA et al., 2008).

Figura 2. Exemplos das espécies selecionadas: a. *Bauhinia variegata*, b. *Caesalpinia pluviosa*, c. *Delonix regia*, d. *Filicium decipiens*, e. *Handroanthus impetiginosus*, f. *Handroanthus serratifolius*, g. *Lagerstroemia indica*, h. *Libidibia ferrea*, i. *Licania tomentosa*, j. *Spathodea campanulata* e k. *Terminalia catappa*.



Fonte: A autora (2021).

Libidibia ferrea (Figura 2h) é uma espécie de grande porte e bastante ornamental, principalmente devido à sua copa arredondada e ampla, sendo muito empregada na arborização de ruas e avenidas (LORENZI, 1992). Esta espécie está entre as 10 mais encontradas em Brasília-DF (COSTA E LIMA; SILVA JÚNIOR, 2010).

Licania tomentosa (Figura 2i) é de porte médio, com copa frondosa e de formato globoso, que fornece uma ótima sombra, sendo plantadas em praças, jardins, ruas e avenidas (LORENZI, 1992). É a espécie mais utilizada em vias de acesso, estacionamentos e arboretos no campus da UFV (BRIANEZI et al., 2013; SILVA, 2019).

Spathodea campanulata (Figura 2j), árvore de uso ornamental, de grande porte e copa densa com ramagem vigorosa, é utilizada principalmente pela beleza de suas flores, que é apreciada pela população. Esse motivo, somado ao rápido crescimento, foram os principais fatores para a implantação dessa espécie em diversas cidades brasileiras (COSTA e LIMA; SILVA JÚNIOR, 2010). É a sétima espécie arbórea mais plantada no *campus* da UFV (BRIANEZI et al., 2013).

Terminalia catappa (Figura 2k) é uma espécie de grande porte, copa densa e ampla, com ramagens horizontais, sendo utilizada em parques e ao longo de praias, pelo bom sombreamento que proporciona (LORENZI et al., 2003). Em Campina Grande-PB, é a quarta espécie mais expressiva na arborização (DANTAS; SOUZA, 2004).

3.2.2 Coleta de dados meteorológicos

A coleta dos dados meteorológicos foi realizada em três diferentes períodos nos anos de 2020 e 2021, caracterizados como: I - baixa temperatura e ausência de precipitação (junho a agosto/2020), II - alta temperatura e ausência de precipitação (setembro e outubro/2020), III - alta temperatura e com ocorrência de precipitação (novembro/2020 a fevereiro/2021). Optou-se por estes períodos por entender que melhor representam a condição climática da cidade se comparado às estações do ano.

A definição destes períodos foi feita com base em uma análise meteorológica prévia, tendo como base os registros oficiais da estação meteorológica de Viçosa, no site do INMET, nos anos de 2015 a 2019. Esta análise também foi utilizada para definir o padrão ideal de coleta de dados, com base no valor de temperatura do ar. Assim, as coletas foram realizadas em dias que a previsão marcou temperatura mínima de pelo menos 12 °C para o período I e temperatura máxima de pelo menos 28 °C para os períodos II e III. Além disso, foi necessário a prerrogativa de céu limpo ou com poucas nuvens, e sem ocorrência de precipitação no dia da coleta (Tabela 2).

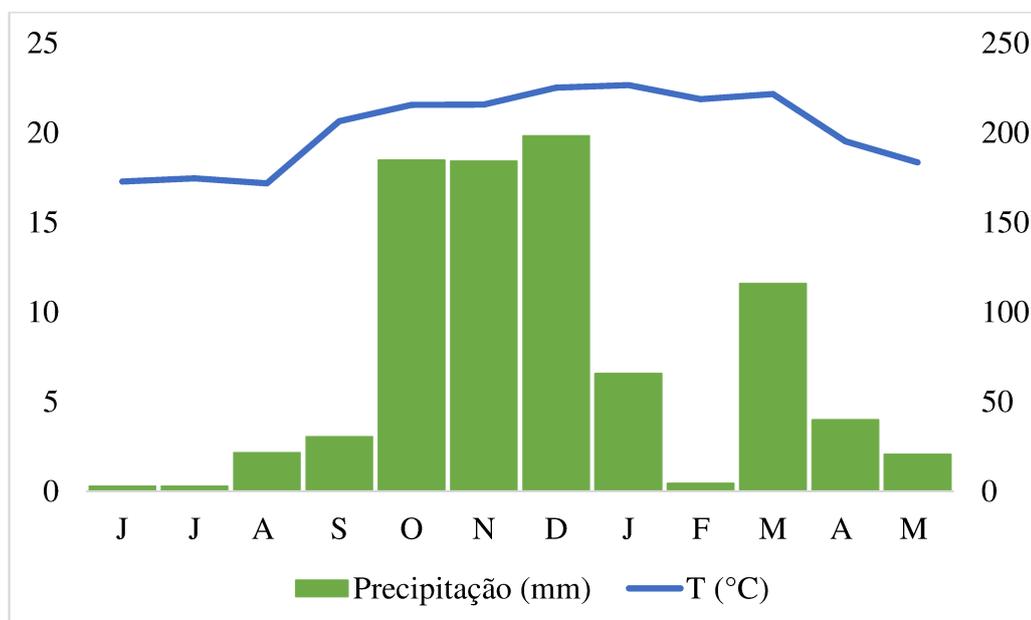
Tabela 2. Datas de coleta de dados em campo para os dados meteorológicos em cada período estudado.

Período	Descrição	Mês	Dias
I	Temperaturas mais baixas e sem precipitação	Julho	07, 09, 13, 14, 17, 23, 28 e 29
		Agosto	03 e 07
II	Temperaturas mais elevadas e sem precipitação	Setembro	04, 05, 07, 09, 11, 15 e 18
III	Temperaturas mais elevadas e com precipitação	Novembro	30
		Dezembro	14 e 16
		Janeiro	17, 18, 20, 27 e 28

Fonte: A autora (2021).

Os dados de temperatura média e precipitação acumulada da estação meteorológica de Viçosa (situada dentro da UFV) no ano estudado foram coletados no site do INMET para caracterização dos períodos (Figura 3). Vale ressaltar que o site não disponibilizou os dados de precipitação de 8 de janeiro a 26 de fevereiro, fazendo com que esses dois meses apresentassem precipitação menor do que o esperado.

Figura 3. Caracterização meteorológica do ano estudado (junho/2020 a maio/2021) de acordo com a estação meteorológica de Viçosa.



Fonte: INMET (2021).

Os horários das coletas foram às 9, 15 e 19h, com a duração máxima de 1 hora para cada período. Os horários das 9 e das 15h foram escolhidos por coincidirem com os indicados pela

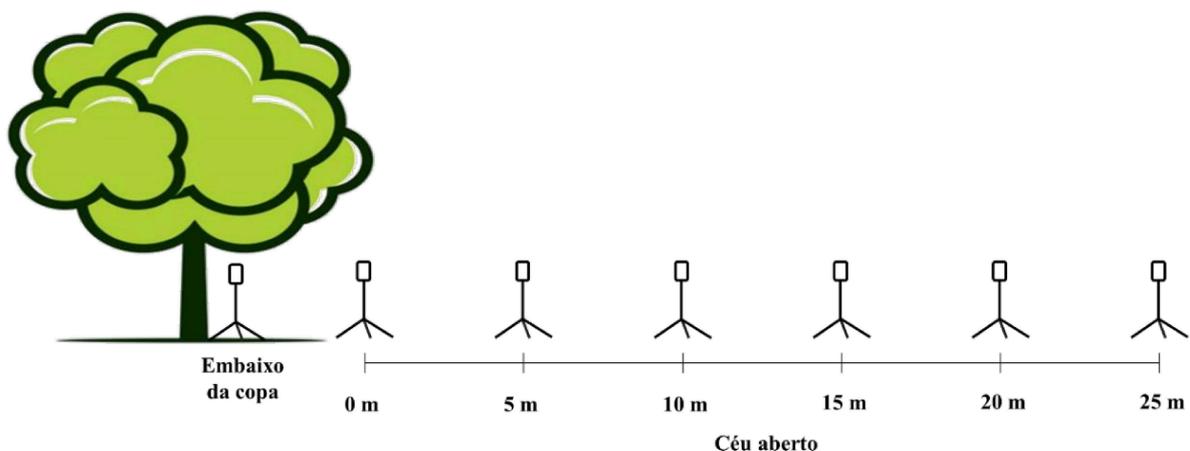
Organização Meteorológica Mundial (OMM) para registro nas estações meteorológicas, seguido por algumas pesquisas (BARBOSA, 2005; GIACOMELI, 2013, DUARTE, 2015). Às 19h foi definido por compreender um horário sem incidência solar em todos os períodos do ano na cidade de Viçosa-MG e com viabilidade possível para a coleta de dados.

A metodologia adotada para a coleta de campo consistiu em manter um conjunto de equipamentos embaixo da copa da árvore e o outro na área adjacente, a céu aberto. O equipamento embaixo da copa permaneceu fixo durante todo o período, enquanto o a céu aberto coletou as informações por meio de um transecto móvel, percorrido a pé por um pesquisador, em vista de comparar o microclima a diferentes distâncias da árvore. Esta metodologia foi estabelecida com base em estudos anteriores (MARTINI et al., 2014; MARTINI; BIONDI; BATISTA, 2014, 2018; PÉREZ, 2017).

Os equipamentos que permaneceram fixos embaixo da copa da árvore, ficavam próximos ao tronco, de modo que permanecessem sempre a sombra e que não ficassem escondidos do vento.

O raio de influência escolhido para percorrer o transecto foi limitado em 25 m de distância devido à análise de estudos anteriores (HERRMANN, 2008; MARTINI; BIONDI; BATISTA, 2014, MARTINI, 2016), com o caminhamento de 5 em 5 m, assim como em trabalhos anteriores (HERRMANN, 2008; PÉREZ, 2017). O primeiro ponto do transecto móvel, ponto “0” foi marcado na borda da copa da árvore (MARTINI; BIONDI; BATISTA, 2014) (Figura 4).

Figura 4. Esquema para demonstração do caminhamento de acordo com a metodologia do transecto móvel, para a coleta de dados meteorológicos.



Fonte: A autora (2021).

Os dados foram coletados simultaneamente entre os equipamentos a cada 30 segundos e com três repetições no transecto em cada indivíduo arbóreo, totalizando um conjunto de 18 pares de dados em cada indivíduo. Esse procedimento foi repetido nos três horários do dia e em três períodos do ano, totalizando 162 conjuntos de dados em cada indivíduo. No período III, algumas coletas às 9h não foram realizadas, pois não foi encontrada a condição sem nebulosidade durante esse período do ano.

A coleta de dados meteorológicos consistiu na obtenção das seguintes variáveis: temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa do ar (%) e velocidade do vento (m/s). Para a coleta das variáveis meteorológicas, foram utilizados dois medidores de estresse térmico AK887 e dois anemômetros AK800A (Figura 5), de mesmo fabricante - AKSO - que foram fixados em um tripé a uma altura de 1,5 m do solo.

Figura 5. Medidor de estresse térmico AK887 e anemômetro digital AK800A (A); e os equipamentos instalados em campo (B).



Fonte: A autora (2021).

Os medidores de estresse térmico medem a temperatura ambiente e a umidade relativa do ar. Possui uma precisão de $0,1^{\circ}\text{C}$ para a temperatura ambiente e tem a capacidade de medir valores de 0 a 50°C . Medem, também, a umidade relativa do ar de 0 a 99% , com uma precisão de $0,1\%$.

Os anemômetros possuem a capacidade de medir as velocidades do vento até 30 m/s , com uma resolução de $0,1\text{ m/s}$, e uma exatidão de $3\% + 0,2\text{ m/s}$ (para mais ou para menos).

Em todas as coletas, padronizou-se a utilização dos mesmos equipamentos para cada ambiente, de modo a minimizar possíveis erros. Além disso, antes das coletas, os aparelhos passaram por processo de aferição da calibração, também para evitar a ocorrências de erros.

3.2.3 Coleta de dados das variáveis dendrométricas

Para caracterizar cada árvore analisada por esta pesquisa, algumas variáveis dendrométricas foram mensuradas em dezembro de 2020:

a) Altura total (m)

A altura total de cada indivíduo, que considera a distância vertical desde o chão até o ápice da copa (ENCINAS; SILVA; TICCHETTI, 2002), foi calculada com o auxílio de uma vara graduada (Figura 6).

Figura 6. Medição da altura total da árvore utilizando uma vara graduada.



Fonte: A autora (2021).

b) Altura de copa (m)

Mensurada a partir da altura em que a copa começa (base da copa) até o seu ápice - ou a altura total diminuída da altura do fuste - também foi medida com o auxílio de uma vara graduada.

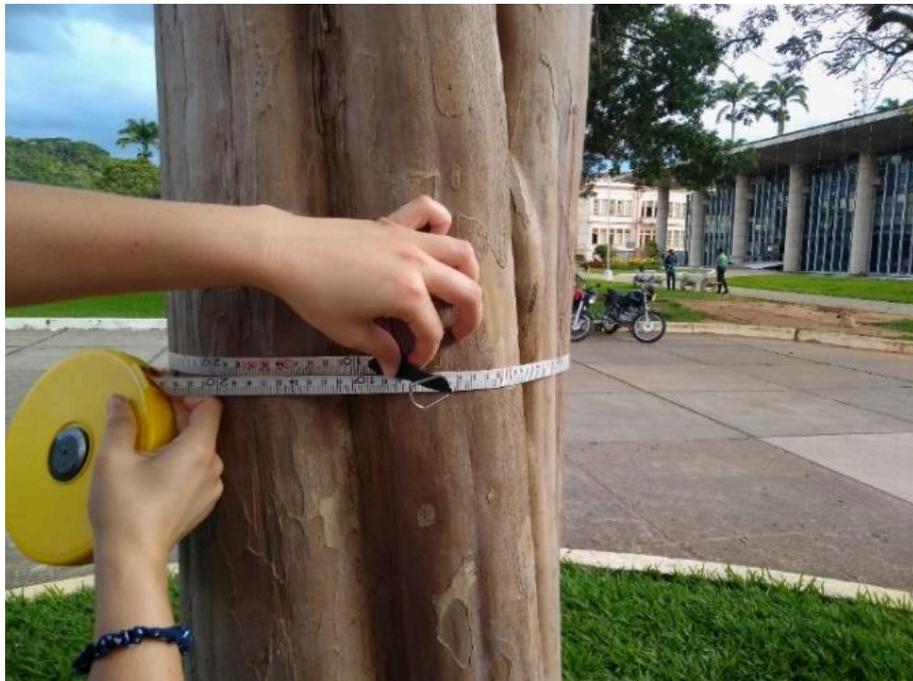
c) Diâmetro a altura do peito – DAP (m)

O diâmetro à altura do peito, o DAP, é a medida típica de uma árvore. Deve ser medido rigorosamente a 1,30 m de altura do solo, ponto de medida que foi estabelecido internacionalmente (ENCINAS; SILVA; TICCHETTI, 2002).

Foi medido a circunferência à altura do peito (CAP), utilizando uma trena (Figura 7), e posteriormente foi realizada a conversão para o DAP (RODRIGUES, 2018):

$$DAP = \frac{CAP}{\pi}$$

Figura 7. Medição da circunferência à altura do peito (CAP).



Fonte: A autora (2020).

d) Diâmetro de copa (m)

Para o cálculo do diâmetro de copa (Dc) foram medidos os raios da projeção da copa sobre o chão, em duas direções perpendiculares com o auxílio de uma trena, e com esses valores uma média foi estabelecida (RODRIGUES, 2018).

$$Dc = \frac{(R1 + R2) + (R3 + R4)}{2}$$

Onde:

R1 + R2 = maior diâmetro da copa;

R3 + R4 = diâmetro perpendicular;

R1, R2, R3 e R4 são quatro raios da copa da árvore.

e) Área de copa (m²)

A média do diâmetro de copa foi utilizada também para o cálculo da área de copa (RODRIGUES, 2018):

$$A = \frac{\pi}{4} Dc^2$$

Onde:

Dc = diâmetro de copa medido acima.

f) Volume de copa (m³)

O volume da copa das árvores foi medido utilizando a fórmula tradicional do volume de um elipsoide (MIRANDA-FUENTES et al., 2015):

$$Vc = \frac{4}{3} \pi a b c$$

Onde:

a = maior raio da copa (R1);

b = raio perpendicular (R3);

c = metade da altura da copa.

g) Leaf Area Index – LAI (m²/m²)

O *Leaf Area Index* (LAI) é um dos principais parâmetros biofísicos e estruturais da vegetação, e é definido como a área foliar do dossel pela unidade de área da projeção da copa no solo (m²/m²) (OLIVEIRA et al., 2013).

Foi realizado um registro fotográfico da copa dos três indivíduos de cada espécie, no dia 31 de novembro de 2020, com a lente olho-de-peixe. A fotografia hemisférica digital (DHP) foi obtida através de uma câmera digital Canon EOS Rebel T2i, com uma lente 0,42 *Fish Eye* com

uma macro acoplada à objetiva Ef-s 18-55 mm F/3.5-5.6, com a lente voltada para cima. Foi utilizado um tripé a uma altura de 1,50 m do solo, para garantir que o nivelamento fosse mantido horizontalmente, a uma distância de 1 m do tronco do indivíduo.

Para o cálculo do LAI, as imagens obtidas foram processadas no *Software Gap Light Analyzer* (GLA), que foi desenvolvido pelo Dr Charles Canham, no Instituto de Estudos Ecológicos (IES), Millbrook, Nova York. O *software* é baseado no Windows, projetado para importar, exibir e analisar fotografias de dosséis hemisféricos digitais (olho de peixe) (FRAZER; CANHAM; LERTZMAN, 1999).

A imagem foi salva no formato bitmap e editada para a remoção do céu, objetos e construções, no *Software Photoshop*. No programa GLA, depois de importar a imagem, foi feito o registro da mesma, com a ferramenta *Register Image*, a fim de registrar o formato da lente olho-de-peixe. Depois utilizou-se a ferramenta *Threshold* para promover a classificação da imagem envolvendo a separação dos *pixels* dentro da matriz de imagens, divididas em classes de céu e não-céu. Os resultados de saída são obtidos através do *Run Calculate* (APÊNDICE 1), que é dado através de uma nova aba, onde é possível encontrar os valores do LAI e da abertura de copa (FRAZER; CANHAM; LERTZMAN, 1999).

3.2.4 Processamento dos dados

Os dados foram organizados e analisados no *software* Excel, com o uso da tabela dinâmica. Para a obtenção da diferença entre o ambiente “embaixo da copa” e a “céu aberto”, e para a análise dos períodos do ano, foram utilizados todos os dados coletados, com exceção dos dados noturnos, por influenciarem no valor médio. Para a análise das diferentes horas do dia, não foi utilizado o período do ano III, pela falta de dados para algumas árvores às 9h.

Na análise estatística, os dados foram processados estatisticamente pelo *software* SAEG, que foi desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa. Utilizou-se o teste “t” a 95% de significância para verificar se as médias dos valores meteorológicos obtidos “embaixo da copa” e “céu aberto” eram diferentes estatisticamente.

Utilizou-se, também, teste de comparação de médias, o teste Tukey, a 95% de significância, para definir se há diferença estatística entre os diferentes períodos do ano (I, II e III) e entre as horas do dia (9, 15 e 19h).

Para a compreensão do raio de influência de cada espécie, foi calculada a diferença média dos dois ambientes para temperatura e umidade relativa de cada distância percorrida e gráficos foram elaborados. A partir destes, foi estabelecido como limite o ponto que indicou

queda na temperatura e aumento da umidade relativa, sem explicação aparente, sendo o ponto anterior a este o raio final de influência (MARTINI, 2016).

A fim de calcular a correlação entre as variáveis meteorológicas e as variáveis dendrométricas (incluindo o LAI e abertura de copa), foi utilizado a Correlação de Pearson a 95% de significância, no *software* SAEG.

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1 INFLUÊNCIA DAS ÁRVORES NAS CONDIÇÕES MICROCLIMÁTICAS

4.1.1 Benefício microclimático da arborização

Os valores médios de temperatura foram menores embaixo da copa das árvores e os de umidade relativa maiores, sendo esta diferença estatisticamente significativa. A velocidade do vento foi semelhante nos dois ambientes (Tabela 3).

Tabela 3. Comparação dos valores médios das variáveis microclimáticas temperatura (T °C), umidade relativa do ar (UR%) e velocidade do vento (VV m/s) a céu aberto e embaixo da copa, pelo teste “t”.

Ambiente	T (°C)	UR (%)	VV (m/s)
Céu aberto	26,44 a	57,16 b	0,63 a
Embaixo da copa	24,07 b	62,01 a	0,63 a

Fonte: A autora (2021).

Nota: As médias seguidas da mesma letra na mesma coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste “t”.

Tal resultado mostra que embaixo da copa das árvores ocorre uma diminuição de temperatura e um aumento da umidade relativa. Visto que, em média, a copa das árvores proporcionou uma diminuição na temperatura de 2,37 °C e aumento na umidade relativa em 4,85 unidades.

O resfriamento causado pela vegetação é impulsionado, principalmente, pelo aumento da troca de calor latente da evapotranspiração e pelo sombreamento das superfícies urbanas pelas copas das árvores (ALLEN; ROBERTS; MCFADDEN, 2021). A difusão da água líquida no ar em forma de vapor, através da transpiração estomática, além de aumentar a umidade relativa do ar, absorve energia térmica da atmosfera circundante, transformando radiação solar em fluxo de calor latente, resfriando a temperatura do ar, e assim, ajudando a regular o microclima urbano (OKE, 1989; BOWLER et al., 2010; FAN; MYINT; ZHENG, 2015; RAHMAN et al., 2019).

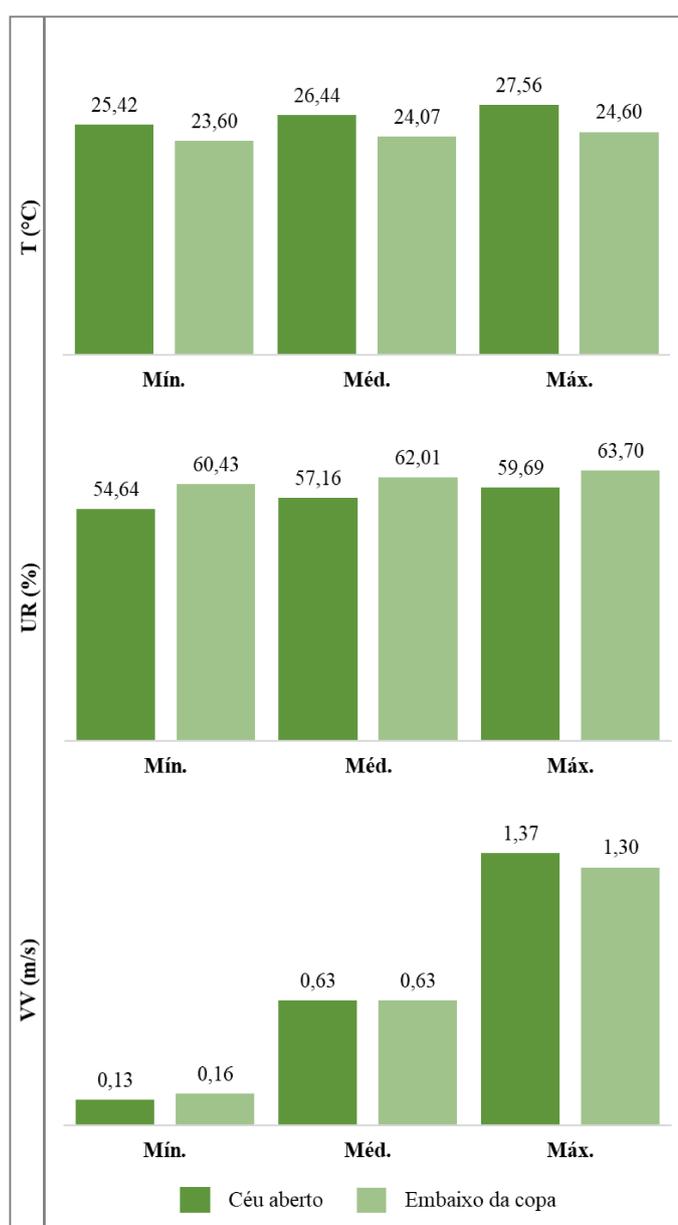
Além disso, as árvores podem resfriar o microclima local através do sombreamento, que a partir da radiação direta de ondas curtas, alteram o balanço de energia da superfície e reduzem a temperatura embaixo da copa (LINDBERG; GRIMMOND, 2011).

Guarderas Coello e Silva (2016) encontraram 20,96 °C embaixo da copa das árvores e 22,50 °C à céu aberto, na cidade de Quito-Ecuador, demonstrando que o efeito da redução de temperatura média foi de 1,55 °C, comprovando que as árvores contribuem para a melhoria do

microclima urbano. Pérez (2017), em Gurupi-TO, observou uma atenuação na temperatura de 0,5 a 2 °C entre o ambiente embaixo da copa e a céu aberto. Santos, Carvalho e Martini (2021), na cidade de Viçosa-MG, encontraram um valor de 30,72 °C embaixo da copa e 34,72 °C a céu aberto para a temperatura, e 42,28 e 36,25%, respectivamente, para a umidade relativa.

Além da análise dos valores médios, foi possível observar essa mesma tendência para os valores máximos e mínimos das variáveis meteorológicas (Figura 8).

Figura 8. Valores médios, mínimos e máximos da temperatura (T °C), umidade relativa do ar (UR%) e velocidade do vento (VV m/s) registrados embaixo da copa e a céu aberto.



Fonte: A autora (2021).

As árvores ajudam a não deixar que o ambiente atinja maiores valores de temperatura máxima, isso pode ser visto na figura 7, onde a temperatura máxima foi 2,96 °C mais baixa embaixo da copa, em relação ao ambiente à céu aberto. Além disso, foi observado que as temperaturas mínimas foram 1,82 °C mais baixas embaixo da copa. Mas, embora isso tenha acontecido, as árvores contribuíram para a diminuição da amplitude térmica local, podendo ser observado uma amplitude 1,14 °C mais amena embaixo da copa das árvores, contribuindo para um microclima mais estável.

A vegetação tem a tendência de estabilizar as variáveis microclimáticas em seu entorno, conseguindo reduzir os valores extremos, Schmitz e Mendonça (2011), por exemplo, verificaram que os valores máximos de temperatura durante o verão e os valores mínimos no inverno foram mais amenos. Barbosa (2005) também constatou que a vegetação reduz a oscilação térmica diária, pois foi observado que em ambientes vegetados houve uma menor variação de temperatura ao longo do dia, em relação aos pontos sem vegetação.

Além disso, Barbosa et al. (2020) afirmam que, geralmente, onde o solo é recoberto por construção o albedo é mais alto, contribuindo para a criação de microclimas extremos, ao contrário do que as árvores proporcionam. Martini, Biondi e Batista (2013a) observaram os valores extremos de temperatura e concluíram que a amplitude de variação foi menor na rua arborizada, se comparada a outra rua não arborizada.

Além das árvores ajudarem a obter menores amplitudes de variação de temperatura, também foi encontrado uma menor variação na umidade relativa. Houve uma variação equivalente a 1,78 unidades menor embaixo da copa das árvores do que a céu aberto, mesmo com o registro da umidade relativa máxima sendo 4,01 unidades maior. Isso ocorreu principalmente porque os valores mínimos também foram elevados (5,79 unidades maior do que na área a céu aberto). Tal resultado demonstra que embaixo da copa há a tendência de a umidade relativa ser maior, devido à evapotranspiração.

Para a velocidade do vento, a diferença média não foi estatisticamente distinta entre os dois ambientes. No entanto, apresentou uma pequena diminuição de 0,07 m/s na velocidade máxima no ambiente embaixo da copa, sendo observado que as árvores podem diminuir os valores de velocidade máxima, pois funcionam como barreiras para quebrar a velocidade do vento (MARIA, 2014).

A velocidade do vento é de difícil compreensão, alguns estudos não conseguiram identificar uma tendência para essa variável, como a pesquisa realizada para analisar a tendência das variáveis meteorológicas em ruas com e sem arborização, em Curitiba-PR (MARTINI; BIONDI; BATISTA, 2013b). Na cidade de São José dos Campos-SP, analisando os regimes

microclimáticos, Lopes (2006) verificou que espaços arborizados reduzem as velocidades do vento a nível do usuário.

O arranjo de árvores pode diminuir mais da metade da velocidade do vento, no entanto, as árvores devem ser plantadas a 90° para a direção dominante do vento (KANG; KIM; CHOI, 2020). Martini, Biondi e Batista (2013b) explicam que entender a tendência do vento é difícil pois a cobertura arbórea em áreas urbanas é menos significativa do que os demais elementos urbanos.

As mudanças na velocidade do vento, devido aos efeitos das árvores, são afetadas pela complexidade do domínio urbano, por exemplo, configurações de ruas, formas dos edifícios, variabilidade do relevo e tipos de cobertura de superfície (SALIM; SCHLÜNZEN; GRAWE, 2015). Além disso, o impacto aerodinâmico das árvores na velocidade média do vento, na camada de dossel urbano, depende da densidade urbana, da densidade populacional, tipologia da vegetação e também das espécies arbóreas (YUAN; NORFORD; NG, 2017).

4.1.2 Benefício microclimático de espécies arbóreas

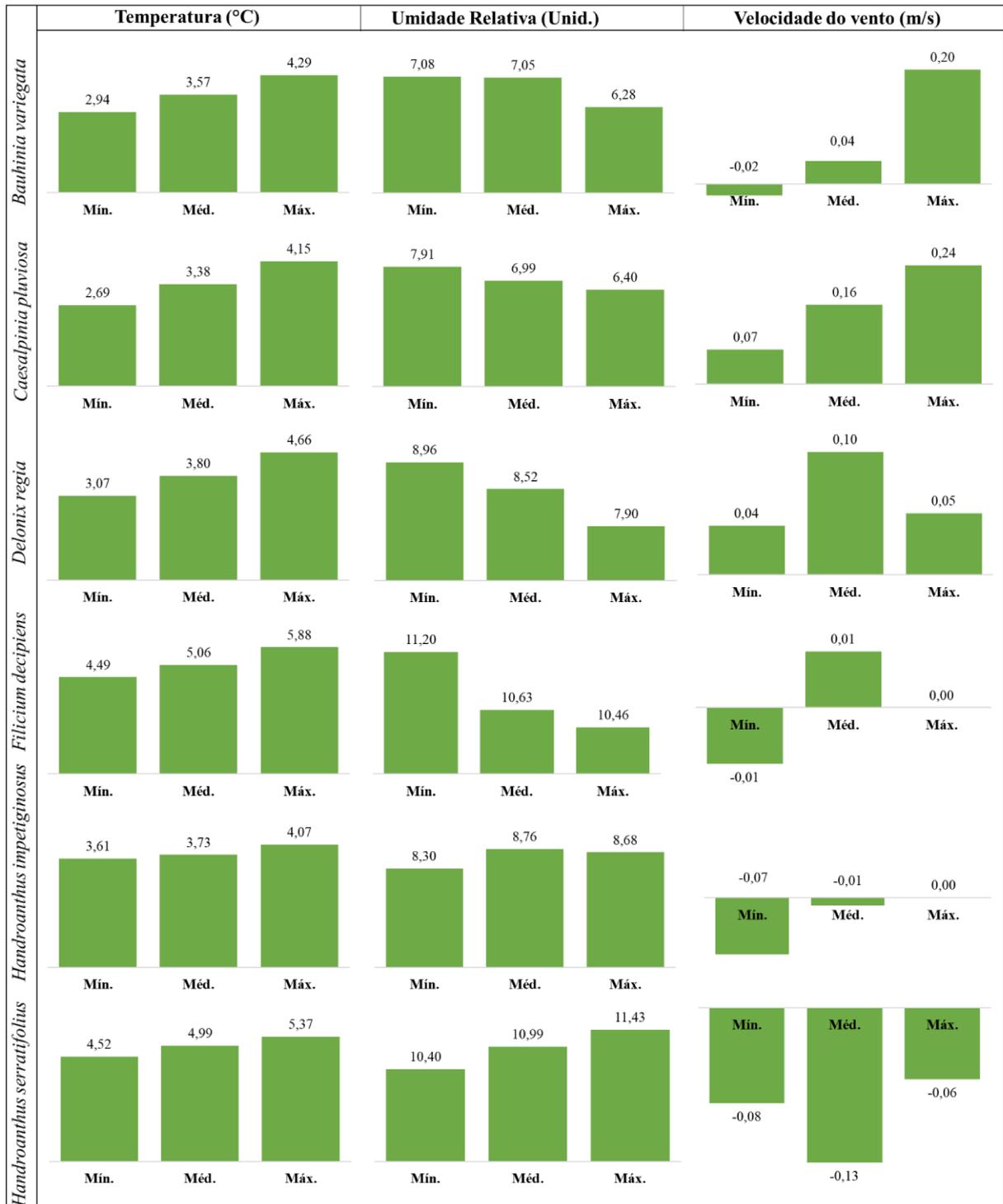
Todas as espécies apresentaram diferença significativa entre o ambiente a céu aberto e embaixo da copa para as variáveis temperatura e umidade relativa. Sendo a temperatura mais amena embaixo da copa de todas as espécies, seguido de maior umidade relativa. Para 6 das 11 espécies não houve diferença estatística para a velocidade do vento (APÊNDICE 2).

Tais resultados comprovam estatisticamente que o microclima embaixo da copa das árvores é diferente, isso demonstra a melhoria microclimática que as árvores podem proporcionar ao ambiente. Essa melhoria, além de ser observada para os valores médios também ficou evidente ao analisar os valores máximos (Figura 9).

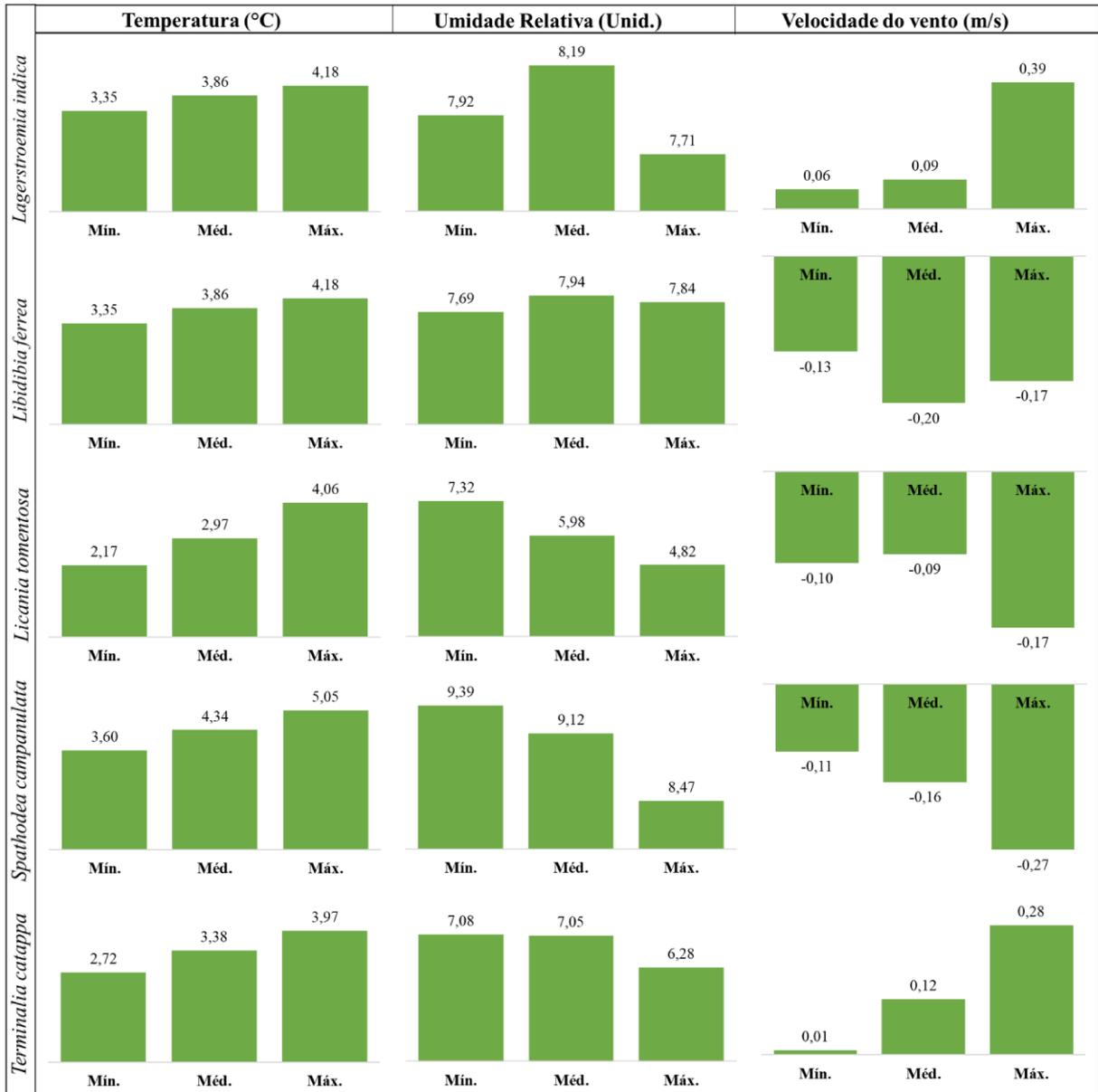
Para a temperatura mínima, todas as espécies apresentaram menores valores embaixo da copa das árvores. *Handroanthus serratifolius*, *Filicium decipiens*, *Handroanthus impetiginosus* e *Spathodea campanulata* proporcionaram as maiores diferenças. Ou seja, o ambiente embaixo da copa destas espécies possui temperaturas ainda mais baixas, se comparado às outras espécies.

Martini, Biondi e Batista (2013a) observaram que as diferenças de temperatura máxima entre as ruas com e sem arborização foram maiores do que as diferenças para a temperatura mínima. Ou seja, as temperaturas máximas são muito mais baixas, enquanto as mínimas são pouco mais baixas. Isso também pode ser observado nesse estudo, em que todas as espécies apresentaram maiores diferenças de temperatura máxima do que mínima, mostrando que a arborização contribui para a diminuição de altas temperaturas.

Figura 9. Valores médios, mínimos e máximos das diferenças de temperatura do ar (T °C), umidade relativa do ar (UR unidades) e velocidade do vento (VV m/s) registrados nos ambientes a céu aberto e embaixo da copa, para cada espécie.



Continua...



Fonte: A autora (2021).

Filicium decipiens e *Handroanthus serratifolius* foram as espécies que mais promovem atenuação das temperaturas máximas, já *Terminalia catappa*, *Licania tomentosa* e *Handroanthus impetiginosus* foram as que promoveram uma atenuação menor. Sendo essas espécies com maior atenuação opções para microclimas com temperaturas máximas mais amenas.

Todas as espécies proporcionam menor amplitude térmica embaixo da copa. *Licania tomentosa*, *Delonix regia* e *Libidibia ferrea* promovem os melhores resultados (amplitude térmica menor).

Em estudo similar, as temperaturas embaixo das copas foram significativamente menores durante o dia para todas as espécies e a umidade relativa significativamente maior em comparação à céu aberto (GILLNER et al., 2015).

Quanto a umidade relativa, todas as espécies apresentaram maiores diferenças de valores mínimos e máximos embaixo da copa das árvores. *Filicium decipiens*, *Handroanthus serratifolius* e *Spathodea campanulata* foram as espécies que proporcionaram maiores diferenças mínimas e *Handroanthus serratifolius*, *Filicium decipiens* e *Handroanthus impetiginosus* que proporcionaram maiores diferenças máximas. Estas espécies, dentro das estudadas, são as que mais contribuem para o aumento da umidade relativa do ar.

Martini, Biondi e Batista (2013a), ao observarem a umidade relativa de ruas com e sem arborização em Curitiba-PR, verificaram que a umidade relativa mínima e máxima foi maior nas ruas arborizadas. O mesmo pode ser observado neste estudo, onde o ambiente embaixo da copa obteve maiores umidades relativas mínimas e máximas. Isso acontece devido à fotossíntese, pois ocorre liberação de umidade para o meio.

Para a velocidade do vento, *Caesalpinia pluviosa*, *Bauhinia variegata*, *Terminalia catappa* e *Lagerstroemia indica* foram as espécies que mais conseguiram diminuir a velocidade máxima do vento.

A melhoria microclimática proporcionada por cada espécie foi analisada estatisticamente para compreender melhor a diferença entre elas (Tabela 4).

Filicium decipiens e *Handroanthus serratifolius* foram as espécies que proporcionaram o maior benefício para a diminuição da temperatura e aumento da umidade relativa ao longo do ano, mas não se diferiram entre si. *Filicium decipiens* pode ter sido destaque por ser considerada uma das espécies com a copa mais densa e, além disso, apresentar copa de altura baixa (mais próxima ao solo), sendo mais perceptível o benefício da evapotranspiração quando a copa está mais próxima do aparelho medidor. O resultado de *Handroanthus serratifolius* não era esperado, visto que suas características (espécie perenifólia, tamanho, altura, área e volume de copa) não parecem mais favoráveis que outras espécies. Vale destacar, no entanto, que devido às coletas serem realizadas em dias diferentes isso pode ter influenciado em algumas situações.

Embora os dias de coleta não tenham apresentado diferença estatística (APÊNDICE 3), as variações meteorológicas ao longo dos dias podem ter influenciado nos resultados. Ao analisar o comportamento de cada indivíduo de *Handroanthus serratifolius* em seus respectivos dias de coleta, foi possível observar que pode ter existido interferência da umidade relativa e da temperatura. Os dias de coleta de dois indivíduos desta espécie foram no dia de menor temperatura do período I e maior umidade relativa no período II, ajudando a espécie a apresentar

maior diferença de temperatura e umidade relativa, no resultado geral, dias de maior umidade relativa e menor temperatura acarretam maiores diferenças entre os ambientes.

Tabela 4. Comparação dos valores médios das diferenças (entre céu aberto e embaixo da copa) das variáveis temperatura do ar (T °C), umidade relativa do ar (UR unidades) e velocidade do vento (VV m/s) para cada espécie, pelo teste Tukey.

Espécie	T (°C)	UR (Unid.)	VV (m/s)
<i>Filicium decipiens</i>	5,05 a	10,62 a	0,01 abcd
<i>Handroanthus serratifolius</i>	4,99 a	10,98 a	-0,13 bcd
<i>Spathodea campanulata</i>	4,33 b	9,11 b	-0,16 cd
<i>Lagerstroemia indica</i>	3,85 bc	8,20 bc	0,16 a
<i>Delonix regia</i>	3,80 c	8,49 b	0,10 ab
<i>Handroanthus impetiginosus</i>	3,73 c	8,75 b	0,00 abcd
<i>Libidibia ferrea</i>	3,73 c	7,93 bc	-0,21 d
<i>Bauhinia variegata</i>	3,56 c	8,07 bc	0,04 abc
<i>Caesalpinia pluviosa</i>	3,38 cd	7,19 cd	0,16 a
<i>Terminalia catappa</i>	3,38 cd	7,05 cd	0,12 a
<i>Licania tomentosa</i>	2,97 d	5,98 d	-0,13 bcd

Fonte: A autora (2021).

Nota: As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na mesma coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Algumas pesquisas mostram que o ipê-amarelo também se destacou na melhoria microclimática. Através de uma revisão sistemática de treze trabalhos científicos, Barbosa et al. (2020) identificaram cinco espécies que podem promover um melhor efeito térmico no ambiente urbano, dentre elas estão os ipês (*Handroanthus* spp.). Abreu e Labaki (2010) concluíram que o ipê-amarelo, de outra espécie, *Handroanthus chrysotricha* influenciou significativamente no microclima local.

A análise estatística demonstrou que as espécies *Spathodea campanulata* e *Lagerstroemia indica* foram semelhantes entre si. O que também chama a atenção principalmente devido a diferença expressiva do porte entre elas.

Delonix regia, *Handroanthus impetiginosus*, *Libidibia ferrea*, *Bauhinia variegata*, *Caesalpinia pluviosa* e *Terminalia catappa* demonstraram benefício semelhante entre si, sendo que *Lagerstroemia indica* não diferiu destas espécies. *Caesalpinia pluviosa* e *Terminalia catappa* também foram semelhantes à *Licania tomentosa*.

Para a umidade relativa, os resultados acompanharam os já apontados para temperatura, com pequenas variações. *Filicium decipiens* e *Handroanthus serratifolius* diferiram das demais com os maiores valores médios. *Spathodea campanulata*, *Lagerstroemia indica*, *Delonix regia*,

Handroanthus impetiginosus, *Libidibia ferrea* e *Bauhinia variegata* se mostraram semelhantes, no entanto *Lagerstroemia indica*, *Libidibia ferrea* e *Bauhinia variegata* também foram semelhantes a *Caesalpinia pluviosa* e *Terminalia catappa*. E, assim como para a temperatura, *Caesalpinia pluviosa* e *Terminalia catappa* se mostraram semelhantes à *Licania tomentosa*.

Um estudo realizado em Morrinho-GO, analisando medidas de temperatura e a observação do efeito da transpiração em saco plástico, constatou que *Delonix regia* emitiu mais água para a atmosfera e absorveu mais calor do que *Caesalpinia pluviosa* (OLIVEIRA; FERREIRA, 2018). Isso mostra que *Delonix regia* consegue aumentar mais a evapotranspiração (umidade relativa do ar) e diminuir mais a temperatura se comparada a *Caesalpinia pluviosa*, assim como ocorreu neste estudo.

Licania tomentosa foi a espécie que apresentou a menor média dentre todas, tanto para a temperatura quanto para a umidade, fato inesperado e que chama a atenção, pois em estudo semelhante e no mesmo local, foi obtida resposta contrária. *Licania tomentosa* foi a espécie que promoveu o maior benefício microclimático dentre as analisadas por Santos, Carvalho e Martini (2021). Os autores encontraram diminuição na temperatura de 4,67 °C para *Licania tomentosa*, 4,19 °C para *Filicium decipiens*, 3,81 °C para *Delonix regia*, 3,77 °C para *Spathodea campanulata*, 3,72 °C para *Bauhinia variegata* e 2,72 °C para *Libidibia ferrea*. Os estudos de Barbosa et al. (2020) também demonstraram *Licania tomentosa* entre as cinco espécies que podem promover melhor efeito térmico no ambiente urbano. Isso sugere novamente a interferência da condição meteorológica do dia de coleta, pois dois indivíduos desta espécie foram analisados justamente nos dias de menor temperatura tanto do período II quanto do período III, quando apresentaram melhores resultados em relação ao período I.

Em relação a velocidade do vento, apesar de não ter encontrado uma diferença geral, entre os ambientes embaixo da copa e a céu aberto no tópico anterior, foi possível observar diferenças quando se analisa as espécies separadamente. As espécies que apresentaram os melhores resultados foram *Caesalpinia pluviosa*, *Lagerstroemia indica* e *Terminalia catappa*, tais espécies apresentaram as maiores diferenças com valores positivos, o que significa que conseguiram diminuir as velocidades do vento ao servirem de barreiras.

Árvores de copa aberta foram menos expressivas na atuação como barreira ao vento, seguida de copas intermediárias. A velocidade do vento diminuiu mais rapidamente quando a copa é densa, devido a maior área frontal efetiva a qual o vento encontra, provocando uma força de arrasto maior das árvores no fluxo de ar (YUAN; NORFORD; NG, 2017). Isso justifica os resultados de *Caesalpinia pluviosa* e *Terminalia catappa*, que são espécies de copa densa, mas não justifica por completo o encontrado para *Lagerstroemia indica*.

De modo geral, o estudo buscou analisar quais espécies eram mais eficientes para a promoção de benefício microclimático. Mesmo com as limitações encontradas, como a diferença meteorológicas ao longo dos dias de coleta, pode-se afirmar que todas as espécies proporcionam temperatura mais amena embaixo da copa das árvores, com menores amplitudes, além de maior umidade relativa. E as espécies que melhor contribuíram para tal melhoria foram *Filicium decipiens* e *Handroanthus serratifolius*.

4.2 INFLUÊNCIA DAS ESPÉCIES ARBÓREAS EM DIFERENTES HORAS DO DIA

4.2.1 Análise geral da arborização

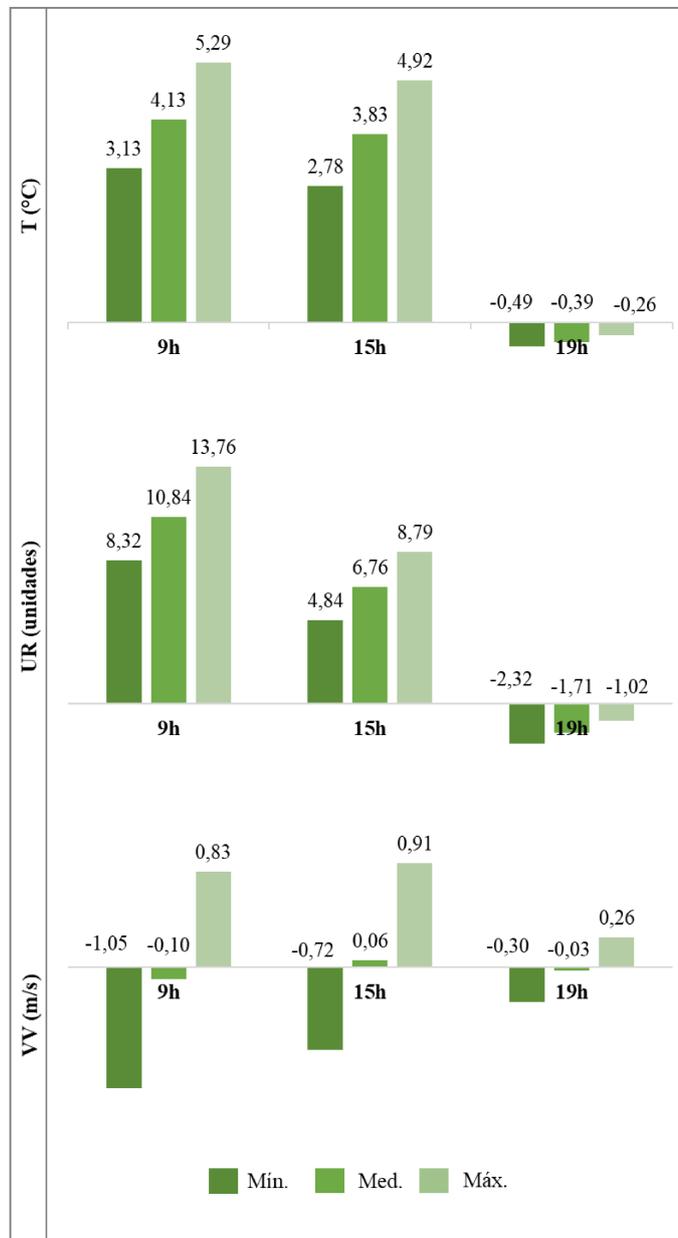
O benefício proporcionado pela vegetação urbana, com a diminuição da temperatura e aumento da umidade relativa do ar foi maior às 9h, seguida das 15h, e por último às 19h (Figura 10).

A variação entre os horários foi mais evidente para a umidade relativa do que para a temperatura, sendo que os valores médios da diminuição da temperatura ficaram próximos nos horários das 9 (4,13 °C) e das 15h (3,83 °C). No horário da noite, às 19h, a diminuição da temperatura pelas árvores foi pequena, tanto nos valores médios, quanto mínimos e máximos. O que também se observou para a variável umidade relativa. Durante a análise dos dados, foi possível notar que a maior variação ocorreu às 9h, para as três variáveis (temperatura, umidade relativa e velocidade do vento) e a menor variação ocorreu às 19h.

A velocidade do vento apresentou maior diferença média às 9h, seguido das 15h, sendo às 19h as menores diferenças. Observa-se ainda, que às 15h foi quando ocorreu a diminuição da velocidade do vento embaixo da copa das árvores, representado pelo valor positivo, além também da maior diminuição na velocidade máxima do vento.

Dentre os três horários estudados, embora a diferença média de temperatura entre às 9 e 15h tenha sido pequena, tal diferença foi estatisticamente significativa, sendo às 9h o horário em que se evidenciou o maior benefício proporcionado pelas árvores (Tabela 5).

Figura 10. Valores médios, mínimos e máximos das diferenças das variáveis temperatura (T °C), umidade relativa do ar (UR unidades) e velocidade do vento (VV m/s) para os três diferentes horários estudados (9, 15 e 19h).



Fonte: A autora (2021).

O benefício quanto a umidade relativa seguiu a mesma tendência da temperatura. Para a variável velocidade do vento ocorreu uma diminuição estatisticamente significativa embaixo da copa das árvores às 15h diferenciando-se do observado às 9 e 19h.

Tabela 5. Comparação dos valores médios das diferenças entre os ambientes embaixo da copa e a céu aberto das variáveis temperatura (T °C), umidade relativa do ar (UR unidades) e velocidade do vento (VV m/s) para os três diferentes horários estudados (9, 15 e 19h).

Horário (h)	T (°C)	UR (unidades)	VV (m/s)
9	4,13 a	10,84 a	-0,11 b
15	3,83 b	6,77 b	0,06 a
19	-0,39 c	-1,74 c	-0,03 b

Fonte: A autora (2021).

Nota: As médias seguidas da mesma letra na mesma coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Analisando os dados das 9 e das 15h, foi possível observar que a diferença de temperatura proporcionada pelas árvores foi maior no período do dia em que a umidade relativa do ar estava mais elevada. Em média, a umidade relativa do ar às 9h foi 27,5 unidades maior do que o registrado às 15h na estação meteorológica de Viçosa. Assim, às 9h, horário com maior umidade relativa em todos os dias de coleta, foi verificado uma diferença maior entre os dois ambientes, para todas as variáveis meteorológicas analisadas, não apenas temperatura.

As maiores diferenças entre o ambiente embaixo da copa e o ambiente a céu aberto ocorreram às 9h, possivelmente devido a um maior e mais rápido aumento de temperatura do ar nesse horário. O ambiente embaixo da copa apresenta um aquecimento mais lento se comparado ao ambiente a céu aberto, devido ao sombreamento (BARBOSA; BARBIRATO; VECCHIA, 2003), ocorrendo assim, uma diferenciação maior entre os dois ambientes às 9h.

Giacomeli (2013), em São Carlos-SP, analisou diferentes pontos (com e sem arborização) de um percurso, e constatou que o trecho com arborização obteve temperaturas mais amenas às 9h. Às 15h, todo o percurso, tanto nos pontos com arborização quanto nos pontos sem arborização, obteve maiores temperaturas, devido à influência direta do sol. Isso mostra que as diferenças entre os ambientes embaixo da copa e a céu aberto são maiores às 9h e menores às 15h (altas temperaturas em ambos os ambientes), o que também foi observado no presente estudo.

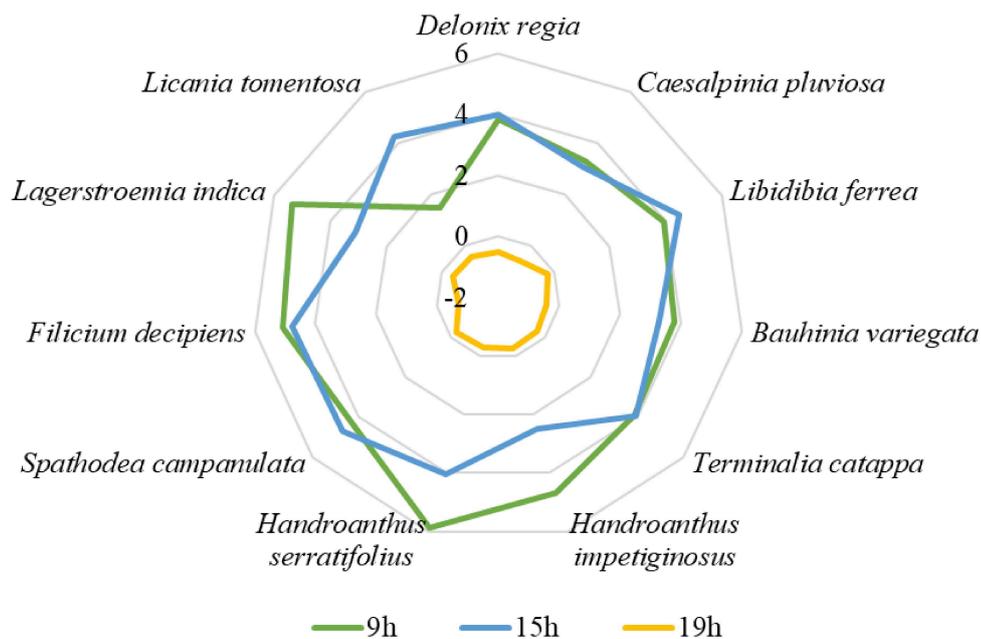
A menor diferença de temperatura às 19h ocorreu devido à falta de radiação solar em ambos os ambientes. Assim como no presente estudo, Barbosa, Barbirato e Vecchia (2003), em Maceió-AL, comparando uma avenida com e sem vegetação, encontraram uma diferença menor de temperatura no final do dia, às 18h. Meili et al. (2021) também observaram que, em média, os efeitos de radiação das árvores são pequenos no período noturno, devido à ausência de radiação solar de ondas curtas.

No período da noite, Barbosa (2005) observa que houve uma tendência de estabilização dos valores de temperatura, com poucas diferenças, em todas as unidades amostrais. Mas, as áreas verdes apresentaram valores de temperatura um pouco mais elevadas, sugerindo que nas áreas com presença significativa de vegetação, a perda de calor é mais lenta do que os demais ambientes urbanos.

Além disso, Giacomeli (2013) também constatou que no horário da noite (21h), os menores registros de temperatura ocorreram nos trechos sem arborização. O mesmo ocorreu no presente estudo, demonstrado pelos valores de temperatura negativos às 19h, ou seja, os maiores valores de temperatura foram encontrados embaixo da copa. Isso ocorre devido ao efeito guarda-chuva, que fornece abrigo contra a radiação solar direta, mas dificultando a transferência de calor da superfície para a atmosfera durante a noite, resultando em temperaturas mais altas embaixo da copa (GILLNER et al., 2015).

Apesar da maior diferença de temperatura ter ocorrido às 9h, foi possível observar que a maioria das espécies (63,3%) apresentaram comportamento semelhante às 9 e 15h (Figura 11). Esse resultado (valor mais altos às 9h) foi acentuado pelo comportamento de apenas três espécies.

Figura 11. Comportamento da diferença de temperatura nos três diferentes horários estudados (9, 15 e 19h), para cada espécie.



Fonte: A autora (2021).

A diminuição da temperatura proporcionada por *Handroanthus impetiginosus*, *Handroanthus serratifolius* e *Lagerstroemia indica* às 9h da manhã foi aproximadamente 2 °C acima do registrado às 15h. *Licania tomentosa* apresentou comportamento contrário, com valores mais acentuados às 15h do que às 9h. As demais espécies apresentaram comportamento semelhante nos dois horários.

Herrmann (2008), estudando a qualidade do sombreamento de quatro espécies arbóreas - *Lophantera lactescens* (chuva-de-ouro), *Caesalpinia pluviosa* (sibipiruna), *Sapindus saponaria* (saboneteira) e *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville (barbatimão) - e a sua influência no microclima urbano, encontrou as maiores diferenças de temperatura e umidade relativa às 10h para chuva-de-ouro, sibipiruna e saboneteira. No entanto, a mesma autora também encontrou uma espécie, o barbatimão, com maiores diferenças de temperatura e umidade relativa às 14h.

Para a variável umidade relativa, que apresentou maior diferença também às 9h, é justificado pela evaporação do orvalho formado durante o período da noite (MARIA, 2014). Além disso, a temperatura é mais amena pela manhã, contribuindo para a umidade relativa ser maior do que pela tarde. Às 15h, parte da umidade já evaporou com o aumento das temperaturas. Assim, o ambiente embaixo da copa possui maior umidade às 9h do que às 15h, gerando uma diferença mais acentuada entre os dois ambientes nesse horário. Assim como neste estudo, Giacomeli (2013) e Maria (2014) também observaram maior diferença de umidade relativa às 9h.

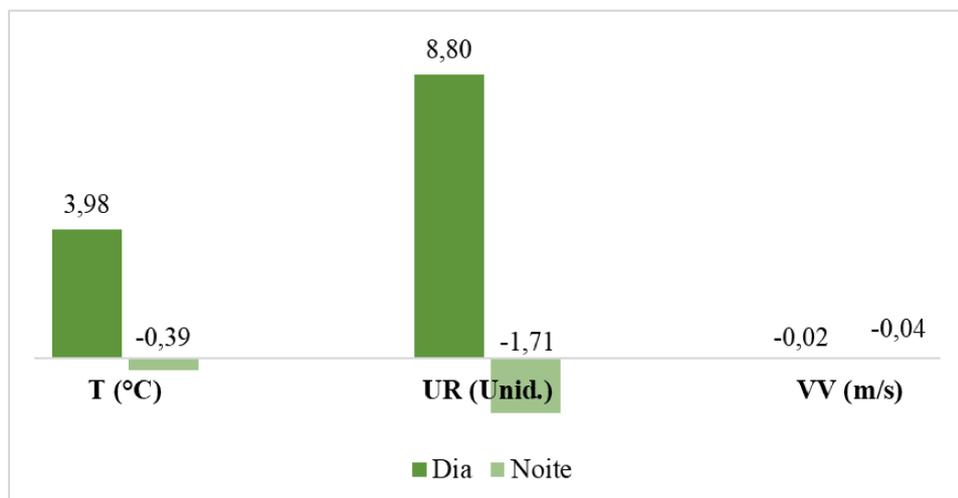
No período noturno, assim como no presente estudo, Meili et al. (2021) observaram que, em média, os efeitos da evapotranspiração são menores, também devido à ausência de radiação de ondas curtas. O valor negativo encontrado para a umidade relativa neste estudo, no período da noite, demonstra que a umidade relativa foi menor embaixo da copa também devido ao efeito guarda-chuva mencionado anteriormente.

Em relação à velocidade do vento, no horário que as árvores mais conseguiram diminuir a velocidade do vento, às 15h, é quando ocorre a maior incidência de vento na cidade de Viçosa, pois foi verificado, a partir de uma análise feita no INMET no ano de 2018, que o período do dia com maior incidência de vento é majoritariamente entre às 13 e 17h (CARVALHO, 2020). Isso mostra que, quando o vento é mais forte, o efeito das árvores como barreira para a diminuição da velocidade do vento fica mais evidente, do que em ventos fracos. Os valores foram negativos às 9 e às 19h, demonstrando que a velocidade do vento foi maior embaixo da copa das árvores, o que pode ter relação com às mudanças de direção do vento que ocorrem ao longo do dia.

Foi encontrado uma diferença significativa entre às 9 e 15h para a velocidade do vento. O mesmo foi encontrado por Maria (2014), que justificou essa diferença dizendo que quando ocorre as maiores velocidades do vento devido às forças responsáveis pela movimentação do ar, como a convecção, o ar quente se movimenta para cima, causando uma diferença de pressão e conseqüentemente movimentações de massas de ar. Assim, nos horários com menores incidências de massas de ar quente, há uma diminuição das ações do vento, o que pode justificar a menor diferença de velocidade do vento às 19h.

Além disso, analisando todos os indivíduos arbóreos, foi possível observar que durante o dia ocorre uma diferença mais acentuada para a temperatura e para a umidade relativa do que a noite, já para a velocidade do vento a diferença foi pequena (Figura 12).

Figura 12. Valores médios em relação ao dia e à noite, de acordo com as diferenças de temperatura (T °C), umidade relativa do ar (UR unidades) e velocidade do vento (VV m/s).



Fonte: A autora (2021).

A maior variação entre o dia e a noite, tanto da temperatura quanto da umidade relativa, também ocorre devido à presença de radiação solar, que provoca o aquecimento e uma maior diferenciação no ambiente. Durante a noite, sem a radiação solar, essa diferença é menos expressiva. Os valores negativos mostram que a maior temperatura ocorreu embaixo da copa das árvores e a maior umidade relativa a céu aberto, devido ao efeito guarda-chuva.

Martini, Biondi e Batista (2017) analisaram as variáveis meteorológicas em diferentes tipologias periodicamente e constataram que há variação entre o dia e a noite. A diferença mais acentuada ocorreu durante o dia e menos expressivas durante a noite. Gillner et al. (2015) afirmam que existe uma relação entre o dia e a noite, porém com efeitos menos pronunciados.

Para as espécies que proporcionam menor temperatura e maior umidade relativa durante o dia, maiores temperaturas e umidade relativa foram encontradas à noite (efeito guarda-chuva).

Durante a noite, o microclima apresenta efeitos diferentes em comparação ao dia. À noite, as temperaturas são mais altas e a umidade relativa é menor em ambientes vegetados. No entanto, as amplitudes são menores (GILLNER et al., 2015). Isso foi encontrado neste estudo, em que no período da noite a temperatura foi maior e a umidade foi menor, representados pelos valores negativos. A absorção de radiação pelas superfícies do meio urbano ocorre durante todo o ciclo diurno, mas durante o dia a sombra promovida pelo dossel das árvores supera a captura de radiação. Com a cobertura de árvores, o resfriamento da superfície acontece durante a noite (MEILI et al., 2021).

4.2.2 Análise por espécie

Das espécies analisadas, todas apresentaram diminuição da temperatura e aumento da umidade relativa com menor intensidade às 19h, diferindo estatisticamente dos demais horários (Tabela 6).

Para a diminuição da temperatura, a maioria das espécies (6 de 11 espécies) não apresentou diferença estatística entre os horários das 9 e 15h. Das que apresentaram, 4 delas (*Bauhinia variegata*, *Handroanthus impetiginosus*, *Handroanthus serratifolius* e *Lagerstroemia indica*) tiveram diferença estatística com maior diminuição da temperatura às 9 do que às 15h. *Licania tomentosa* foi a única em que a diminuição da temperatura foi estatisticamente mais evidente às 15h. Ou seja, apenas 4 espécies foram responsáveis por influenciar a média geral, puxando a maior diferença para às 9h.

As espécies que mais diminuíram a temperatura às 9h foram *Handroanthus serratifolius*, *Lagerstroemia indica* e *Filicium decipiens*. Às 15h, foram *Filicium decipiens*, *Spathodea campanulata* e *Libidibia ferrea*. E, às 19h foram *Filicium decipiens*, *Delonix regia* e *Caesalpinia pluviosa*. Sendo assim, a única espécie que se repete nos três horários, *Filicium decipiens*. *Libidibia ferrea* foi a espécie que apresentou maior diferença na temperatura máxima, ou seja, diminuição mais acentuada de temperatura extrema embaixo da copa (APÊNDICE 4).

Tabela 6. Comparação dos valores médias das diferenças das variáveis temperatura (T °C), umidade relativa do ar (UR unidades) e velocidade do vento (VV m/s) de cada espécie, nos três diferentes horários estudados (9, 15 e 19h).

Espécies	Variáveis	Horário (h)		
		9	15	19
<i>Bauhinia variegata</i>	T	3,79 a	3,30 b	-0,40 c
	UR	10,41 a	6,08 b	-1,48 c
	VV	-0,16 b	0,10 a	0,05 ab
<i>Caesalpinia pluviosa</i>	T	3,28 a	3,08 a	-0,61 b
	UR	8,31 a	5,48 b	-2,93 c
	VV	-0,03 b	0,29 a	0,01 b
<i>Delonix regia</i>	T	3,85 a	3,99 a	-0,51 b
	UR	10,22 a	7,17 b	-2,25 c
	VV	0,05 a	0,06 a	0,04 a
<i>Filicium decipiens</i>	T	5,07 a	4,77 a	-0,69 b
	UR	13,15 a	8,41 b	-2,80 c
	VV	-0,12 b	0,19 a	0,12 a
<i>Handroanthus impetiginosus</i>	T	4,69 a	2,48 b	-0,26 c
	UR	12,56 a	5,78 b	-1,80 c
	VV	-0,15 a	0,02 a	-0,05 a
<i>Handroanthus serratifolius</i>	T	5,88 a	4,06 b	-0,26 c
	UR	15,86 a	7,34 b	-1,17 c
	VV	-0,16 a	-0,20 a	-0,06 a
<i>Lagerstroemia indica</i>	T	5,35 a	3,08 b	-0,38 c
	UR	12,91 a	4,95 b	-1,10 c
	VV	0,03 ab	0,27 a	-0,02 b
<i>Libidibia ferrea</i>	T	3,95 a	4,48 a	-0,20 b
	UR	10,44 a	7,64 b	-0,82 c
	VV	-0,40 b	-0,17 a	-0,22 ab
<i>Licania tomentosa</i>	T	1,47 b	4,27 a	-0,42 c
	UR	4,23 b	7,42 a	-2,07 c
	VV	-0,14 b	0,13 a	-0,24 b
<i>Spathodea campanulata</i>	T	4,27 a	4,68 a	-0,23 b
	UR	11,13 a	8,02 b	-0,97 c
	VV	-0,15 a	0,03 a	0,00 a
<i>Terminalia catappa</i>	T	3,89 a	3,93 a	-0,31 b
	UR	10,29 a	6,12 b	-1,35 c
	VV	0,13 a	-0,06 a	0,00 a

Fonte: A autora (2021).

Nota: As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na mesma linha não difere entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Para o aumento da umidade relativa todas as espécies apresentaram diferença estatística entre os horários das 9 e 15h, com a tendência de maior diferença às 9h, sendo que *Licania*

tomentosa foi a única espécie em que o aumento da umidade foi estatisticamente mais evidente às 15h. As espécies com maiores diferenças foram as mesmas espécies de destaque para a temperatura. Em um estudo conduzido em Viçosa-MG, os autores encontraram *Licania tomentosa* como a espécie que proporciona as maiores diferenças de temperatura e umidade relativa no intervalo de 13 às 15h (SANTOS; CARVALHO; MARTINI, 2021). Neste estudo, como a espécie apresentou melhor resultado às 15h isso pode indicar que durante a tarde a espécie desempenha maior benefício microclimático.

Para a velocidade média do vento, dentre as espécies que apresentaram diferença estatística entre algum horário, a maior diminuição de velocidade ocorreu às 15h. *Licania tomentosa* e *Caesalpinia pluviosa* foram as únicas espécies a apresentarem diferença estatística entre os três horários estudados, com a maior diminuição da velocidade do vento às 15h.

Herrmann (2008), ao avaliar a qualidade e a influência do sombreamento, de hora em hora, de 10 às 14h, encontrou maiores diminuições na velocidade do vento às 14h para todas as espécies analisadas (*Lophantera lactescens*, *Caesalpinia pluviosa*, *Stryphnodendron adstringens* e *Sapindus saponaria*), apresentando similaridade com o presente estudo.

Filicium decipiens foi a espécie que mais diminuiu a velocidade do vento no local, à noite, enquanto durante o dia foram *Caesalpinia pluviosa*, *Lagerstroemia indica* e *Filicium decipiens*. Possivelmente esse resultado de *Filicium decipiens* ocorreu devido à sua copa densa e baixa, em que o aparelho fica mais próximo à copa, conseguindo detectar melhor a influência do vento.

De maneira geral, verifica-se que há diferença na intensidade do benefício microclimático proporcionado pela arborização nos três diferentes períodos do dia (9, 15 e 19h). No entanto, a análise detalhada por espécie, indicou que não há diferença entre os horários das 9 e 15h, mas estes diferem do observado à noite. *Filicium decipiens* foi a espécie que obteve melhores resultados na diminuição de temperatura, aumento de umidade relativa e diminuição na velocidade do vento, nos três horários estudados.

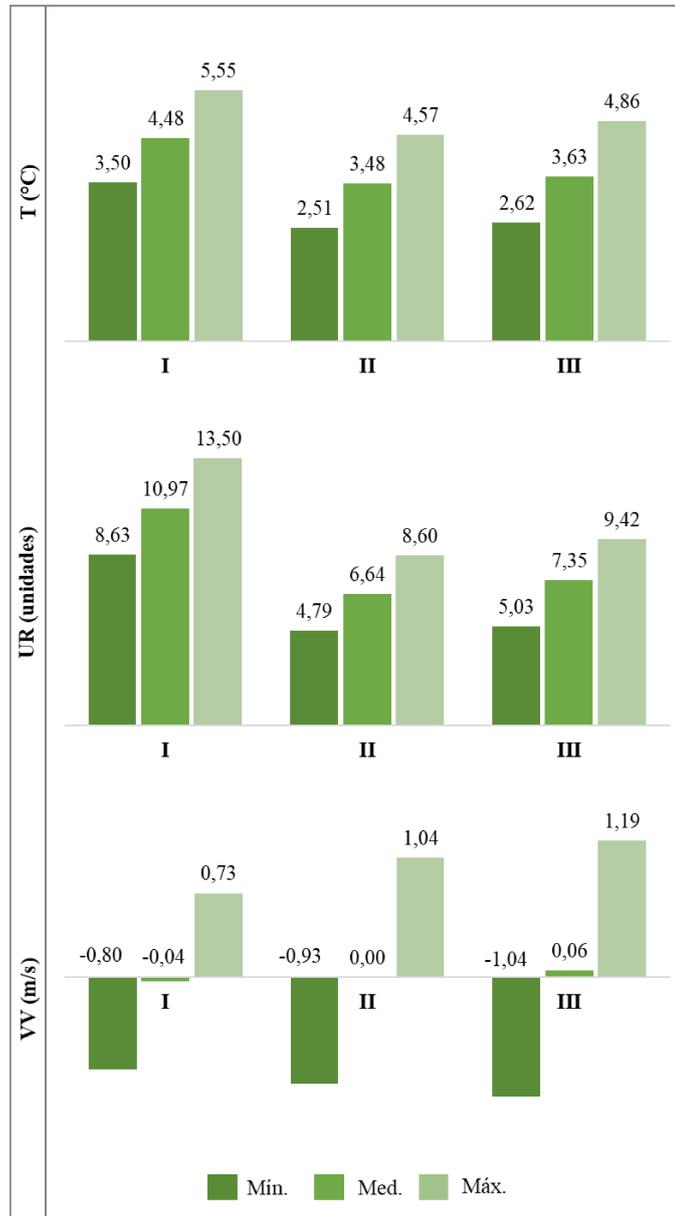
4.3 BENEFÍCIO MICROCLIMÁTICO DAS ESPÉCIES EM DIFERENTES PERÍODOS DO ANO

4.3.1 Análise geral da arborização

A diminuição média da temperatura e aumento da umidade relativa do ar foi maior no período I (Figura 13), no entanto, durante a análise dos dados foi observado que neste período ocorreu também as maiores variações do conjunto de dados para as duas variáveis. Nos períodos

II e III as diferenças médias de temperatura foram próximas, onde ambos os períodos são caracterizados como de alta temperatura.

Figura 13. Comportamento das variáveis temperatura (T °C), umidade relativa do ar (UR unidades) e velocidade do vento (VV m/s) para os diferentes períodos do ano (I – temperaturas mais baixas e sem precipitação, II – temperaturas mais elevadas e sem precipitação, e III – temperaturas mais elevadas e com precipitação).



Fonte: A autora (2021).

Tanto as diferenças de temperatura mínima proporcionada pela arborização quanto das máximas foram maiores no período I, mas a maior diferença quanto a amplitude térmica (máxima menos mínima) ocorreu no período III.

Para a umidade relativa, os valores mínimos, máximos e a variação também foram maiores no período I, seguido do III, e por último o II. A menor diferença no II era esperado por ser um período sem precipitação e de altas temperaturas, além da menor umidade relativa do ar.

Para a velocidade do vento, no período II não houve diferença entre os ambientes embaixo da copa e a céu aberto. O período III foi quando as árvores diminuíram mais a velocidade média, mínima e máxima, além de ter sido também quando houve maior ocorrência de vento durante as coletas de dados.

Para a diminuição de temperatura não houve diferença estatística entre os períodos II e III, mas ambos se diferem estatisticamente do I. Para a umidade relativa todos os períodos foram estatisticamente distintos. Para a velocidade do vento houve diferença estatística entre o período I e III, mas ambos não diferem do II (Tabela 7).

Tabela 7. Comparação entre os valores das diferenças das variáveis temperatura (T °C), umidade relativa do ar (UR unidades) e velocidade do vento (VV m/s) para os diferentes períodos do ano (I – temperaturas mais baixas e sem precipitação, II – temperaturas mais elevadas e sem precipitação, e III – temperaturas mais elevadas e com precipitação).

Período	T (°C)	UR (unidades)	VV (m/s)
I	4,48 a	10,97 a	-0,05 b
II	3,48 b	6,64 c	0,00 ab
III	3,63 b	7,35 b	0,06 a

Fonte: A autora (2021).

Nota: As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na mesma coluna não difere entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

A semelhança estatística entre os períodos II e III na variável temperatura era esperada, por serem caracterizados por temperaturas mais elevadas. A maior diferença de temperatura proporcionada pela arborização no período I possivelmente ocorreu pela maior diferenciação entre os ambientes embaixo da copa e a céu aberto. De acordo com as observações em campo e com os dados da estação meteorológica de Viçosa, foi possível notar que no período I, embora não tenha precipitação, a umidade relativa do ar foi mais alta do que nos demais períodos. Foi observado uma média equivalente a 78% de umidade relativa entre os dias de análise no período I, enquanto no período III e II essa média foi menor (71,36 e 68,76%, respectivamente). Desta forma, o período I apresentou maior diferença tanto da temperatura quanto da umidade relativa entre os dois ambientes, possivelmente influenciado pela maior umidade relativa do ar.

Entender as diferenças dos períodos em diferentes regiões do país é importante, pois cada região possui sua característica. Por exemplo, em Gurupi-TO, cidade de clima quente e semiúmido, Pérez (2017) analisou a temperatura média de cada estação do ano e observou resultados que indicam diferenciação entre os períodos com e sem precipitação, sendo as temperaturas do período sem precipitação mais elevadas, dando a ideia de que os períodos secos são caracterizados por temperaturas mais altas. Meili et al. (2021) constataram que a evapotranspiração das árvores pode diminuir a temperatura urbana em diferentes climas estudados, porém, a magnitude é limitada durante os períodos mais quentes, especialmente em climas secos devido à baixa evapotranspiração.

Assim, vale destacar que o período I, embora tenha se partido da ideia que seria caracterizado por baixas temperaturas e seco (sem precipitação) foi caracterizado na realidade por baixas temperaturas e úmido (alta umidade relativa). Além disso, no período II, a coleta foi realizada em uma época de onda de calor, com temperaturas altas e a umidade relativa do ar mais baixa em todos os ambientes. Por isso, o período II apresentou menor diferenciação entre a condição embaixo da copa e a céu aberto, tanto para a temperatura quanto para a umidade relativa, o desconforto térmico era percebido nas duas situações. Era esperado que a maior diferenciação ocorresse no período III, pois diversos estudos mostram que a arborização promove maiores benefícios, tanto na temperatura quanto na umidade relativa, no verão (período com altas temperaturas e com precipitação).

De acordo com Wang et al. (2015), em Assen-Holanda, cidade de clima marítimo moderado, no verão o efeito do resfriamento causado pelas árvores duplica, em relação aos dias frios. Em Cascavel-PR, nos meses de temperaturas mais elevadas, houve maior diminuição de temperatura promovida pelas árvores (maior que 4 °C) (GALANT et al., 2015). Em Nagoya-Japão, cidade com verão caracterizado por altas temperaturas e chuvoso, a diferença de umidade relativa promovida pela arborização é mais acentuada no período do verão, em relação ao inverno (baixas temperaturas e ausência de precipitação) (HAMADA; OHTA, 2010). Os autores atribuem isso à evapotranspiração das plantas ser maior no verão, período em que estão biologicamente ativas.

Porém, alguns estudos também apresentam maiores diferenças em outros períodos do ano. Em Campinas-SP, cidade de clima quente e chuvoso no verão e inverno ameno e seco, as pesquisas de Dacanal, Labaki e Silva (2010) encontraram maiores diferenças de temperatura promovida pelas árvores no outono, período com temperaturas amenas e pouca chuva. A diferença entre o interior de um bosque e a área externa foi de 2,86 °C no verão (período de alta temperatura e maior precipitação), 3,17 °C durante o outono (período de temperaturas amenas

e pouca precipitação) e 2,53 °C no inverno (período de temperaturas mais baixas e sem precipitação). Raymundo et al. (2020), em Curitiba-PR, encontraram maiores diferenças de temperatura entre as áreas observadas no período do outono (3,31 °C), seguido do verão (3,10 °C), inverno (2,69 °C) e por último a primavera (2,44 °C).

É notório que a diferença entre períodos de temperaturas baixas e elevadas é mais expressiva do que a diferença entre períodos com ou sem precipitação no presente estudo. Para a variável temperatura, não houve diferença no benefício da arborização entre períodos com e sem precipitação (II e III). Para a variável umidade relativa, analisando a diferença estatística entre os três períodos, onde o I (com baixas temperaturas) proporcionou o maior benefício, é possível observar mais uma vez que a temperatura interfere no resultado, aumentando a umidade relativa do ar e ocasionando maiores diferenças entre os dois ambientes.

Em relação ao vento, o período II não apresentou diferença entre os dois ambientes, isso provavelmente ocorreu porque foi observado durante a coleta que nessa época o ar estava parado, e quando tinha vento, era mais constante, o que leva a uma semelhança aos ambientes. No entanto, no período III, já havia mais rajadas de vento, que foi quando as árvores conseguiram diminuir as velocidades do vento em uma intensidade maior.

4.3.2 Análise por espécie

A atenuação da temperatura máxima proporcionada pela copa das árvores foi maior no período I para a maioria das espécies, exceto para *Bauhinia variegata*, *Handroanthus impetiginosus* e *Licania tomentosa*. A menor atenuação ocorreu no período II para *Caesalpinia pluviosa*; *Handroanthus impetiginosus*; *Handroanthus serratifolius*; *Spathodea campanulata* e *Filicium decipiens* e no período III para *Delonix regia*; *Libidibia ferrea*; *Terminalia catappa*; *Lagerstroemia indica*. Quanto a temperatura mínima verificou-se a mesma tendência (Figura 14).

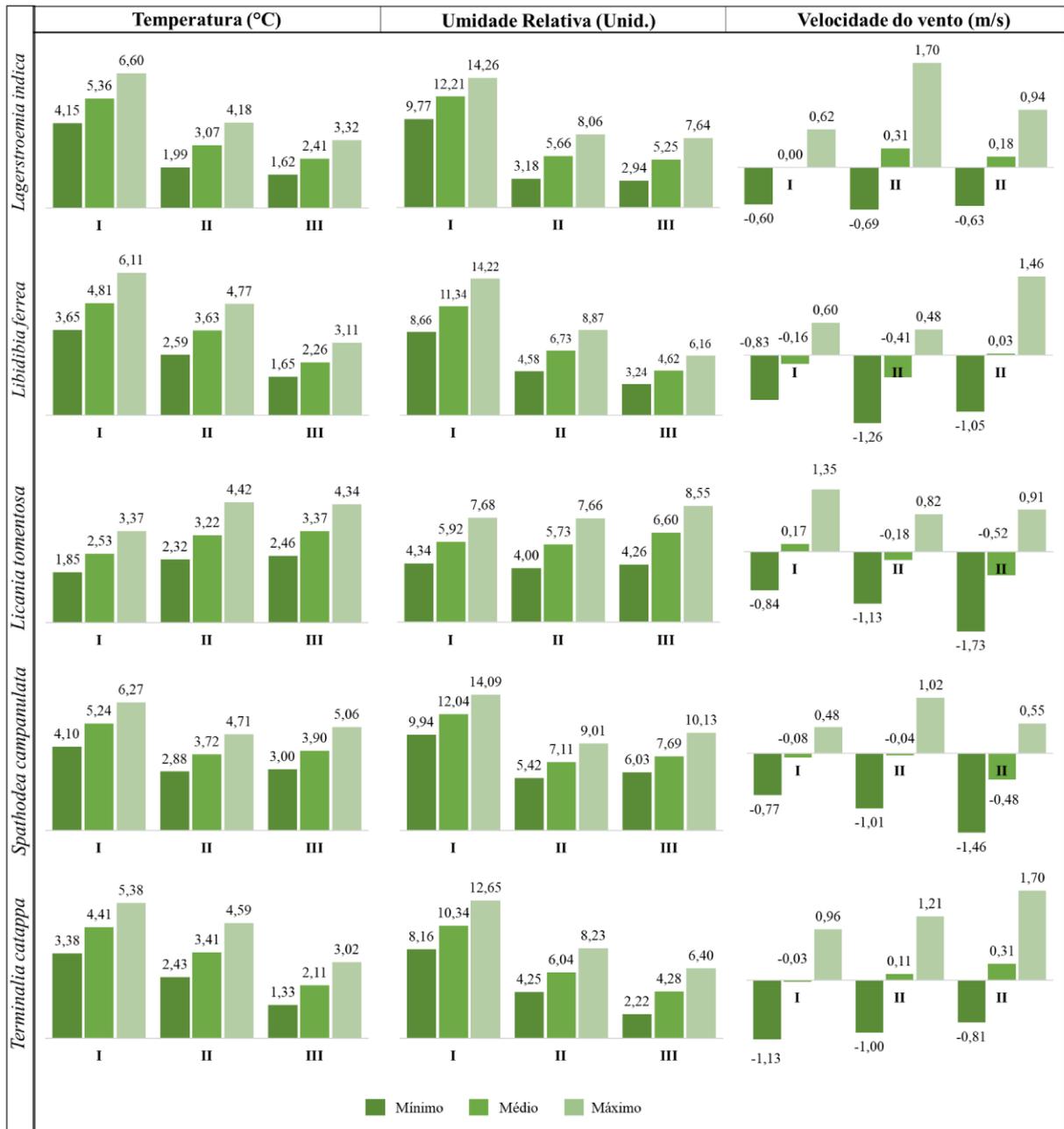
Wickert e Silva (2018) constataram que em Canoas-RS, as temperaturas mínimas foram mais altas nas regiões mais arborizadas, mesmo durante o período de baixas temperaturas. Schmitz e Mendonça (2011) observaram que os valores máximos da temperatura durante o período de temperaturas mais altas e os valores mínimos durante o período de temperaturas mais baixas foram mais brandos.

É importante destacar que, até mesmo nas espécies caducas no período I, o aparelho sempre foi mantido na sombra, mesmo que fosse na sombra do tronco. Por isso, todas as espécies conseguiram diminuir a temperatura embaixo da copa, mesmo que sem folhas ou com poucas folhas.

Figura 14. Valores médios das diferenças de temperatura do ar (T °C), umidade relativa do ar (UR unidades) e velocidade do vento (VV m/s) de cada espécie para os diferentes períodos do ano (I – temperaturas mais baixas e sem precipitação, II – temperaturas mais elevadas e sem precipitação, e III – temperaturas mais elevadas e com precipitação).



Continua...



Fonte: A autora (2021).

O aumento da umidade relativa máxima foi maior no período I para todas as espécies, com exceção de *Licania tomentosa*, que apresentou o maior aumento no período III. O menor aumento ocorreu no período II, com exceção das espécies *Libidibia ferrea*, *Terminalia catappa* e *Lagerstroemia indica*, que apresentaram o menor aumento no período III. Quanto a umidade relativa mínima, todas as espécies apresentaram maior diferença mínima no período I, sem exceções. As menores diferenças ocorreram no período II, com exceção de *Libidibia ferrea*, *Terminalia catappa*, *Lagerstroemia indica* e *Handroanthus serratifolius*, com menores diferenças no período III.

O período II, caracterizado como altas temperaturas e ausência de precipitações, corresponde aos dados da primavera dos estudos de Maria (2014), que observou maior similaridade de comportamento entre as espécies, quando comparada ao período de temperaturas mais baixas. O mesmo ocorreu neste estudo, em que no período II foi observado menores diferenças entre as espécies.

Quanto a velocidade do vento, analisando os valores positivos, que indicam diminuição da velocidade do vento embaixo da copa, a maioria das espécies apresentaram maior diminuição no período III, que foi o período com mais rajada de vento durante a coleta. A maioria das espécies também apresentaram maiores diminuições de velocidade máxima no período III, com exceção de *Licania tomentosa*, que apresentou maior diminuição no período I, e *Lagerstroemia indica*, *Filicium decipiens*, *Spathodea campanulata* e *Caesalpinia pluviosa*, que apresentaram maiores diferenças no período II.

Na pesquisa de Martini, Biondi e Batista (2013a), a velocidade máxima do vento apresentou variação entre as amostras e estações do ano, mas não foi possível detectar uma tendência. No presente estudo, foi possível observar que as árvores conseguiram diminuir mais a velocidade do vento no período com mais rajadas (período III).

Em geral, no período I, as espécies que proporcionaram a maior diminuição de temperatura foram *Filicium decipiens*, *Handroanthus serratifolius*, *Lagerstroemia indica* e *Spathodea campanulata*. No período II, *Handroanthus serratifolius*, *Delonix regia* e *Bauhinia variegata* e, no período III, *Filicium decipiens*, *Handroanthus serratifolius* e *Delonix regia*, sendo estas espécies opções para uma maior diminuição de temperatura local.

As espécies que mais conseguiram aumentar a umidade relativa no período I foram as mesmas espécies relatadas para a temperatura. No período II, foram *Handroanthus serratifolius*, *Delonix regia* e *Spathodea campanulata*, e, no período III, *Filicium decipiens*, *Handroanthus serratifolius* e *Handroanthus impetiginosus*, sendo opções para regiões de menor umidade relativa do ar.

A atenuação da temperatura promovida por *Delonix regia*, *Bauhinia variegata* e *Handroanthus serratifolius* não difere estatisticamente entre nenhum dos períodos analisados. Nas espécies *Libidibia ferrea*, *Terminalia catappa* e *Filicium decipiens* ocorre diferença estatística entre todos os períodos. A atenuação de temperatura promovida por *Spathodea campanulata*, *Lagerstroemia indica* e *Licania tomentosa* no período I foi estatisticamente distinta dos períodos II e III, mas não houve diferença entre o período II e III nestas espécies. Ou seja, o benefício dessas espécies é diferente entre os períodos de maior ou menor temperatura, mas não quanto a presença de precipitação. Por fim, a atenuação de temperatura

promovida por *Caesalpinia pluviosa* e *Handroanthus impetiginosus* no período II foi estatisticamente distinta ao encontrado no período I e III, mas I foi semelhante ao III (Tabela 8).

Desta forma, pôde-se observar que a atenuação da temperatura em todos os períodos do ano variou de acordo com as características de cada espécie. Houve uma tendência das espécies de copa densa apresentarem os melhores resultados em todas as estações do ano, com exceção de *Lagerstroemia indica*, que apresenta copa pouco densa.

Outra observação é que as espécies do gênero *Handroanthus* entraram para o *ranking* de maiores diferenças de temperatura devido aos resultados obtidos nos períodos II e III, quando já apresentavam copas mais cheias de folhas, ao contrário do que ocorreu no período I quando estavam sem ou com poucas folhas. *Lagerstroemia indica* apresentou resultados consideravelmente diferentes no período I, em relação ao período II e III, assim como *Licania tomentosa*. Desta forma, o benefício geral destas espécies ao longo do estudo teve interferência expressiva do que se observou apenas neste período.

Pérez (2017) analisou o microclima e o conforto térmico proporcionado por cinco espécies de árvores urbanas em Gurupi-TO, e, no período seco, considerado o mais crítico, as espécies que mais atenuaram as temperaturas foram *Licania tomentosa*, *Mangifera indica* e *Caesalpinia pluviosa*.

O aumento da umidade relativa do ar promovido por *Licania tomentosa* não diferiu estatisticamente entre os períodos analisados. Para as espécies *Filicium decipiens*, *Libidibia ferrea*, *Terminalia catappa* e *Caesalpinia pluviosa* ocorreu diferença estatística entre todos os períodos. O aumento de umidade relativa das demais espécies no período I foi estatisticamente distinta do período II, mas semelhante em III.

A análise por espécies comprova que a umidade relativa possui influência no benefício da arborização, pois das 11 espécies estudadas, 10 obtiveram diferença estatística, sendo o período I (de maior umidade relativa segundo a estação meteorológica de Viçosa) de maior diferença.

Tabela 8. Comparação dos valores médios das diferenças das variáveis temperatura do ar (T °C), umidade relativa do ar (UR unidades) e velocidade do vento (VV m/s) de cada espécie para os diferentes períodos do ano (I – temperaturas mais baixas e sem precipitação, II – temperaturas mais elevadas e sem precipitação, e III – temperaturas mais elevadas e com precipitação).

Espécies	Variáveis	Período		
		I	II	III
<i>Bauhinia variegata</i>	T	3,41 a	3,67 a	3,61 a
	UR	9,18 a	7,31 b	7,69 b
	VV	-0,07 a	0,01 a	0,19 a
<i>Caesalpinia pluviosa</i>	T	3,88 a	2,24 b	3,77 a
	UR	9,17 a	4,62 c	7,78 b
	VV	-0,11 b	0,37 a	0,23 a
<i>Delonix regia</i>	T	3,97 a	3,87 a	3,56 a
	UR	9,91 a	7,50 b	8,08 b
	VV	0,09 a	0,03 a	0,17 a
<i>Filicium decipiens</i>	T	6,49 a	3,50 c	5,60 b
	UR	15,36 a	6,45 c	10,56 b
	VV	-0,02 a	0,10 a	-0,08 a
<i>Handroanthus impetiginosus</i>	T	4,21 a	2,96 b	4,18 a
	UR	12,00 a	6,34 b	7,50 b
	VV	-0,06 a	-0,06 a	0,17 a
<i>Handroanthus serratifolius</i>	T	5,18 a	4,76 a	5,02 a
	UR	13,64 a	9,57 b	9,75 b
	VV	-0,18 a	-0,18 a	-0,03 a
<i>Lagerstroemia indica</i>	T	5,36 a	3,07 b	2,41 b
	UR	12,21 a	5,66 b	5,25 b
	VV	0,00 b	0,31 a	0,18 ab
<i>Libidibia ferrea</i>	T	4,81 a	3,63 b	2,26 c
	UR	11,34 a	6,73 b	4,62 c
	VV	-0,16 ab	-0,41 b	0,03 a
<i>Licania tomentosa</i>	T	2,53 b	3,22 a	3,37 a
	UR	5,92 a	5,73 a	6,60 a
	VV	0,06 a	-0,18 a	-0,42 a
<i>Spathodea campanulata</i>	T	5,24 a	3,72 b	3,90 b
	UR	12,04 a	7,11 b	7,69 b
	VV	-0,08 a	-0,04 a	-0,48 b
<i>Terminalia catappa</i>	T	4,41 a	3,41 b	2,11 c
	UR	10,34 a	6,04 b	4,28 c
	VV	-0,03 a	0,11 a	0,31 a

Fonte: A autora (2021).

Nota: As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na mesma linha não difere entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Para a velocidade do vento, *Filicium decipiens*, *Handroanthus serratifolius*, *Terminalia catappa*, *Handroanthus impetiginosus*, *Delonix regia*, *Bauhinia variegata* e *Licania tomentosa* não diferiram estatisticamente entre os períodos estudados. *Spathodea campanulata* diferiu em III (período com precipitação), mas foi semelhante em I e II (períodos sem precipitação). *Lagerstroemia indica* diferiu em I e II – períodos de baixa e alta temperatura, mas em III não diferiu nem de I nem de III. *Libidibia ferrea* diferiu em II e III, mas em I não diferiu nem de II nem de III. Por fim, *Caesalpinia pluviosa* diferiu em I e II (períodos de baixa e alta temperatura), mas foi semelhante em III.

Nas pesquisas de Maria (2014) feitas no inverno, período de baixas temperaturas e sem precipitação, em Dois Vizinhos-PR, a autora observou que *Caesalpinia pluviosa*, espécie semidecídua, apresentou menores velocidade do vento, servindo de barreira para ventos fortes. O ipê, espécie decídua, deixa o caminho livre, formando corredores de ventos e acumulando velocidade, sendo uma característica indesejada no inverno em regiões frias. Neste presente estudo, no período I (correspondendo ao inverno), *Caesalpinia pluviosa* apresentou atenuação das velocidades de vento maiores do que *Handroanthus impetiginosus* e menores que *Handroanthus serratifolius*.

É importante lembrar, que as árvores foram analisadas em dias diferentes, em cada período estudado, ocorrendo diferença nas características meteorológicas do dia, influenciando no resultado.

De maneira geral, ao analisar a temperatura, as espécies que mais se destacaram no período de baixa temperatura, foram *Filicium decipiens*, *Lagerstroemia indica* e *Spathodea campanulata*. No período de temperaturas mais elevadas e sem precipitação, foram as espécies *Handroanthus serratifolius*, *Delonix regia* e *Spathodea campanulata*. No período de temperaturas mais elevadas e com precipitação foram *Filicium decipiens*, *Handroanthus serratifolius* e *Handroanthus impetiginosus*.

Para a umidade relativa, as espécies com maiores diferenças no período de baixas temperaturas foram *Filicium decipiens*, *Handroanthus serratifolius* e *Lagerstroemia indica*. No período de temperaturas mais elevadas e sem precipitação foram *Handroanthus serratifolius*, *Delonix regia* e *Bauhinia variegata*. No período de temperaturas mais elevadas e com precipitação foram *Filicium decipiens*, *Handroanthus serratifolius* e *Delonix regia*.

Handroanthus serratifolius, *Spathodea campanulata* e *Filicium decipiens* foram as espécies que se repetem em algum período do ano, para a temperatura, e *Filicium decipiens*, *Handroanthus serratifolius* e *Delonix regia* para a umidade relativa. Essas espécies são as mais

indicadas para locais caracterizados por temperaturas mais altas e umidade relativa mais baixa, respectivamente.

Os resultados evidenciaram a importância de considerar as variações climáticas das regiões para inferir sobre o benefício microclimático da arborização, além de destacar as diferenças quantitativa entre espécies. Pôde-se observar que o benefício microclimático ocorreu em todos os períodos, mas o aumento da intensidade está diretamente relacionado com os maiores valores de umidade relativa do ar, ou seja, em períodos, dias ou horas mais úmidas o benefício é acentuado. Além disso, destaca-se a importância de se considerar as condições meteorológicas do momento de coleta na análise dos resultados.

4.4 RAIOS DE INFLUÊNCIA EXERCIDOS POR CADA ESPÉCIE EM SEU ENTORNO IMEDIATO

O benefício microclimático promovido pelas copas das árvores se estendeu em média até 25 m (último raio estudado) de distância para a variável temperatura e 5 m para umidade relativa, com variação entre as espécies.

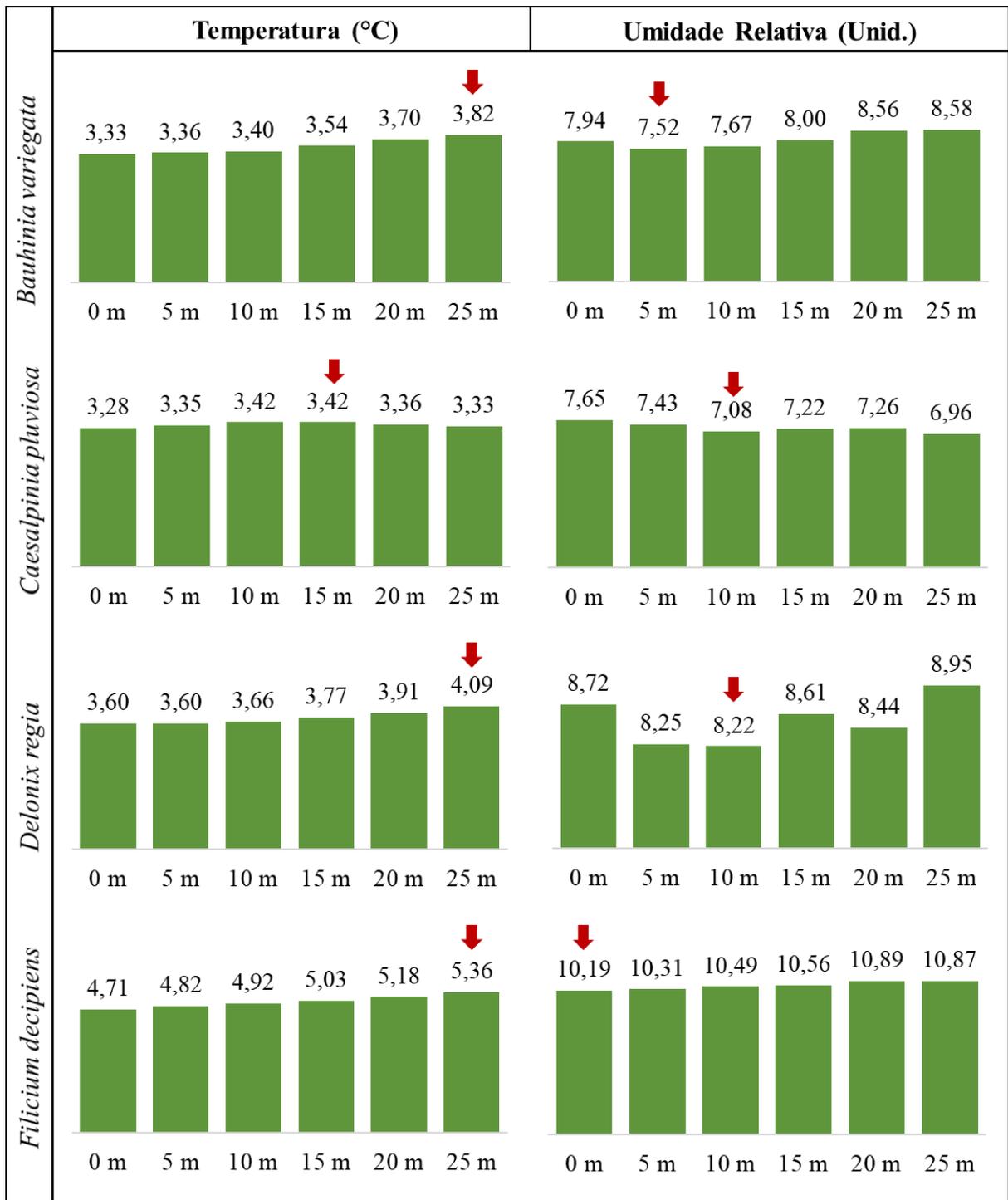
Os valores de temperatura média subiram gradativamente conforme se afastava do tronco da árvore, proporcionando um aumento gradual na diferença entre os ambientes (céu aberto e embaixo da copa). Podendo-se inferir assim, que até a última distância avaliada (25 m) o benefício das árvores pôde ser observado. Em Gurupi-TO, cidade de clima quente e semiúmido, encontrou um raio de influência para a temperatura do ar em árvores isoladas de 15 m (PÉREZ, 2017). Essa mesma distância foi encontrada em Campinas-SP, cidade de clima subtropical de inverno seco e verão quente (ABREU, 2008). Em Curitiba, caracterizada pelo clima subtropical úmido, a distância foi de 10 m (MARTINI, 2016).

Para a umidade relativa, a 5 m de distância verificou-se uma alteração no comportamento padrão dessa variável. No entanto, embora evidenciado um decréscimo da diferença entre os ambientes, esse valor ao longo de todo o afastamento foi inferior a própria precisão do equipamento, o que não permite afirmar seguramente que esse benefício vai apenas até 5 m. Em Curitiba, por exemplo, foi encontrado um raio de influência de 25 m para a umidade relativa (MARTINI, 2016).

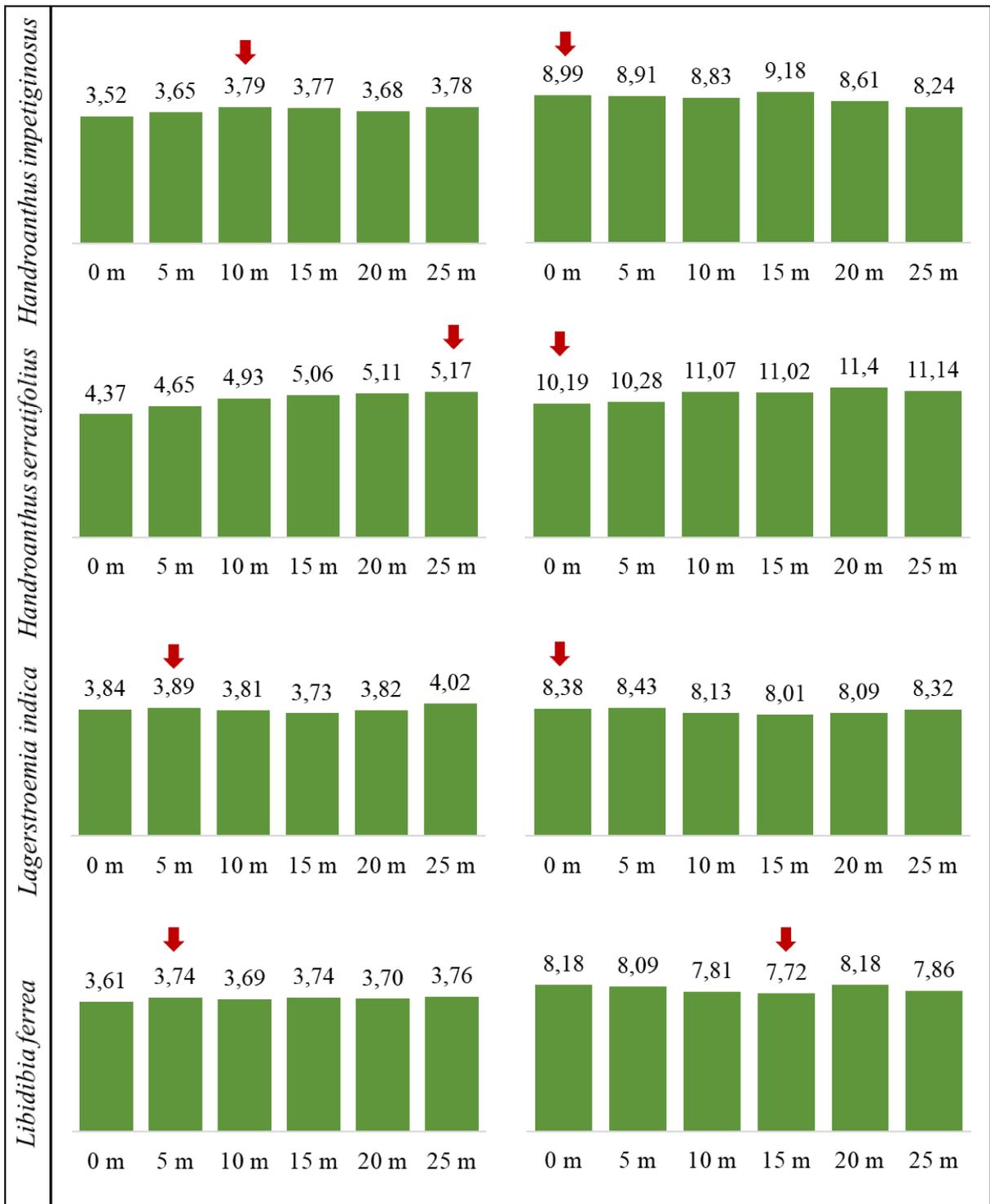
Esse aumento da temperatura e diminuição da umidade relativa gradualmente ocorre porque ao se afastar das árvores, há uma diminuição dos benefícios causados pelo sombreamento e evapotranspiração desses indivíduos.

A partir da determinação do raio de influência das diferentes espécies em seu entorno, constatou-se uma variação das distâncias entre as espécies estudadas (Figura 15).

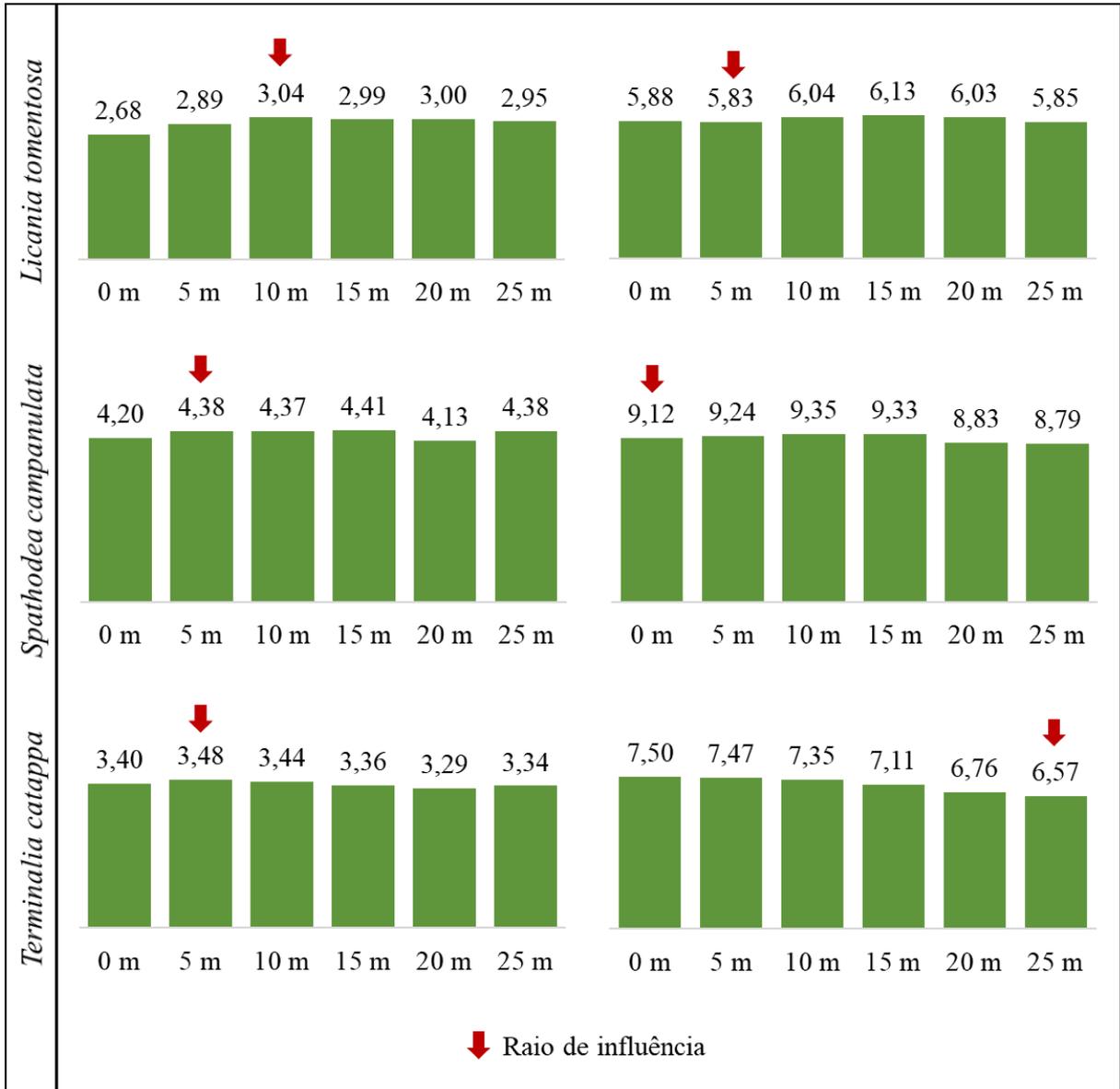
Figura 15. Valores médios da diferença de temperatura do ar (T °C) e umidade relativa do ar (UR unidades) percorrido pelo transecto móvel para determinação do raio de influência de cada espécie – indicado pela seta.



Continua...



Continua...



Fonte: A autora (2021).

Foi possível observar que para a variável temperatura, as espécies *Delonix regia*, *Bauhinia variegata*, *Handroanthus serratifolius* e *Filicium decipiens* exerceram influência a maiores distâncias do que as demais (25 m). Para as espécies *Libidibia ferrea*, *Terminalia catappa*, *Lagerstroemia indica* e *Spathodea campanulata* a distância foi menor (5 m).

De acordo com as análises dos dados, foi possível observar que, possivelmente, o maior raio de influência para *Filicium decipiens* e *Bauhinia variegata* foram devido a copa baixa dos indivíduos, em que o aparelho medidor fica mais próximo à copa. Para *Delonix regia*, a influência pode ter sido devido à um diâmetro maior, área e volume de copa dos indivíduos. Para *Handroanthus serratifolius* não foi possível identificar uma característica que influenciasse nesse resultado.

Em Goiânia-GO, Herrmann (2008) analisou as espécies *Lophantera lactescens*, *Caesalpinia pluviosa* e *Sapindus saponaria*, que apresentaram os melhores resultados de atenuação da variável temperatura nas distâncias 1, 5 e 10 m. Martini, Biondi e Batista (2014) encontraram, através do transecto móvel, em Curitiba-PR, um raio de influência para a variável temperatura de 50 m para *Libidibia ferrea*, 25 m para *Handroanthus chrysotrichus* (outra espécie de ipê-amarelo) e 50 m para *Lagerstroemia indica*.

Em relação à umidade relativa, *Terminalia catappa* foi a espécie que exerceu influência por uma distância maior (25 m), esse resultado pode ter ocorrido devido a homogeneidade entre os três indivíduos desta espécie, que se destacam no diâmetro de copa, volume e área de copa, associada à presença de uma base de copa baixa, mais próxima ao aparelho, permitindo detectar melhor a influência da umidade relativa embaixo da copa. Para as espécies *Handroanthus impetiginosus*, *Handroanthus serratifolius*, *Spathodea campanulata*, *Filicium decipiens* e *Lagerstroemia indica* não foi possível determinar esta distância, visto que já na borda (0 m) se encontrou os menores valores de diferença entre os ambientes.

O raio de influência encontrado na literatura para a umidade relativa para *Libidibia ferrea* e *Handroanthus chrysotrichus* foi de 25 m, e para *Lagerstroemia indica* foi de 50 m (MARTINI; BIONDI; BATISTA, 2014).

De maneira geral, foi possível identificar a expressiva variação entre as espécies quanto ao benefício que proporcionam no entorno imediato. Foi possível identificar que *Delonix regia*, *Bauhinia variegata*, *Handroanthus serratifolius*, *Terminalia catappa* e *Filicium decipiens* influenciam claramente na temperatura do ar até 25 m de distância, ou mais, já que esta distância foi a máxima pré-definida na pesquisa. *Terminalia catappa* foi a única espécie que atingiu os 25 m para a umidade relativa.

4.5 CARACTERÍSTICAS DAS ÁRVORES QUE MAIS INFLUENCIARAM NA MELHORIA MICROCLIMÁTICA

A correlação dos valores das diferenças médias, mínimas, máximas e amplitude/variação das variáveis temperatura, umidade relativa e velocidade do vento obtidas em cada indivíduo com as variáveis dendrométricas (APÊNDICE 5) não resultaram em altas correlações para nenhuma variável, a maioria das correlações quando estatisticamente significativas foram baixas (Tabela 9).

O volume de copa apresentou correlação significativa com a umidade relativa mínima e máxima. Desta forma, pode-se afirmar que quanto maior o volume de copa, maior será a

diferença de umidade mínima e máxima. A correlação da área de copa mostra que quanto maior a área, maior a variação da umidade relativa.

Tabela 9. Análise da correlação de Pearson entre as variáveis dendrométricas e os valores médios da diferença das variáveis microclimáticas (T, UR e VV) de cada indivíduo arbóreo.

Variáveis	DAP	Ht	Hc	Dc	Ac	Vc	Ab	LAI	
T	Méd.	0,1620 ^{NS}	-0,1576 ^{NS}	0,0299 ^{NS}	-0,2331 ^{NS}	-0,2106 ^{NS}	0,2579 ^{NS}	-0,0981 ^{NS}	0,0801 ^{NS}
	Mín.	0,1367 ^{NS}	-0,1822 ^{NS}	-0,0443 ^{NS}	-0,2654 ^{NS}	0,2462 ^{NS}	0,2381 ^{NS}	-0,0925 ^{NS}	-0,0617 ^{NS}
	Máx.	0,1812 ^{NS}	-0,1453 ^{NS}	-0,0197 ^{NS}	-0,1828 ^{NS}	-0,1458 ^{NS}	0,2591 ^{NS}	-0,1150 ^{NS}	0,0464 ^{NS}
	Amp.	0,1803 ^{NS}	0,0844 ^{NS}	0,0733 ^{NS}	0,2201 ^{NS}	0,2847 ^{NS}	0,1234 ^{NS}	-0,0963 ^{NS}	0,1613 ^{NS}
UR	Méd.	0,2609 ^{NS}	-0,1305 ^{NS}	-0,0334 ^{NS}	-0,2370 ^{NS}	-0,2032 ^{NS}	0,3390*	-0,0395 ^{NS}	-0,1337 ^{NS}
	Mín.	0,2349 ^{NS}	-0,1507 ^{NS}	-0,0174 ^{NS}	-0,2678 ^{NS}	-0,2339 ^{NS}	0,3383*	-0,1042 ^{NS}	-0,1134 ^{NS}
	Máx.	0,2628 ^{NS}	-0,1378 ^{NS}	-0,0550 ^{NS}	-0,1839 ^{NS}	-0,1440 ^{NS}	0,3119*	-0,0060 ^{NS}	-0,1475 ^{NS}
	Var.	0,0941 ^{NS}	0,0255 ^{NS}	-0,1064 ^{NS}	0,2160 ^{NS}	0,2351*	-0,0503 ^{NS}	0,2674 ^{NS}	-0,1033 ^{NS}
VV	Méd.	0,0634 ^{NS}	0,0730 ^{NS}	-0,0444 ^{NS}	0,4188**	0,4595**	-0,0016 ^{NS}	-0,0575 ^{NS}	-0,0349 ^{NS}
	Mín.	0,0589 ^{NS}	0,0638 ^{NS}	0,0918 ^{NS}	0,1811 ^{NS}	0,2347 ^{NS}	0,0821 ^{NS}	-0,1365 ^{NS}	-0,0070 ^{NS}
	Máx.	0,0066 ^{NS}	0,1448 ^{NS}	-0,0345 ^{NS}	0,3347*	0,3072*	-0,0747 ^{NS}	-0,0431 ^{NS}	0,1494 ^{NS}
	Var.	-0,0361 ^{NS}	0,0513 ^{NS}	-0,0856 ^{NS}	0,0956 ^{NS}	0,0408 ^{NS}	-0,1053 ^{NS}	0,0653 ^{NS}	0,1029 ^{NS}

Fonte: A autora (2021).

Nota: *Significante a 5% pelo teste “t”; **Significante a 1% pelo teste “t”; ^{NS} Não existe significância da correlação linear entre elas.

A correlação existente entre a velocidade do vento e o diâmetro e a área de copa, tanto para valores médios e máximos, evidencia que quanto maiores forem as dimensões da copa, mais elas influenciarão na diminuição da velocidade do vento a 1,50 m, que foi a altura do equipamento utilizado na hora da coleta. Isso mostra que as árvores de copas mais largas e de maior área funcionam melhor como barreira contra o vento. A maior correlação encontrada foi entre a velocidade do vento média e área de copa (0,45).

As variáveis DAP, altura total, altura de copa, abertura de copa e LAI não apresentaram correlação significativa tanto para a temperatura, quanto para a umidade relativa e a velocidade do vento.

Estudos realizados em ChangChun-China, revelaram que as florestas urbanas realizaram um efeito termorregulador forte na regulação microclimática em dias ensolarados, com altas temperaturas e baixas umidade relativa. De maneira geral, foi observado que as árvores mais altas e de maior área de copa apresentaram funções regulatórias mais elevadas, pois com um maior sombreamento conseguiram aumentar o resfriamento e a umidade relativa embaixo da copa (WANG et al., 2018).

Segundo outras pesquisas realizadas, as características arbóreas que mais influenciam na melhoria microclimática são: altura de copa, tamanho e densidade da copa, radiação solar e LAI (MORAKINYO et al., 2017; ZHANG; LV; PAN, 2013). No entanto, não foi observado fortes correlações com essas variáveis neste estudo.

Tal resultado pode ter ocorrido devido à algumas espécies não terem atingido a fase adulta, não apresentando altura e características de copa máximas ainda. Provavelmente a análise de três árvores por espécie também pode não ter sido suficiente para caracterizar um padrão dendrométrico representativo. Além disso, destaca-se que a melhoria microclimática é reflexo da interação de fatores e agentes, não se limitando a apenas uma variável dendrométrica isolada, portanto, depende de uma série de fatores relacionados a árvore e ao meio (CARVALHO; MARTINI, 2021).

5 CONCLUSÃO

As árvores urbanas isoladas proporcionam melhora microclimática, com uma diminuição média na temperatura de 2,37 °C e um aumento de 4,85 unidades de umidade relativa, transformando o ambiente em locais mais agradáveis. Tal influência foi verificada tanto embaixo da copa das árvores quanto em seu entorno imediato, cuja diferença variou para cada espécie estudada.

Embora a média do benefício encontrado às 9h tenha apresentado diferença estatística para a média das 15h, na análise separada por espécies observou-se que esse resultado foi provocado pela ação de apenas 4 espécies. Não evidenciando, de fato, diferença entre os horários das 9 e 15h, mas estes diferem do observado à noite.

A diminuição da temperatura e o aumento da umidade relativa das espécies foi evidente em todos os períodos do ano, no entanto, as maiores diferenças entre os ambientes foram encontradas durante o período I, considerado o período de temperaturas mais baixas e sem precipitação, mas caracterizado por maior umidade relativa do ar. Assim, pode-se afirmar que o benefício microclimático é acentuado em condições de maior umidade. As espécies comprovaram que dias com temperatura e umidade relativa mais baixas ou mais elevadas interferem diferentemente na quantificação do benefício da arborização, sendo que para a presença ou ausência de precipitação não houve indícios dessa diferenciação.

De maneira geral, as espécies que mais se repetiram como destaque na melhoria microclimática, tanto pelo horário quanto pelo período do ano, foram *Filicium decipiens* e *Handroanthus serratifolius*.

O raio de influência variou de acordo com as espécies, sendo em média 25 m para a temperatura e de 5 m para a umidade relativa. As espécies *Delonix regia*, *Bauhinia variegata*, *Handroanthus serratifolius*, *Terminalia catappa* e *Filicium decipiens* atingiram o maior saio estudado (25 m) para a temperatura e para a umidade relativa foi a espécie *Terminalia catappa* (25 m).

Por fim, a maioria das variáveis microclimáticas e dendrométricas obtiveram correlações baixas, sendo que fatores relacionados à idade das espécies, quantidade de exemplares e ao meio podem ter influenciado neste resultado. Isso mostra que a melhoria microclimática não depende apenas de uma variável isolada, e sim de uma interação de fatores e agentes que precisam ser analisados.

REFERÊNCIAS

- ABREU, L. V. de. **Avaliação da escala de influencia da vegetação no microclima por diferentes espécies arbóreas**. 2008. 154 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.
- ABREU, L. V.; LABAKI, L. C. Conforto térmico propiciado por algumas espécies arbóreas: avaliação do raio de influência através de diferentes índices de conforto. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 103–117, 2010.
- ADAMS, M. P.; SMITH, P. L. A systematic approach to model the influence of the type and density of vegetation cover on urban heat using remote sensing. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdã, v. 132, p. 47–54, 2014.
- AGUIAR, O. B. M.; TEIXEIRA, H. M. Espécies florestais da mata atlântica: usos e ocorrência na bacia hidrográfica do ribeirão São Bartolomeu, Viçosa-MG. **Cadernos de agroecologia**, Belém, v. 10, n. 3, 2015.
- AKBARI, H.; TAHA, H. The impact of trees and white surfaces on residential heating and cooling energy use in four Canadian cities. **Energy**, Oxford, v. 17, n. 2, p. 141–149, 1992.
- ALBUQUERQUE, M. M. DE; LOPES, W. G. R. Influência da vegetação em variáveis climáticas: estudo em bairros da cidade de Teresina, Piauí. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, Curitiba, v. 36, p. 38–68, 2016.
- ALLEN, M. A.; ROBERTS, D. A.; MCFADDEN, J. P. Reduced urban green cover and daytime cooling capacity during the 2012–2016 California drought. **Urban Climate**, Amsterdã, v. 36, p. 100768, 2021.
- ALMEIDA JUNIOR, N. L. DE. **Estudo de clima urbano : uma proposta metodológica**. 2005. 109 f. Dissertação (Mestrado em Física e Meio ambiente) - Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2005.
- AMORIM, M. C. C. T. Climatologia e gestão do espaço urbano. **Mercator**, Fortaleza, v. 9, n. 1, número especial, p. 71–90, 2010.
- ANDRADE, A. R. de. **Articulações entre o clima Urbano e o clima regional: Uma abordagem a partir da análise de Irati e Guarapuava/ PR**. 2010. 266 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.
- ARAÚJO, M. N. de; ARAÚJO, A. J. de. **Série de cadernos técnicos da agenda parlamentar: arborização urbana**. Curitiba: CREA-PR, 2011.
- AVILA-DIAZ, A. et al. Climatological aspects and changes in temperature and precipitation extremes in viçosa-Minas Gerais. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 92, n. 2, p. 1–19, 2020.
- BACK, A. G. **Urbanização, planejamento e mudanças climáticas: desafios da Capital Paulista e da Região Metropolitana de São Paulo**. 2016. 216 f. Tese (Doutorado em Ciência Política) Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2016.
- BARBIERI, M. D.; FERREIRA, L. DA C.; BARBI, F. Governando as mudanças climáticas: as estratégias políticas de Brasil e China. **Idéias**, Campinas, v. 9, n. 2, p. 71–98, 2018.
- BARBIRATO, G. M.; SOUZA, L. C. L. DE; TORRES, S. C. **Clima e cidade: a abordagem climática como subsídio para estudos urbanos**. Maceió: EDUFAL, 2007. 164p.
- BARBOSA, R. V. R. **Áreas verdes e qualidade térmica em ambientes urbanos: estudos em microclimas de Macéio (AL)**. 2005. 135 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia

Ambiental) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

BARBOSA, R. V. R. et al. **Espécies arbóreas em espaços públicos para amenização de efeitos térmicos do microclima urbano de cidades tropicais de baixa latitude , uma revisão sistemática.** In: Congresso Araguaense de Ciências exata, tecnológica e social aplicada, p. xx, 2020, Santana do Araguaia. **Anais...** Ciências exata, tecnológica e social aplicada, p. xx, 2020, Santana do Araguaia. Santana do Araguaia: II CONARA, 2020. p. 722-729.

BARBOSA, R. V. R.; BARBIRATO, G. M.; VECCHIA, F. A. S. Vegetação urbana: análise experimental em cidade de clima quente e úmido. In: ENCAC - COTEDI, 2003, Curitiba. **Anais..** Curitiba, 2003. p. 722-729.

BASSO, J. M.; CORRÊA, R. S. Arborização urbana e qualificação da paisagem. **Paisagem e Ambiente: ensaios**, São Paulo, n. 34, p. 129–148, 2014.

BEYER, K. M. M. et al. Exposure to neighborhood green space and mental health: Evidence from the survey of the health of wisconsin. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, Basel - Switzerland, v. 11, n. 3, p. 3453–3472, 2014.

BIONDI, D. Floresta urbana: conceitos e terminologias. In: Biondi D. **Floresta urbana.** Curitiba: A autora, 2015, p. 11-27.

BOMFIM, S.; GIOTTO, A.; SILVA, A. Câncer de pele: conhecendo e prevenindo a população. **REVISA** (Online), v. 7, n. 3, p. 255–259, 2018.

BOWLER, D. E. et al. Urban Greening to Cool Towns and Cities: A Systematic Review of the Empirical Evidence. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdã, v. 97, n. 3, p. 147–155, 2010.

BRIANEZI, D. et al. Avaliação da arborização urbana no campus-sede da Universidade Federal de Viçosa. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 8, n. 4, p. 89–106, 2013.

BUENO, M. M. DE A. **Influência da arborização em variedades climáticas.** 2019. 66 f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Universidade de Taubaté, Caçapava, 2019.

CARVALHO, J. A.; NUCCI, J. C.; VALASKI, S. Inventário das árvores presentes na arborização de calçadas da porção central do bairro Santa Felicidade–Curitiba/PR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 5, n. 1, p. 126–143, 2010.

CARVALHO, L. F.; MARTINI, A. As características dendrométricas das árvores influenciam na melhoria microclimática? In: Congresso Brasileiro de Arborização Urbana - Pré-evento do XXIV CBAU e III CIAU, 2021, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande, 2021.

CARVALHO, T. de S. **Inclinação da placa de raízes em espécies da arborização urbana com o uso de tree motion sensors - TMS.** 2020. 84 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2020.

CHANG, C.; LI, M.; CHANG, S. A preliminary study on the local cool-island intensity of Taipei city parks. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdã, v. 80, p. 386-395, 2007.

CHANG, C. Y.; CHEN, P. K. Human response to window views and indoor plants in the workplace. **HortScience**, Pleasanton - USA, v. 40, n. 5, p. 1354–1359, 2005.

CHIESURA, A. The role of urban parks for the sustainable city. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdã, v. 68, n. 1, p. 129–138, 2004.

- CHU, A.; LIN, Y. C.; CHIUEH, P. TE. Incorporating the effect of urbanization in measuring climate adaptive capacity. **Land Use Policy**, Amsterdã, v. 68, n. May, p. 28–38, 2017.
- CONTI, J. B. **Clima e meio ambiente**. 7. ed. São Paulo: Atual, 2011.
- COSTA E LIMA, R. M.; SILVA JÚNIOR, M. C. Inventário da arborização urbana implantada na década de 60 no Plano Piloto, Brasília, DF. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 5, n. 4, p. 110–127, 2010.
- DACANAL, C.; LABAKI, L. C.; SILVA, T. M. L. DA. Vamos passear na floresta! O conforto térmico em fragmentos florestais urbanos. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 115–132, 2010.
- DACOL, K. C.; TISCHER, W. A relação entre soluções baseadas na natureza e serviços ecossistêmicos: uma análise bibliométrica. **GeoNordeste**, São Cristóvão, Ano XXXI, n. 2, p. 172–191, 2020.
- DANTAS, I. C.; SOUZA, C. M. C. DE. Arborização urbana na cidade de Campina Grande - PB: Inventário e suas espécies. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Sergipe, v. 4, n. 2, 2004.
- DI GIULIO, G. M. et al. **Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima: possibilidades e desafios**. Jornal da ciência, 2016.
- DI GIULIO, G. M. et al. Eventos extremos, mudanças climáticas e adaptação no estado de São Paulo. **Ambiente & Sociedade**. São Paulo, v. 2, p. 1-20, 2019.
- DI GIULIO, G. M.; MARTINS, A. M. B.; LEMOS, M. C. Adaptação climática: Fronteiras do conhecimento para pensar o contexto brasileiro. **Estudos Avancados**, São Paulo, v. 30, n. 88, p. 25–41, 2016.
- DUARTE, D. H. S. **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 (Livre Docência - Departamento de Tecnologia da Arquitetura) – FAUUSP. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.
- DUARTE, D. H. S.; SERRA, G. G. Padrões de ocupação do solo e microclimas urbanos na região de clima tropical continental brasileira: correlações e proposta de um indicador. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 3, n. 2, p. 7–20, 2003.
- EISENLOHR, P. V. et al. Flora fanerogâmica do campus da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 55, n. 4, p. 317–326, 2008.
- ELMES, A. et al. Effects of Urban Tree Canopy Loss on Land Surface Temperature Magnitude and Timing. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, Amsterdã, v. 128, p. 338–353, 2017.
- ELSADEK, M. et al. Brain activity and Emotional Responses of the Japanese People Toward Trees Pruned using Sukashi Technique. **International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology**, Delhi - India, v. 6, n. 3, p. 344–350, 2013.
- ELSADEK, M.; FUJII, E. People's psycho-physiological responses to plantscape colors stimuli : a pilot study. **International Journal of Psychology and Behavioral Sciences**, Irvini - USA, v. 4, n. 2, p. 70–78, 2014.
- ELSADEK, M.; SUN, M.; FUJII, E. Psycho-physiological responses to plant variegation as measured through eye movement, self-reported emotion and cerebral activity. **Indoor and Built Environment**, London, v. 26, n. 6, p. 758-770, 2017.

- ENCINAS, J. I.; SILVA, G. F. DA; TICCHETTI, I. **Variáveis dendrométricas**. Comunicações técnicas florestais. v. 4. Brasília: Universidade de Brasília, 2002.
- FALEIRO, W.; AMÂNCIO-PEREIRA, F. Arborização viária do campus Umuarama da Universidade Federal de Uberlândia, MG. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, v. 6, n. 10, 2007.
- FAN, C.; MYINT, S. W.; ZHENG, B. Measuring the spatial arrangement of urban vegetation and its impacts on seasonal surface temperatures. **Progress in Physical Geography**, Thousand Oaks - USA, v. 39, n. 2, p. 199–219, 2015.
- FEITOSA, S. M. R. et al. Consequências Da Urbanização Na Vegetação E Na Temperatura Da Superfície De Teresina – Piauí. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 6, n. 2, p. 58–75, 2011.
- FERREIRA, L. S.; DUARTE, D. H. S. Exploring the relationship between urban form, land surface temperature and vegetation indices in a subtropical megacity. **Urban Climate**, Amsterdã, v. 27, p. 105–123, 2019.
- FRAZER, G.W., CANHAM, C.D., AND LERTZMAN, K.P. 1999. **Gap Light Analyzer (GLA)**: Imaging software to extract canopy structure and gap light transmission indices from true-colour fisheye photographs, users manual and program documentation. Copyright © 1999: Simon Fraser University, Burnaby, British Columbia, and the Institute of Ecosystem Studies, Millbrook, New York.. Disponível em: <<http://remain.rem.sfu.ca/downloads/Forestry/GLAV2UsersManual.pdf>>.
- FRYD, O.; PAULEIT, S.; BÜHLER, O. The role of urban green space and trees in relation to climate change. **CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources**, Wallingford – UK, v. 6, n. 53, p. 1–14, 2011.
- FUNDAÇÃO GRUPO BOTICÁRIO. **Cidades baseadas na natureza: infraestrutura natural para resiliência urbana**. 2020. Disponível em: <http://www.fundacaogrupoboticario.org.br/pt/Biblioteca/8907A_AF_Paper_Cidades_Baseadas_na_Natureza.pdf>.
- GALANT, N. B. et al. Influência das árvores no microclima urbano: estudo de caso em uma área urbana de Cascavel - PR. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 4, n. 3, p. 126–142, 2015.
- GARTLAND, L. **Ilhas de calor: como mitigar zona de calor em áreas urbanas**. São Paulo: Oficina de textos, 2010.
- GEORGI, N. J.; ZAFIRIADIS, K. The impact of park trees on microclimate in urban areas. **Urban Ecosystems**, New York, v. 9, n. 3, p. 195–209, 2006.
- GHENO, E. L. **Uso do solo, microclimas e clima local no bairro Cidade Alta, Cuiabá-MT**. 2013. 78 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Ciências Humanas e Sociais, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2013.
- GIACOMELI, D. C. **Caracterização da arborização viária e sua influência no microclima urbano na escala do pedestre**. 2013. 128 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2013.
- GILLNER, S. et al. Role of street trees in mitigating effects of heat and drought at highly sealed urban sites. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdã, v. 143, p. 33–42, 2015.
- GONÇALVES, W. Florestas urbanas. **Ação Ambiental**, Viçosa, n. 9, p 17-19, 2000.
- GRIMMOND, S. Urbanization and global environmental change: Local effects of urban warming. **The Royal Geographical Society**, London, v. 173, n. 1, p. 83–88, 2007.

GUARDERAS, P.; COELLO, M.; SILVA, X. El Efecto de los Árboles Urbanos del Parque El Ejido en la Regulación del Microclima de Quito: Interacción Entre Medio Ambiente, Salud y Bienestar. **Rev Fac Cien Med**, Quito, v. 41, n. 1, p. 81–90, 2016.

GUNAWARDENA, K. R.; WELLS, M. J.; KERSHAW, T. Utilising green and bluespace to mitigate urban heat island intensity. **Science of the Total Environment**, Amsterdã, v. 584–585, p. 1040–1055, 2017.

HAMADA, S.; OHTA, T. Seasonal variations in the cooling effect of urban green areas on surrounding urban areas. **Urban Forestry and Urban Greening**, Amsterdã, v. 9, n. 1, p. 15–24, 2010.

HASSAN, A. et al. Effects of walking in bamboo forest and city environments on brainwave activity in young adults. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, London, v. 2018, p. 1–9, 2018.

HATHWAY, E. A.; SHARPLES, S. The interaction of rivers and urban form in mitigating the Urban Heat Island effect: A UK case study. **Building and Environment**, Oxford, v. 58, p. 14–22, 2012.

HEBBERT, M.; JANKOVIC, V. Cities and Climate Change: The Precedents and Why They Matter. **Urban Studies**, Glasgow, v. 50, n. 7, p. 1332–1347, 2013.

HERRMANN, C. R. A. **A qualidade do sombreamento de espécies arbóreas e sua influência no microclima do entorno imediato em ambientes urbanos**. 2008. 158 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do meio ambiente) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2008.

HERZOG, C. P.; ROZADO, C. A. **Diálogo setorial UE-Brasil sobre soluções baseadas na natureza**. Bélgica: Bruxelas, 2019.

HUANG, L. et al. A fieldwork study on the diurnal changes of urban microclimate in four types of ground cover and urban heat island of Nanjing, China. **Building and Environment**, Oxford, v. 43, n. 1, p. 7–17, 2008.

IBGE - Instituto brasileiro de Geografia Estatística. **Cidades**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 10 fev. 2021.

INMET - **Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil. Normais Climatológicas**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 17 mar. 2021.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Geneva: IPCC, 2007.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **The special report on renewable energy sources and climate change mitigation (SRREN)**. Geneva: IPCC, 2011.

IUCN - INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE AND NATURAL RESOURCES REPRODUCTION. **Global Standard for Nature-based Solutions: a user-friendly framework for the verification, design and scaling up of NbS. First edition**. Glang: IUCN, 2020.

JAMES, P. et al. Towards an integrated understanding of green space in the European built environment. **Urban Forestry and Urban Greening**, Amsterdã, v. 8, n. 2, p. 65–75, 2009.

JIANG, B. et al. A dose-response curve describing the relationship between tree cover density and landscape preference. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdã, v. 139, p. 16–25, 2015.

- JIAO, M. et al. Patch size of trees affects its cooling effectiveness: A perspective from shading and transpiration processes. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdã, v. 247, p. 293–299, 2017.
- JIM, C. Y.; CHAN, M. W. H. Urban greenspace delivery in Hong Kong: Spatial-institutional limitations and solutions. **Urban Forestry and Urban Greening**, Amsterdã, v. 18, p. 65–85, 2016.
- JIM, C. Y.; CHEN, W. Y. Ecosystem services and valuation of urban forests in China. **Cities**, Amsterdã, v. 26, n. 4, p. 187–194, 2009.
- KANG, G.; KIM, J. J.; CHOI, W. Computational fluid dynamics simulation of tree effects on pedestrian wind comfort in an urban area. **Sustainable Cities and Society**, Amsterdã, v. 56, p. 102086, 2020.
- KAPLAN, S. The restorative benefits of nature: Toward an integrative framework. **Journal of Environmental Psychology**, Amsterdã, v. 15, n. 3, p. 169–182, 1995.
- KIM, Y.-H.; BAIK, J.-J. Spatial and temporal structure of the urban heat island in Seoul. **Journal of Applied Meteorology**, Boston, v. 44, p. 591–605, 2005.
- KIM, Y. H.; BAIK, J. J. Daily maximum urban heat island intensity in large cities of Korea. **Theoretical and Applied Climatology**, New York, v. 79, n. 3–4, p. 151–164, 2004.
- KONG, F. et al. A satellite image-based analysis of factors contributing to the green-space cool island intensity on a city scale. **Urban Forestry and Urban Greening**, Amsterdã, v. 13, n. 4, p. 846–853, 2014.
- KONG, F. et al. Retrieval of three-dimensional tree canopy and shade using terrestrial laser scanning (TLS) data to analyze the cooling effect of vegetation. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdã, v. 217, p. 22–34, 2016.
- KOTTEK, M. et al. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, Germany, v. 15, n. 3, p. 259–263, 2006.
- LABAND, D. N. An experimental analysis of the impact of tree shade on electricity consumption. **Arboriculture and Urban Forestry**, Atlanta, v. 35, n. 4, p. 197–202, 2009.
- LEAL, L. **A Influência da Vegetação no Clima Urbano da Cidade de Curitiba - PR**. 2012. 172 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.
- LI, J. et al. Impacts of landscape structure on surface urban heat islands: A case study of Shanghai, China. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 115, n. 12, p. 3249–3263, 2011.
- LIN, B.-S.; LIN, Y.-J. Cooling Effect of Shade Trees With Different Characteristics in a Subtropical Urban Park. **HortScience**, Pleasanton - USA, v. 45, n. 1, p. 83–86, 2010.
- LIN, W. et al. Calculating cooling extents of green parks using remote sensing: Method and test. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdã, v. 134, p. 66–75, 2015.
- LINDBERG, F.; GRIMMOND, C. S. B. Nature of vegetation and building morphology characteristics across a city: Influence on shadow patterns and mean radiant temperatures in London. **Urban Ecosystems**, New York, v. 14, n. 4, p. 617–634, 2011.
- LÓIS, É.; LABAKI, L. C.; SANTOS, R. F. Efeitos de diferentes estruturas de vegetação ciliar sobre as variáveis de microclima e a sensação de conforto térmico. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 117–136, 2011.

- LOPES, P. M. O.; **Obtenção de regimes microclimáticos em regiões montanhosas com dados de sensores orbitais e integração de modelos distribuídos**. 2006. 229 f. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2006.
- LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Editora Plantarum, v. 1, 1992. 368 p.
- LORENZI, H. et al. **Árvores exóticas no Brasil: madeireiras, ornamentais e aromáticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2003, 382 p.
- LOUGHNER, C. P. et al. Roles of urban tree canopy and buildings in urban heat island effects: Parameterization and preliminary results. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**, Washington - USA, v. 51, n. 10, p. 1775–1793, 2012.
- MACKERRON, G.; MOURATO, S. Happiness is greater in natural environments. **Global Environmental Change**, Amsterdã, v. 23, n. 5, p. 992–1000, 2013.
- MAGALHÃES, L. M. S. Arborização e florestas urbanas - Terminologia adotada para a cobertura arbórea das cidades brasileiras. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, Série técnica, p. 23–26, jan. 2006.
- MARIA, T. R. B. DE C. **Potencial de duas espécies arbóreas nativas para a melhoria da qualidade climática de centros urbanos**. 2014. 71 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2014.
- MARTINI, A. et al. **Validação da metodologia de transectos móveis para coleta de dados microclimáticos no ambiente urbano**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, Curitiba/PR. **Anais...** Curitiba: ABCLIMA, 2014. p. 725-733.
- MARTINI, A. **Análise quantitativa das variáveis meteorológicas em diferentes tipologias de floresta urbana de Curitiba - PR**. 2016. 130 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.
- MARTINI, A.; BIONDI, D.; BATISTA, A. C. Influência da arborização de ruas na atenuação dos extremos meteorológicos no microclima urbano. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 17, p. 1685–1695, 2013a.
- MARTINI, A.; BIONDI, D.; BATISTA, A. C. Variação diária e estacional do microclima urbano em ruas arborizadas de Curitiba-PR. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 20, n. 4, p. 460–469, 2013b.
- MARTINI, A.; BIONDI, D.; BATISTA, A. C. O Porte das Árvores e o Efeito Microclimático - uma Contribuição ao Planejamento da Arborização de Ruas. In: V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2014, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 2014. Não paginado.
- MARTINI, A.; BIONDI, D.; BATISTA, A. C. Variação diária do microclima urbano em diferentes tipologias de floresta urbana. **Nativa**, Sinop, v. 5, n. 5, p. 342–348, 2017.
- MARTINI, A.; BIONDI, D.; BATISTA, A. C. A influência das diferentes tipologias de floresta urbana no microclima do entorno imediato. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 3, p. 997–1007, 2018.
- MASCARAÓ, L.; MASCARAÓ, J. J. **Ambiência Urbana**. 3. ed. Porto Alegre: +4, Editora, 2009.
- MASCARAÓ, L.; MASCARAÓ, J. J. **Vegetação Urbana**. 3. ed. Porto Alegre: +4, Editora, 2010.

- MAY, P. B.; LIVESLEY, S. J.; SHEARS, I. Managing and monitoring tree health and soil water status during extreme drought in Melbourne, Victoria. **Arboriculture and Urban Forestry**, Atlanta, v. 39, n. 3, p. 136–145, 2013.
- MCPHERSON, E. G.; SIMPSON, J. R. A comparison of municipal forest benefits and costs in Modesto and Santa Monica, California, USA. **Urban Forestry and Urban Greening**, Amsterdã, v. 1, n. 2, p. 61–74, 2002.
- MEILI, N. et al. Tree effects on urban microclimate: Diurnal, seasonal, and climatic temperature differences explained by separating radiation, evapotranspiration, and roughness effects. **Urban Forestry and Urban Greening**, Amsterdã, v. 58, p. 126970, 2021.
- MELO, R. R. DE; LIRA FILHO, J. A. DE; RODOLFO JÚNIOR, F. Diagnóstico qualitativo e quantitativo da arborização urbana no bairro Bivar Olinto, Patos, Paraíba. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 2, n. 1, p. 64–80, 2007.
- MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.
- MINUZZI, R. B.; VIANELLO, R. L.; SEDIYAMA, G. C. Oscilações climáticas em Minas Gerais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 25, n. 2, p. 227–236, 2010.
- MIRANDA-FUENTES, A. et al. Towards an optimized method of olive tree crown volume measurement. **Sensors**, Basel - Switzerland, v. 15, n. 2, p. 3672–3687, 2015.
- MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Serviços Ecosistêmicos**. Disponível em: <<https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/servicosambientais/ecossistemas-1/conservacao-1/servicos-ecossistemicos/servicos-ecossistemicos-1>>. Acesso em: 17 nov. de 2021.
- MORAKINYO, T. E. et al. A study on the impact of shadow-cast and tree species on in-canyon and neighborhood's thermal comfort. **Building and Environment**, Oxford, v. 115, p. 1–17, 2017.
- MOSER, A. et al. The urban environment can modify drought stress of small-leaved lime (*Tilia cordata* Mill.) and black locust (*Robinia pseudoacacia* L.). **Forests**, Basel - Switzerland, v. 7, n. 71, 1-20 p. 2016.
- NAÇÕES UNIDAS. **World urbanization prospects: the 2018 revision United Nations Department of Economic and Social Affairs**. Disponível em: <<https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Highlights.pdf>> Acesso em: 14 fev. 2021.
- NICODEMO, M. L. F.; PRIMAVESI, O. Por que manter árvores na área urbana? **Documentos**. 28 p. Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos 109, 2012. Disponível em: <<http://www.cppse.embrapa.br>>.
- NÓBREGA, R. S.; VITAL, L. A. DE B. Influência da Urbanização sobre o Microclima de Recife e Formação de Ilha de Calor. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 3, n. 3, p. 151–156, 2010.
- OKE, T. R. The Micrometeorology of the Urban Forest. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B**, Great Britain, v. 324, p. 335–349, 1989.
- OLIVEIRA, A. S. DE et al. Variáveis meteorológicas e cobertura vegetal de espécies arbóreas em praças urbanas em Cuiabá, Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 28, n. 4, p. 389–400, 2013.
- OLIVEIRA, T. M. DE; FERREIRA, R. R. Transpiração das plantas e sua relação com a

temperatura. In: IX Simpósio Nacional de Ciência e Meio Ambiente – SNCMA, 2018, Anápolis. **Anais...** Anápolis, 2018. p. 290-297.

PANDIT, R.; LABAND, D. N. Energy savings from tree shade. **Ecological Economics**, Amsterdã. v. 69, n. 6, p. 1324–1329, 2010.

PELEGRIM, E. A. L.; LIMA, A. P. L. DE; LIMA, S. F. DE. Qualitative and quantitative assessment of afforestation in the Flamboyant neighborhood in Chapadão do Sul, Mato Grosso do Sul - Brazil. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 7, n. 1, p. 75–85, 2012.

PÉREZ, C. A. M. **Estudo do microclima e conforto térmico proporcionado por cinco espécies de árvores urbanas do município de Gurupi, TO**. 2017. 67f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) - Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, 2017.

PIMENTEL, F. O.; FERREIRA, C. DE C. M. Clima urbano: o uso de modelos geoespaciais na investigação do comportamento térmico em Juiz de Fora-MG. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 24, p. 49–66, 2019.

PINHEIRO, C. R.; SOUZA, D. D. DE. a Importância Da Arborização Nas Cidades E Sua Influência No Microclima. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 6, n. 1, p. 67, 2017.

PINHO, O. S.; ORGAZ, M. D. M. The urban heat island in a small city in coastal Portugal. **International Journal of Biometeorology**, New York, v. 44, p. 198–203, 2000.

PIRES, N. A. M. T. et al. A arborização urbana do município de Goiandira/GO – caracterização quali-quantitativa e propostas de manejo. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 5, n. 3, p. 185–205, 2010.

PREFEITURA MUNICIPAL DE VIÇOSA. **Apresentação do Município de Viçosa**. Disponível em: <https://www.vicosamg.gov.br/abrir_arquivo.aspx/Anexo_I__Apresentacao_Vicosas?cdLocal=2&arquivo=%7BC1D6CDDA-DDE4-5D26-DEA7-CE57C00D1CB7%7D.pdf>. Acesso em: 2 fev. 2021.

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

RAHMAN, M. A. et al. Comparing the transpirational and shading effects of two contrasting urban tree species. **Urban Ecosystems**, New York, v. 22, n. 4, p. 683–697, 2019.

RAYMUNDO, E. P. et al. Efeitos microclimáticos de um fragmento de floresta urbana em Curitiba-PR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 15, n. 3, p. 18–27, 2020.

REKLAITIENE, R. et al. The relationship of green space, depressive symptoms and perceived general health in urban population. **Scandinavian Journal of Public Health**, London, v. 42, n. 7, p. 669–676, 2014.

ROCHA, A. A. Risco ambiental na produção do espaço em pequenas e médias cidades: bases epistemológicas. **Territorium**, Coimbra - PT, v. 27, n. 1, p. 167–173, 2020.

ROCHA, L. M. V.; SOUZA, L. C. L.; CASTILHO, F. J. V. Ocupação do solo e ilha de calor noturna em avenidas marginais a um córrego urbano. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 11, n. 3, p. 161–175, 2011.

ROCHA, V. M.; FIALHO, & E. S. Uso da terra e suas implicações na variação termo-

higrométrica ao longo de um transeto campo-cidade no município de Viçosa-MG. **Revista de Ciências Humanas**, Viçosa, v. 10, n. 1, p. 64–77, 2010.

RODRIGUES, R. B. **Morfometria de *Licania tomentosa* (Benth .) Fritsch sob diferentes condições de poda na arborização urbana de Itacoatiara, Amazonas**. 2018. 57 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade do Estado do Amazonas, Itacoatiara, 2018.

ROMERO, M. A. B. et al. **Mudanças climáticas e ilhas de calor urbanas**. 1º edição ed. Brasília: ETB, 2019.

ROQUE, L. A. **Áreas De Risco Geológico-Geotécnico Associadas a Movimentos De Massas No Núcleo Urbano De Viçosa-Mg Mapeamento Das Áreas De Risco Geológico-Geotécnico Viçosa-Mg**. 2013. 97 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

SALIM, M. H.; SCHLÜNZEN, K. H.; GRAWE, D. Including trees in the numerical simulations of the wind flow in urban areas: Should we care? **Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics**, Amsterdã, v. 144, p. 84–95, 2015.

SAMPAIO, A.; FARIA, M. C. **Atualidades: 200 questões comentadas**. 1º edição ed. Rio de Janeiro: Clube de autores, 2014.

SANCHES, F. D. O.; FIALHO, E. S.; QUINA, R. R. Evidências de Mudanças Climáticas em Viçosa (MG). **Revista do Departamento de Geografia USP**, São Paulo, v. 34, p. 122–136, 2017.

SANTOS, K. A.; RUFINO, I. A. A.; BARROS FILHO, M. N. M. Impactos da ocupação urbana na permeabilidade do solo: o caso de uma área de urbanização consolidada em Campina Grande - PB. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 5, p. 943–952, 2017.

SANTOS, Y. A. P.; CARVALHO, L. F.; MARTINI, A. Influencia del tamaño de los árboles en la mejora del microclima urbano en Viçosa-MG, Brasil. **Revista Forestal Mesoamericana Kurú**, Costa Rica, v. 18, n. 43, p. 53–61, 2021.

SANUSI, R. et al. Microclimate Benefits That Different Street Tree Species Provide to Sidewalk Pedestrians Relate to Differences in Plant Area Index. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdã, v. 157, p. 502–511, 2017.

SAVI, T. et al. Drought-induced xylem cavitation and hydraulic deterioration: Risk factors for urban trees under climate change? **New Phytologist**, United Kingdom, v. 205, n. 3, p. 1106–1116, 2015.

SCHMITZ, L. K.; MENDONÇA, F. Reestruturação urbana e conforto térmico: cenários de modelização em Curitiba-PR após a copa de 2014. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 8, n. 7, p. 61–81, 2011.

SHASHUA-BAR, L.; PEARLMUTTER, D.; ERELL, E. The cooling efficiency of urban landscape strategies in a hot dry climate. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdã, v. 92, n. 3–4, p. 179–186, 2009.

SHIN, W. S. et al. Forest experience and psychological health benefits: The state of the art and future prospect in Korea. **Environmental Health and Preventive Medicine**, New York, v. 15, n. 1, p. 38–47, 2010.

SHINZATO, P. **Impacto da vegetação nos microclimas urbanos**. 2009. 173 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

SHINZATO, P.; DUARTE, D. H. S. Impacto da vegetação nos microclimas urbanos e no

conforto térmico em espaços abertos em função das interações solo-vegetação-atmosfera. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 2, p. 197–215, 2018.

SILVA, A. M. M. DA; BARBOSA, G. S.; DRACH, P. R. C. Avaliação de vizinhança LEED e análise microclimática: um estudo de caso da morfologia urbana do Porto Maravilha, RJ, Brasil. **Revista de Morfologia Urbana**, Porto - PT, v. 8, n. 1, 2020.

SILVA, L. M. et al. Inventário da arborização em duas vias de Mariópolis/PR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 3, n. 1, p. 36–53, 2008.

SILVA, V. DE F. **Neutralização de carbono: adaptabilidade e desenvolvimento de espécies florestais no ambiente urbano**. 2019. 57 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2019.

SOUZA, S. M. DE; CARDOSO, A. DE L.; SILVA, A. G. DA. Estudo da percepção da população sobre a arborização urbana, no município de Alegre-ES. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 8, n. 2, p. 68–85, 2013.

SOUZA, Y. L. DE; BORSATO, V. A. **O índice de conforto térmico na primavera de 2009 em Campo Mourão**. In: VI Encontro de Produção Científica e Tecnológica (EPCT), 2011, Campo Mourão. **Anais...** Campo Mourão, 2011. Não paginado.

STONE JR, B. **The city and the coming climate: Climate change in the places we live**. New York: Cambridge University Press, 2012.

SUN, S. et al. Evaluating the impact of urban green space and landscape design parameters on thermal comfort in hot summer by numerical simulation. **Building and Environment**, Oxford, v. 123, p. 277–288, 2017.

TADDEI, R. Os desastres em uma perspectiva antropológica. **Com ciência: Revista eletrônica de jornalismo científico**. 2016. Disponível em: <<https://comciencia.br/comciencia/handler.php?section=8&edicao=121&id=1469&tipo=1&print=true>>. Acesso em: 31 mar. 2021.

TAYYEBI, A.; DARREL JENERETTE, G. Increases in the climate change adaption effectiveness and availability of vegetation across a coastal to desert climate gradient in metropolitan Los Angeles, CA, USA. **Science of the Total Environment**, Amsterdã, v. 548–549, p. 60–71, 2016.

TONIETTO, J.; MANDELLI, F. **Uvas viníferas para processamento em regiões de clima temperado**. EMBRAPA Uva e Vinho, 2003. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Uva/UvasViniferasRegi%0AoesClimaTemperado/clima.htm>>.

TOSCAN, M. A. G. et al. Inventário e análise da arborização do bairro Vila Yolanda, do município de Foz do Iguaçu – PR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 5, n. 3, p. 165–184, 2010.

TRAN, D. X. et al. Characterizing the relationship between land use land cover change and land surface temperature. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, Amsterdã, v. 124, p. 119–132, 2017.

TSUNETSUGU, Y. et al. Physiological and psychological effects of viewing urban forest landscapes assessed by multiple measurements. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdã, v. 113, p. 90–93, 2013.

ULPIANI, G. et al. Thermal comfort improvement in urban spaces with water spray systems: Field measurements and survey. **Building and Environment**, Oxford, v. 156, p. 46–61, 2019.

VASCONCELOS, L. C. DA S.; ZAMPARONI, C. A. G. P. Análise do microclima em Cuiabá-MT: um estudo de caso nos bairros Duque de Caxias e dos Bandeirantes. **Geoambiente online**, Jataí, n. 16, p. 16–33, 2011.

WANG, W. et al. Microclimate regulating functions of urban forests in changchun city (North-east China) and their associations with different factors. **iForest**, Italy, v. 11, n. 1, p. 140–147, 2018.

WANG, Y. et al. Effects of urban trees on local outdoor microclimate: synthesizing field measurements by numerical modelling. **Urban Ecosystems**, New York, v. 18, n. 4, p. 1305–1331, 2015.

WEATHERSPARK. **Condições meteorológicas médias de Viçosa**. Disponível em: <<https://pt.weatherspark.com/y/30681/Clima-característico-em-ViçosaBrasil-durante-o-ano>>. Acesso em: 20 out. 2020.

WEF. **Consultation: Nature and Net Zero**. jan 2021. Disponível em: <<https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Business%20Functions/Sustainability/Our%20Insights/Why%20investing%20in%20nature%20is%20key%20to%20climate%20mitigation/Nature-and-net-zero-vF.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2021.

WENG, Q.; LU, D.; SCHUBRING, J. Estimation of land surface temperature-vegetation abundance relationship for urban heat island studies. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 89, n. 4, p. 467–483, 2004.

WHITE, M. P. et al. Would you be happier living in a Greener urban area? A fixed-effects analysis of panel data. **Psychological Science**, London, v. 24, n. 6, p. 920–928, 2013.

WICKERT, M.; SILVA, C. S. S. **Áreas verdes e microclima urbano: um estudo de caso na cidade de Canoas/RS**. In: XXII Congresso Brasileiro de Arborização Urbana, 2018, Salvador. **Anais...**Salvador, 2018. p. 44-48.

YNOUE, R. Y. et al. **Meteorologia: noções básicas**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

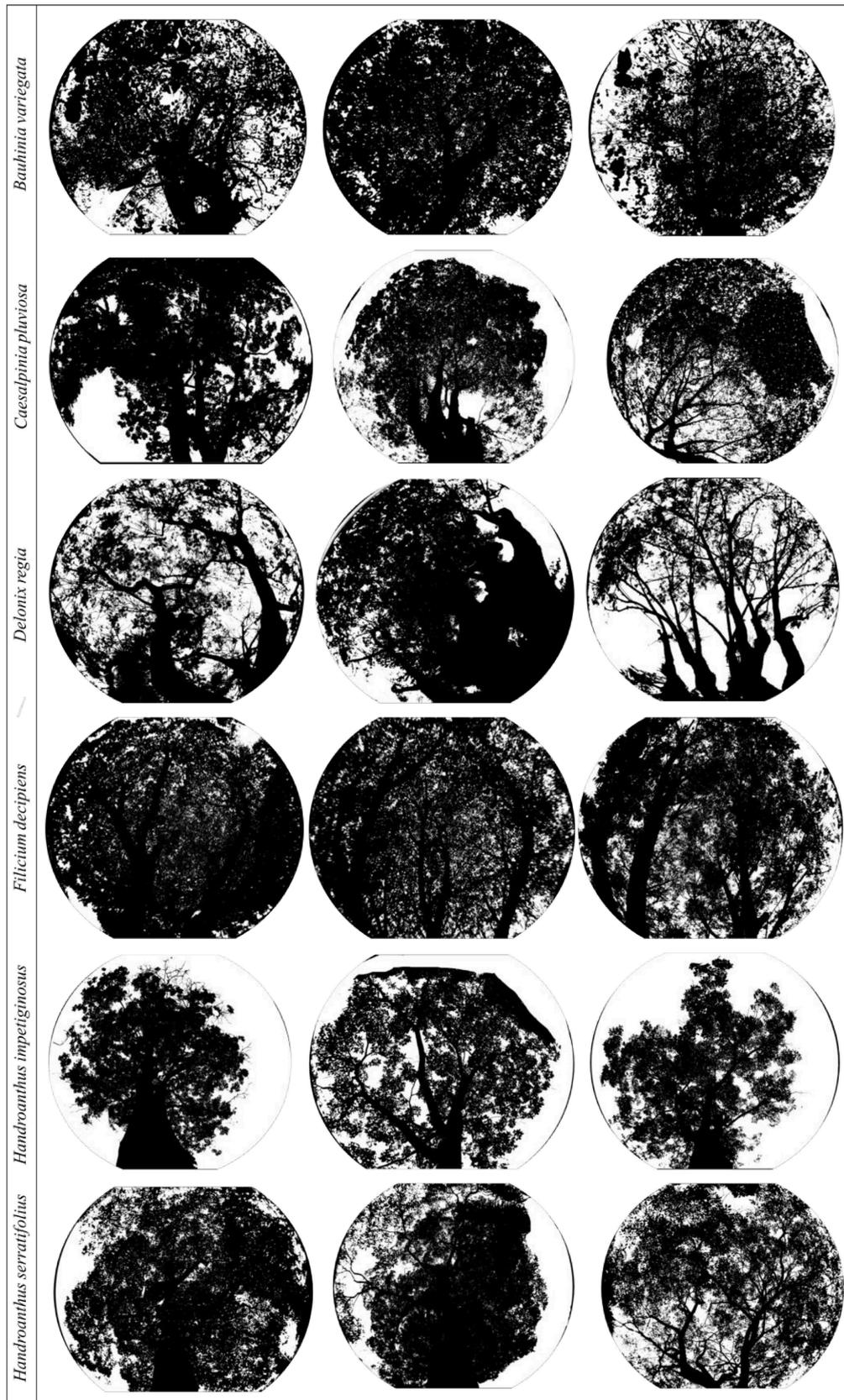
YUAN, C.; NORFORD, L.; NG, E. A semi-empirical model for the effect of trees on the urban wind environment. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdã, v. 168, n. July, p. 84–93, 2017.

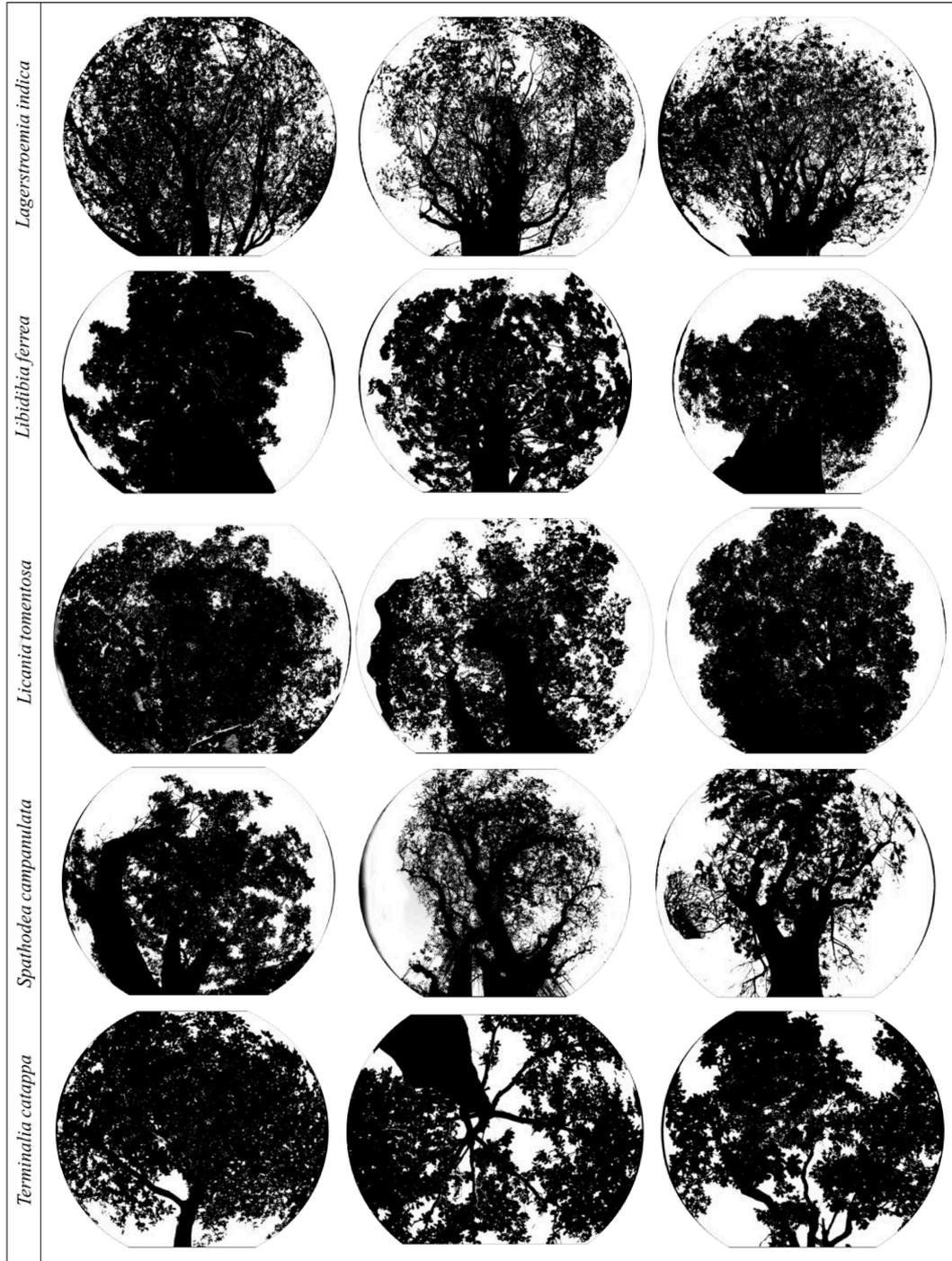
ZHANG, B. et al. The cooling effect of urban green spaces as a contribution to energy-saving and emission-reduction: A case study in Beijing, China. **Building and Environment**, Oxford, v. 76, p. 37–43, 2014.

ZHANG, Z.; LV, Y.; PAN, H. Cooling and humidifying effect of plant communities in subtropical urban parks. **Urban Forestry and Urban Greening**, Amsterdã, v. 12, n. 3, p. 323–329, 2013.

ZHOU, W.; WANG, J.; CADENASSO, M. L. Effects of the spatial configuration of trees on urban heat mitigation: A comparative study. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 195, p. 1–12, 2017.

APÊNDICE

APÊNDICE 1. Imagens obtidas através do *software* GLA para o cálculo do LAI.



Fonte: A autora (2021).

APÊNDICE 2. Comparação do valor médio das variáveis temperatura do ar (T °C), umidade relativa do ar (UR%) e velocidade do vento (VV m/s) para cada espécie, nos ambientes a céu aberto e embaixo da copa, pelo teste “t”.

Espécie	Ambiente	T (°C)	UR (%)	VV (m/s)
<i>Bauhinia variegata</i>	Céu aberto	25,20 a	56,30 b	0,74 a
	Embaixo da copa	23,00 b	61,06 a	0,69 a
<i>Caesalpinia pluviosa</i>	Céu aberto	26,13 a	58,26 b	0,73 a
	Embaixo da copa	24,10 b	62,07 a	0,61 b
<i>Delonix regia</i>	Céu aberto	26,76 a	57,35 b	0,48 a
	Embaixo da copa	24,41 b	62,26 a	0,42 a
<i>Filicium decipiens</i>	Céu aberto	27,94 a	55,00 b	0,41 a
	Embaixo da copa	25,08 b	60,56 a	0,34 a
<i>Handroanthus impetiginosus</i>	Céu aberto	25,92 a	60,52 b	0,52 a
	Embaixo da copa	23,64 b	65,43 a	0,52 a
<i>Handroanthus serratifolius</i>	Céu aberto	26,99 a	55,53 b	0,44 a
	Embaixo da copa	23,73 b	62,59 a	0,57 a
<i>Lagerstroemia indica</i>	Céu aberto	27,29 a	55,82 b	0,57 a
	Embaixo da copa	25,04 b	60,46 a	0,47 b
<i>Libidibia ferrea</i>	Céu aberto	26,40 a	57,32 b	0,75 b
	Embaixo da copa	24,11 b	62,09 a	0,95 a
<i>Licania tomentosa</i>	Céu aberto	25,25 a	59,96 b	0,89 b
	Embaixo da copa	23,54 b	62,96 a	1,03 a
<i>Spathodea campanulata</i>	Céu aberto	27,37 a	56,86 b	0,67 a
	Embaixo da copa	24,68 b	62,38 a	0,78 a
<i>Terminalia catappa</i>	Céu aberto	25,78 a	55,84 b	0,71 a
	Embaixo da copa	23,66 b	60,15 a	0,62 a

Fonte: A autora (2021).

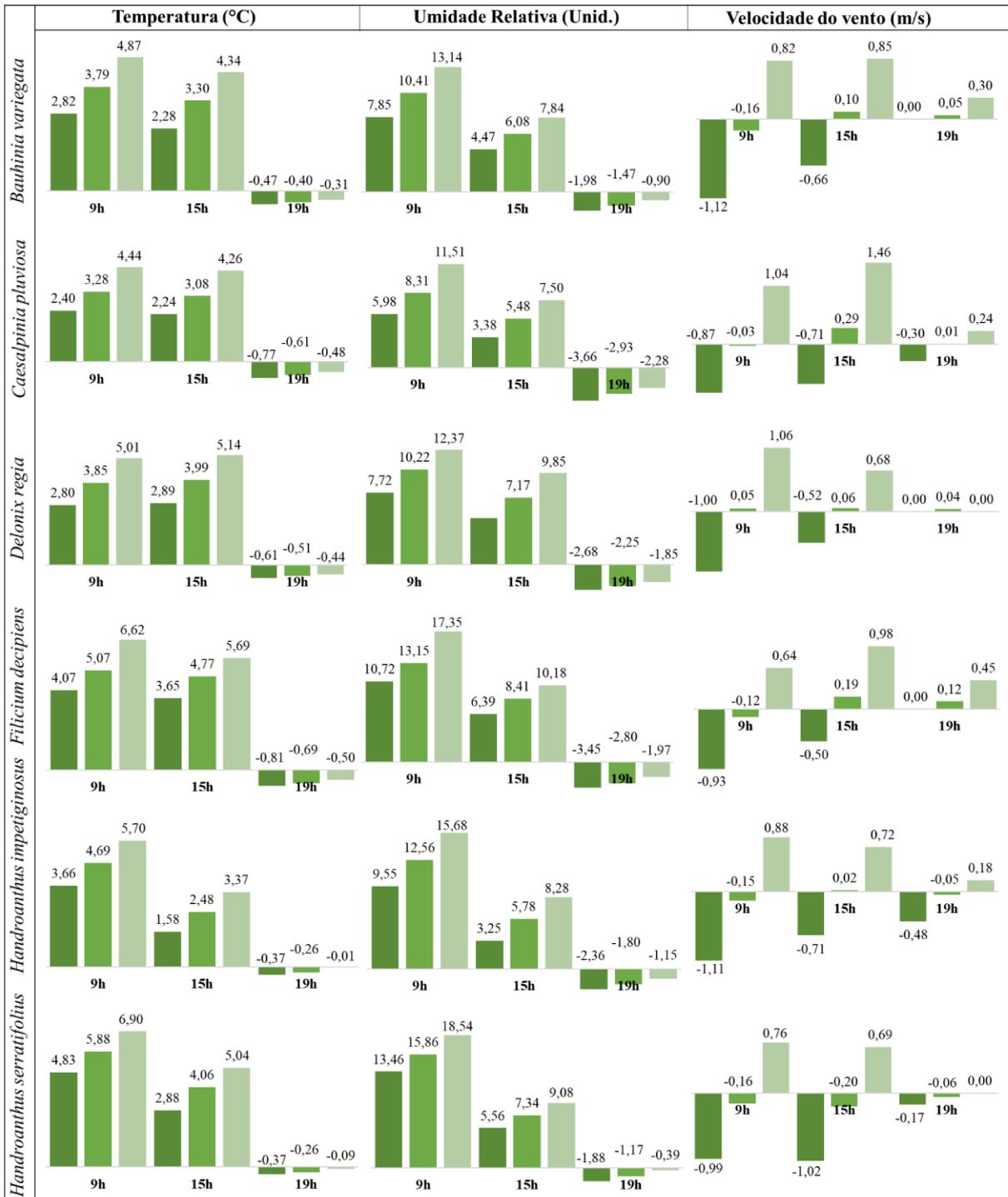
Nota: As médias seguidas da mesma letra na mesma coluna, para a mesma espécie, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste “t”.

APÊNDICE 3. Análise de variância de todos os dias de coleta, para as variáveis temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do vento.

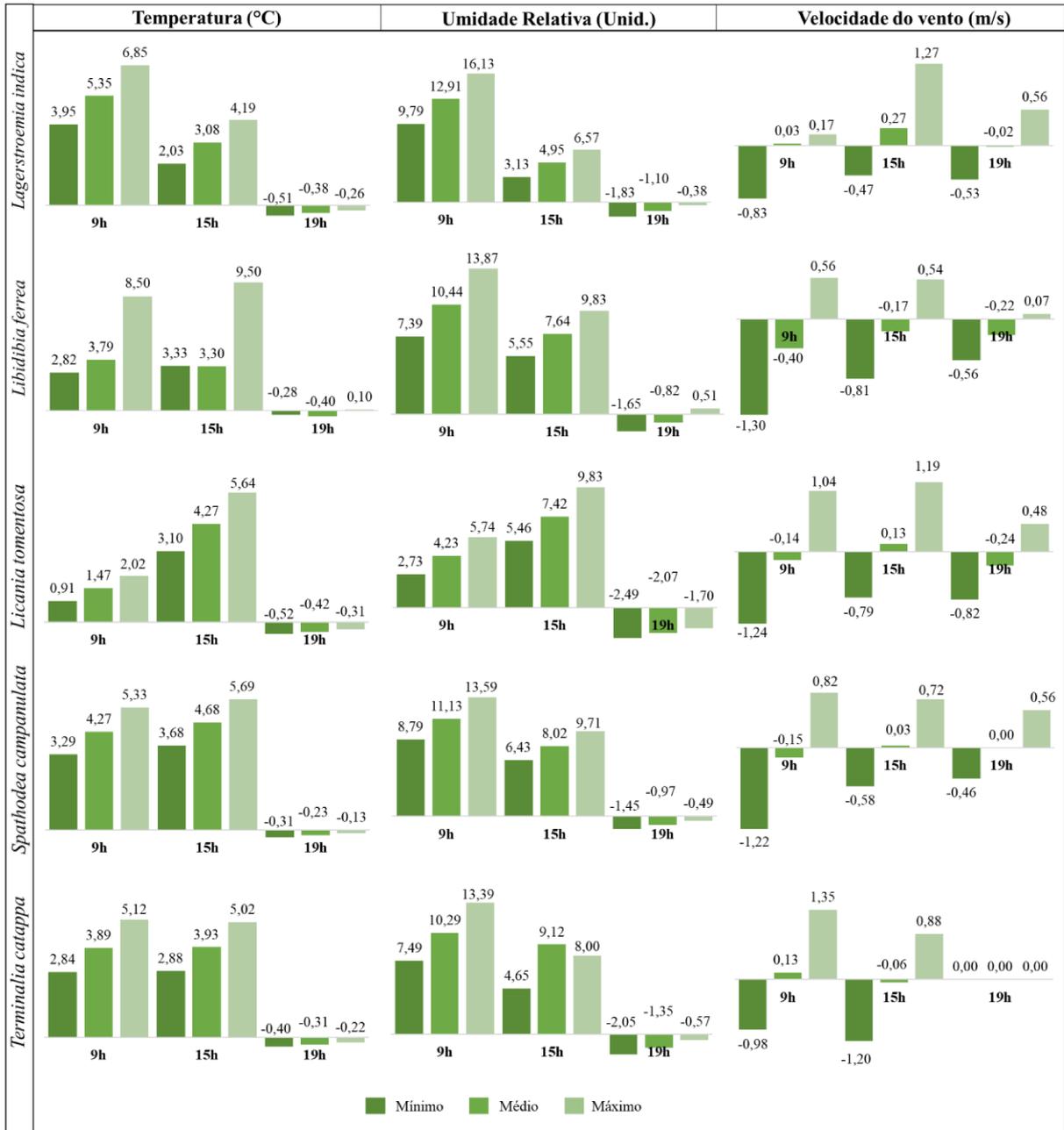
Per.	Data	Temperatura			Umidade Relativa			Velocidade do Vento		
		Média	Valor F	Valor P	Média	Valor F	Valor P	Média	Valor F	Valor P
I	07/07	17,0			80,9			2,0		
	09/07	17,4			78,8			1,7		
	13/07	16,8			79,0			1,8		
	14/07	17,9			78,0			2,0		
	17/07	17,3	0,4558	0,9028	82,4	0,4034	0,9323	2,2	0,7863	0,6306
	23/07	17,2			78,3			1,8		
	28/07	17,0			79,0			3,1		
	29/07	17,7			77,1			2,0		
	03/08	15,1			76,2			2,1		
	07/08	17,0			71,7			2,0		
	II	04/09	18,9			66,7			3,1	
05/09		19,1			68,6			2,2		
07/07		18,8			70,3			2,7		
09/09		20,7	0,6547	0,6885	71,6	0,2309	0,9649	2,1	0,9000	0,5023
11/09		20,8			68,9			2,7		
15/09		20,5			68,0			2,5		
18/09		21,8			63,7			3,7		
III	30/11	23,4			71,8			4,7		
	14/12	22,3			72,3			3,5		
	16/12	23,8			75,7			3,7		
	17/01	22,8	0,8184	0,5883	70,7	0,3101	0,9481	5,2	1,1616	0,3264
	18/01	21,6			72,5			4,1		
	20/01	23,7			69,1			3,7		
	27/01	22,4			70,8			4,5		
	28/01	22,2			68,0			3,7		

Fonte: A autora (2021).

APÊNDICE 4. Valores médios das diferenças da temperatura do ar (T °C), umidade relativa do ar (UR unidades) e velocidade do vento (VV m/s) de cada espécie, nos três diferentes horários estudados (9, 15 e 19h).



Continua...



Fonte: A autora (2021).

APÊNDICE 5. Valores das medições de campo das variáveis dendrométricas de cada indivíduo arbóreo.

Id	DAP	Ht	Hc	Dc	Ac	Vc	Ab	LAI
1	0,68	7,00	4,00	14,00	153,86	402,12	47,00	1,07
2	0,89	11,00	6,00	26,00	530,66	895,35	34,10	1,38
3	1,06	10,00	5,00	18,50	268,67	2111,15	10,51	4,39
4	0,34	10,00	7,00	14,00	153,86	718,38	18,26	2,91
5	0,44	12,00	8,00	11,50	103,82	403,17	23,69	4,08
6	0,44	9,00	7,50	8,00	50,24	490,09	9,60	3,37
7	0,41	8,00	6,00	8,50	56,72	298,45	28,66	2,46
8	0,53	10,00	7,00	12,25	117,80	98,96	24,00	2,52
9	0,41	10,00	8,00	9,25	67,17	125,66	22,36	2,45
10	0,49	7,00	4,50	14,75	170,79	483,81	29,01	1,55
11	0,27	9,00	5,00	9,75	74,62	2583,54	24,38	2,02
12	0,31	12,00	8,00	8,75	60,10	552,92	8,67	3,99
13	0,43	14,00	10,00	10,00	78,50	1759,29	18,02	3,60
14	0,18	6,00	3,50	6,00	28,26	443,29	27,00	1,82
15	0,86	16,00	11,00	13,00	132,67	973,37	37,84	1,92
16	0,48	11,00	7,00	11,00	94,99	261,14	26,31	2,31
17	0,35	11,00	9,00	12,50	122,66	564,44	10,92	2,99
18	0,29	8,00	6,00	8,75	60,10	753,98	14,14	2,81
19	0,27	7,00	5,00	7,00	38,47	240,33	18,52	2,84
20	0,38	11,00	9,00	11,50	103,82	725,71	7,15	3,46
21	0,33	10,00	7,50	8,75	60,10	612,61	34,52	1,65
22	0,34	7,00	4,50	6,50	33,17	612,61	28,47	2,18
23	1,23	14,00	8,00	20,50	329,90	544,28	26,52	2,57
24	0,26	10,00	7,00	11,50	103,82	511,29	16,13	3,00
25	0,34	10,00	7,00	10,50	86,55	358,14	26,87	1,82
26	0,44	11,00	6,00	12,50	122,66	251,33	23,48	2,38
27	0,43	12,00	5,00	12,00	113,04	226,19	26,39	3,48
28	0,70	15,00	8,00	14,00	153,86	374,37	39,54	1,95
29	1,04	22,00	16,00	17,50	240,41	821,00	11,62	5,00
30	0,42	8,00	6,00	14,00	153,86	248,71	16,04	3,01
31	0,49	12,00	8,00	13,50	143,07	320,44	9,52	4,59
32	0,45	12,00	7,00	12,50	122,66	65,97	22,52	2,76
33	0,44	11,00	5,00	10,00	78,50	502,65	12,29	3,77

Fonte: A autora (2021).

Nota 1: Id = identificação de cada árvore; DAP = diâmetro à altura do peito (m); Ht = altura total (m); Hc = altura de copa (m); Dc = diâmetro de copa (m); Ac = área de copa (m²); Vc = volume de copa (m³); Ab = abertura de copa (%); LAI = Índice de área foliar (m²/m²).

Nota 2: Id: 1, 2, 3 = *Delonix regia*; 4, 25, 26 = *Caesalpinia pluviosa*; 5, 24, 29 = *Libidibia ferrea*; 6, 7, 9 = *Bauhinia variegata*; 8, 10, 30 = *Terminalia catappa*; 11, 27, 28 = *Handroanthus impetiginosus*; 12, 13, 14 = *Handroanthus serratifolius*; 15, 16, 23 = *Spathodea campanulata*; 17, 18, 20 = *Filicium decipiens*; 19, 21, 22 = *Lagerstroemia indica*; 31, 32, 33 = *Licania tomentosa*.