

ECOLOGIA

Guilherme Barone Pires

Avaliação do benefício microclimático da arborização de acompanhamento viário na escala do pedestre na cidade de Ribeirão Preto (SP).

Rio Claro - SP
2022

Guilherme Barone Pires

Avaliação do benefício microclimático da arborização de acompanhamento viário na escala do pedestre na cidade de Ribeirão Preto (SP).

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Biociências – Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, para obtenção do grau de Ecólogo.

Orientador: Milton César Ribeiro

Coorientador: Perci Guzzo

Rio Claro - SP

2022

P667a	<p>Pires, Guilherme Barone</p> <p>Avaliação do benefício microclimático da arborização de acompanhamento viário na escala do pedestre na cidade de Ribeirão Preto (SP). / Guilherme Barone Pires. -- Rio Claro, 2022</p> <p>47 f. : tabs., fotos</p> <p>Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Ecologia) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Rio Claro</p> <p>Orientador: Milton Cezar Ribeiro</p> <p>Coorientador: Perci Guzzo</p> <p>1. Ecologia. 2. Microclima. 3. Clima urbano. 4. Ilhas de calor. 5. Arborização urbana. I. Título.</p>
-------	---

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Guilherme Barone Pires

Avaliação do benefício microclimático da arborização de acompanhamento viário na escala do pedestre na cidade de Ribeirão Preto (SP).

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Biociências – Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, para obtenção do grau de Ecólogo.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Milton César Ribeiro (orientador)

Prof. Msc. Perci Guzzo (coorientador)

Prof. Dr. João Carlos de Castro Pena

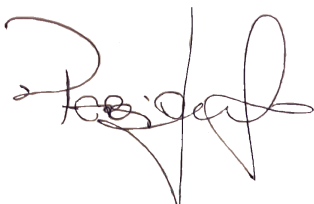
Prof. Dr. Simone Rodrigues de Freitas

Aprovado em: 08 de Dezembro de 2022

Assinatura do discente

Guilherme Barone Pires

Assinatura do(a) coorientador(a)



Assinatura do(a) orientador(a)



AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer à minha mãe e minha madrinha que estavam sempre presentes ao meu lado. Embora com poucos recursos, elas sempre fizeram o máximo para que eu pudesse seguir com os estudos. Desta maneira espero um dia poder retribuir tudo que fizeram por mim com esta e com futuras conquistas.

Agradeço também ao Perci Guzzo por todo conhecimento passado a mim, e além disso, reconheceu o meu potencial quando eu ainda estava fazendo estágio na Secretaria Municipal do Meio Ambiente de Ribeirão Preto e me ajudou e inspirou muito com este trabalho.

Ao professor Milton Ribeiro que disponibilizou os equipamentos necessários para a pesquisa e desenvolvimento do trabalho, além de ensinamentos importantes durante as aulas.

A todos os meus amigos que me apoiaram nos momentos bons e ruins, sempre dando apoio para que eu conseguisse chegar nos meus objetivos.

Obrigado a todos!

RESUMO

Avaliar os benefícios da vegetação para o bem-estar dos moradores e visitantes de cidades brasileiras tem sido objeto de estudos científicos nas últimas três décadas. O presente trabalho constatou, a exemplo de trabalhos anteriores, que a arborização de acompanhamento viário, no caso, de calçadas, confere conforto térmico na escala do pedestre. Sendo assim, pode-se inferir que a arborização funciona como um serviço ecossistêmico urbano. Em três situações urbanísticas distintas da cidade de Ribeirão Preto (SP), foram mensurados os parâmetros de temperatura e luminosidade em um único dia do ano – 18 de julho de 2022 -, de hora em hora, em que o tempo atmosférico foi de calma e céu aberto. Os resultados mostraram gradientes térmicos importantes em calçadas sombreadas por espécies arbóreas de grande porte, cujos exemplares apresentavam boas condições fitossanitárias e grande volume de folhas. Os resultados para luminosidade não permitiram afirmar que o conforto lumínico esteja associado ao sombreamento por copas de árvores. Acredita-se que os data-loggers, por serem muito sensíveis na captação desse dado, possam ter sofrido interferência de circulação do vento e/ou proximidade com muros (construção civil). Estudos mais aprofundados sobre os diferentes parâmetros microclimáticos devem ser desenvolvidos para se buscar um padrão na avaliação dos benefícios do verde urbano.

Palavras-chave: Ecologia; Microclima; Clima urbano; Ilhas de calor; Arborização urbana.

ABSTRACT

Evaluating the benefits of vegetation for the well-being of residents and visitors to Brazilian cities has been the subject of scientific studies over the last three decades. The present work found, as in previous works, that the afforestation of the road, in this case, sidewalks, provides thermal comfort at the pedestrian scale. Therefore, it can be inferred that afforestation works as an urban ecosystem service. In three different urban situations in the city of Ribeirão Preto (SP), the temperature and luminosity parameters were measured on a single day of the year - July 18, 2022 -, every hour, when the atmospheric weather was calm and clear sky. The results showed important thermal gradients on sidewalks shaded by large tree species, whose specimens had good phytosanitary conditions and a large volume of leaves. The results for luminosity did not allow to affirm that the luminous comfort is associated with shading by treetops. It is believed that the data-loggers, as they are very sensitive in capturing this data, may have suffered interference from wind circulation and/or proximity to walls (civil construction). More in-depth studies on the different microclimatic parameters must be developed in order to seek a standard in evaluating the benefits of urban green.

Keywords: Ecology; Microclimate; Urban climate; Heat Islands; urban afforestation.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	7
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
2.1 Compreensão do clima urbano.....	11
2.2 Vegetação e conforto climático.....	13
2.3 Terminologia do Verde Urbano.....	14
2.4 Importância e metodologia dos Inventários de Arborização.....	15
2.5 Índices relacionados ao Verde Urbano.....	16
2.6 Conforto e desconforto microclimático na escala do pedestre.....	20
2.6.1 A temperatura no contexto urbano	21
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3.1 Aspectos gerais de Ribeirão Preto.....	22
3.2 Ribeirão Preto e Clima.....	23
3.3 Caracterização das áreas de estudo.....	24
3.4 Coleta de dados.....	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	35
4.1 Análise dos dados de temperatura coletados em campo.....	35
4.2 Apresentação dos dados de luminosidade coletados em campo.....	39
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	42
REFERÊNCIAS	44

1. INTRODUÇÃO

O padrão de crescimento das cidades brasileiras demonstra um modelo que não proporciona tantas formas de integração entre o meio ambiente urbanizado e o natural. Spirn (1995), argumenta que um planejamento urbano que desconsidere os fenômenos dos ecossistemas de uma cidade, implica em conflitos ambientais.

A urbanização acelerada aliada à ausência de planejamento e à má gestão das cidades, impulsionam a degradação dos ecossistemas e paisagens, causando, muitas vezes, desastres e impactos severos e irreversíveis. A diferença entre os parâmetros e as sensações do clima urbano e do não urbano é clara e existem muitos estudos a esse respeito nas áreas da Climatologia e da Ecologia Urbana. Hough (2004), aponta, por exemplo, a grande diferença dos ambientes urbano e rural/natural devido aos diferentes materiais que constituem as suas superfícies. A impermeabilização dos solos é, sem dúvida, o grande impacto da urbanização e o principal fator de constituição do chamado “clima urbano”.

Devido ao adensamento da malha urbana, as cidades influenciam o clima local com o crescimento das edificações, processos de verticalização, impermeabilização do solo, intensidade de veículos movidos a combustão, diminuição de áreas verdes e a própria atividade humana, entre outros fatores, criam condições especiais, como transformações do comportamento climatológico e meteorológico, para o que pode-se definir como clima urbano. Lombardo (1997), diz que tais características influenciam diretamente no balanço hídrico e térmico, além de alterarem a composição química da atmosfera.

O clima urbano, portanto, concretiza-se considerando-se a comparação da cidade com seu entorno próximo e como também pelas diferenças objetivas das feições identificáveis no contexto da cidade; tanto pelas características topográficas do sítio quanto pelas diferenças produzidas pela estrutura urbana. (LOMBARDO, 1997, p.1).

Diante disso, as pavimentações, o concreto dos edifícios, os telhados, as paredes de alvenaria, vidros e metais armazenam, conduzem e refletem o calor muito mais rapidamente do que superfícies com vegetação e solos permeáveis,

fazendo com que a cidade, por completo, absorva e armazene mais calor. Portanto, torna-se um sistema altamente eficiente para aquecer grandes quantidades de ar (HOUGH, 2004).

Por outro lado, no ambiente não urbano o calor fica armazenado nas camadas superiores, onde estão as copas das árvores que dissipam este calor, enquanto os níveis inferiores a elas ficam com temperaturas menos elevadas (HOUGH, 2004).

Segundo Chen; Wong, (2006), a vegetação inserida no meio urbano é uma das formas mais eficazes para mitigar o aquecimento nas cidades, uma vez que as plantas representam um importante papel como regulador do clima urbano. As plantas, por meio da transpiração, liberam a água para a baixa atmosfera, atuando de maneira positiva sobre os fluxos de calor nas superfícies impermeabilizadas das cidades, e no o controle térmico das edificações (MATHEUS et al., 2016; CHEN; WONG, 2006).

A contribuição da vegetação para os microclimas das cidades já foi abordada em muitos estudos, constatada por meio de medições de parâmetros climáticos, tais como temperatura, umidade relativa do ar, radiação solar e intensidade dos ventos. Alguns desses estudos apontam redução de 1,5 °C e 4 °C durante o verão para as cidades localizadas fora dos trópicos (GIVONI, 1998; OKE, 1989; SAILOR, 1995; CHEN WONG, 2006).

De acordo com o que Abreu (2008), Labaki et al. (2011) descrevem, apesar de já se saber que o efeito causado pela evapotranspiração da vegetação e do solo colabore na mitigação da radiação solar e da temperatura, considerando o balanço energético da cidade como um todo, pouco se conhece sobre os efeitos benéficos da vegetação nas escalas de bairro, quarteirão e de residência, considerando cidades localizadas nos trópicos.

Por outro lado, a temática do verde urbano vem ganhando notoriedade nos últimos anos, devido a importância da presença da vegetação para a qualidade ambiental urbana, tendo em vista que é um componente fundamental para a saúde e o bem estar social. Alguns autores, entendem que árvores em calçadas devam ser consideradas como infraestruturas urbanas obrigatórias.

Mesmo porque, as sociedades que vivem em grandes cidades vêm envidando esforços na busca de soluções alternativas como por exemplo, o transporte ativo: caminhadas, bicicletas, patins e *skates*. Segundo Carvalho & Freitas (2012), são atividades que não geram poluição atmosférica e sonora, bem como, ocupam menos espaço físico e geram menos custo econômico. Além disso, tais práticas aproximam as pessoas, oferecendo oportunidade de praticar atividade física, enquanto se locomovem para os seus afazeres diários.

Tais soluções para mobilidade ativa se tornam mais prazerosas quando ruas, avenidas e trevos encontram-se sombreados pelas copas das árvores. Certamente o conforto térmico e lumínico promovido por árvores frondosas é algo almejado pelo conjunto de moradores e visitantes nas cidades tropicais.

Na contramão deste desejo coletivo, em Ribeirão Preto, cidade com pouco mais de 700.000 habitantes, localizada no interior de São Paulo, é observado a diminuição do espaço para a mobilidade ativa em decorrência do aumento de espaços destinados à circulação de veículos automotores. Ainda temos assistido nesta e em muitas outras cidades de portes médio e grande no Brasil, a destinação de espaços privilegiados aos veículos movidos à combustão para uso individual ou familiar.

Segundo pesquisas realizadas pela ASHRAE - *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*, Inc. (1992), o conforto térmico tem o significado de “Condição da mente que expressa satisfação com o meio térmico em que a pessoa está inserida”. Para isso, é claro que, o conforto térmico também depende da combinação de fatores entre o ambiente e o indivíduo, desde idade, sexo, adaptação fisiológica, estado de saúde e/ou percepções pessoais; mas, além disso, o conforto térmico majoritariamente depende da ventilação natural do ambiente, bem como a radiação solar incidente que pode ser interceptada pelo sombreamento da copa das árvores.

Independente das percepções subjetivas de cada um, em Ribeirão Preto em muitos dias do ano, o conforto térmico é quase inexistente, uma vez que, as características geográficas, regional e local, bem como as características urbanísticas, proporcionam esse desconforto.

Localizado, portanto, nos trópicos e por distar aproximadamente 400 km do mar, recebe influências da continentalidade e por essas razões, possui duas estações bem definidas: Outono - Inverno, com temperaturas mais amenas, com menor precipitação e período de estiagem pronunciado a partir do outono, e estendendo-se até o início da primavera; Primavera - Verão, que apresenta maiores índices de umidades e de precipitação, bem como temperaturas mais elevadas.

O município possui embasamento rochoso aflorante, majoritariamente formado por basalto, que é a rocha escura que absorve mais calor. Além disso, o sítio urbano está localizado em uma depressão local o que dificulta a circulação dos ventos nos períodos e dias mais quentes do ano. A altimetria varia entre 700 e 530m.

Os fatores urbanísticos que contribuem para o desconforto térmico em boa parte do ano são diversos, uma vez que grandes superfícies se encontram impermeabilizadas, com um alto grau de adensamento populacional, de edificações e de atividades humanas. Soma-se a essas características, um índice de cobertura vegetal de apenas 12,7%. (PMRP, Ecossis, 2022).

Em razão disso, minimamente preocupada com esta forte tendência de construção de uma cidade cada vez mais árida, a própria Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto (PMRP), por meio de sua Secretaria de Meio Ambiente, recentemente, desenvolveu um inventário amostral da arborização de acompanhamento viário a partir de serviço contratado; este firmado com a empresa Ecossis Soluções Ambientais por meio do contrato PMRP nº 316/2020.

O referido trabalho apresenta-se como uma oportunidade relevante para avaliar a contribuição da vegetação para o clima urbano, bem como para microclimas nas escalas de bairro, quarteirão e residência, já que gerou informações sobre a quantidade de cobertura vegetal em setores urbanos e traçou um diagnóstico amostral da arborização de acompanhamento viário. O citado inventário gerou informações que estão sendo organizadas em um banco de dados, cujo acesso para desenvolvimento de trabalhos científicos e para os serviços de gestão e manejo da PMRP são permitidos e incentivados.

Ante o exposto, o presente trabalho, além da revisão bibliográfica, possui o objetivo de mensurar como a vegetação de calçadas e avenidas influenciam na

melhoria das condições térmicas na escala do pedestre. Para isso serão feitas medições dos parâmetros de temperatura e luminosidade, feitas em três áreas distintas, sendo uma com arborização de calçada abundante e outra com arborização deficitária.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Compreensão do clima urbano

O processo de urbanização de maneira geral traz benefícios nos aspectos econômicos e sociais, mas também, transforma profundamente o ambiente natural, acarretando mudanças no clima, solo, subsolo, atmosfera, flora e fauna pretéritas.

No século XXI, o crescimento acelerado das cidades brasileiras mantém o padrão de redução dos espaços com vegetação, a supressão de áreas verdes e a impermeabilização de grandes áreas.

Áreas impermeabilizadas reduzem a infiltração de água da chuva, prejudicando o reabastecimento de corpos hídricos, além de sobrecarregarem o sistema de drenagem urbano, aumentando o risco de enchentes (O'DRISCOLL et al., 2010). Todas estas alterações na paisagem natural advindas do processo de urbanização trazem consigo “a perda de serviços ecossistêmicos e funções ecológicas essenciais para o estabelecimento da capacidade de resiliência ambiental” (E. C. BARBOSA, 2016, p. 5).

As maiores modificações térmicas estão em cidades com maior densidade populacional. Com a densidade populacional elevada há necessidade de aumento na infraestrutura urbana e com isso há aumento de poluentes, construções e edificações verticais, o que reduz o espaço disponível para circulação de ar e conseqüentemente a liberação contínua do calor absorvido durante o dia para a atmosfera.

Os referidos fatores resultam na geração do fenômeno “ilha de calor”. Os locais onde se observa as mais elevadas temperaturas coincidem com as ilhas de calor de uma cidade, o que gera os mais desconfortáveis microclimas em determinadas configurações urbanas.

Neste contexto há a necessidade de conceituar o chamado “clima urbano” nas suas diferentes escalas (microescala, escala local e mesoescala), bem como pontuar as diferenças entre *Microclima, Clima Local e Mesoclima*.

O clima urbano é resultante das modificações que as superfícies, materiais e as atividades das áreas urbanas causam nos balanços de energia, massas e movimento (OKE, 1987). O entendimento sobre o chamado clima urbano é relativamente de difícil compreensão, tanto pela forma como o clima urbano interage com o clima regional, quanto pelo regime interno dos próprios climas urbanos e como relacionam-se entre si, dependendo das mais diversas características da malha urbana. A própria utilização dos termos microclima e clima urbano, usada muitas vezes, de forma generalizada, mostra esse fato.

Com isso, Orlansky (1975) evidenciou e classificou impondo limites para os fenômenos climáticos de microescala (até 2km de extensão), mesoescala (2 a 2.000km) e macroescala (>2.000km). Ele cita que alguns autores consideram que os fenômenos urbanos ocorrem entre a microescala e a mesoescala, e outros consideram que os fenômenos fazem parte majoritariamente da mesoescala. Entretanto, Oke (1987) cita que os fenômenos da atmosfera são contínuos. E a partir disso deve-se considerar diferentes escalas e limites dependendo do objeto de estudo.

Spronken Smith et al. (2000) fizeram a diferenciação num estudo sobre o clima de um parque no meio urbano e utilizaram as escalas referidas anteriormente. Ao comparar o parque e a área urbana próxima à ele, chamou-se de escala local, sendo que os fatores exteriores ao parque eram correspondentes a mesoescala, já os fenômenos térmicos interiores ao parque são chamados de microescala.

A fim de organizar os conceitos referidos, Andrade (2003) apontou dimensões próprias para as categorias, mas desta vez, sem limitações específicas:

Mesoclima: está relacionado ao conjunto de influências da cidade (distintos climas locais) principalmente ao nível da atmosfera superior da cidade (correntes de ar, barreiras topográficas, entre outros).

Clima local: é uma subunidade do mesoclima e abrange combinações de características específicas de um determinado local. Um clima local é composto por

outros microclimas que podem ou não serem iguais ao longo da macroescala vertical e horizontal (OKE, 2004).

Microclima: é o que considera a influência dos fenômenos e elementos urbanos individuais, como ruas, praças, edifícios, casas e seus jardins.

2.2 Vegetação e conforto climático

Muito se subestima a capacidade que a vegetação tem de mitigar e contribuir para a solução da agudização dos efeitos negativos do clima urbano gentrificado . A ausência da vegetação contribui para o aumento da temperatura do ar, devido ao aquecimento dos materiais das construções da cidade. Estas superfícies (paredes, telhados, vidros, etc) armazenam e conduzem calor muito mais rapidamente do que o solo ou áreas cobertas com vegetação e sombreadas.

A vegetação tem a capacidade de interceptar e atenuar a radiação solar que incide diretamente no solo e conseqüentemente o calor irradiado pelo solo. Nota-se que a perda de qualidade do ambiente dos meios urbanos, sobretudo pela perda da cobertura arbórea e a má ocupação dos solos que interferem diretamente na rugosidade do terreno, diminuindo a ventilação natural” (SILVA et al. 2011, REVSBAU, Piracicaba/sp, v.6, n.4, p. 36).

A mudança da paisagem no meio urbano é a grande responsável pela aceleração brusca das temperaturas nas cidades. A verticalização, por exemplo, também atrapalha os fluxos de ar e a dispersão de calor e poluentes.

Neste sentido, Hough, (2004) diz que o arranjo dos grandes edifícios no meio urbano, tem o efeito de desacelerar os ventos predominantes e aumentar as rajadas locais nas esquinas e em torno dos edifícios altos, além de, no verão, diminuir a capacidade de resfriamento dos grandes centros urbanos. O solo impermeabilizado ligado a estas características do design urbano atual, contribui na formação das ilhas de calor, que tem como característica principal a elevação da temperatura do ar, quando comparado com áreas rurais do entorno (AKBARI et al., 1992).

Vargas et al (2008) apontam estudos que demonstram que a vegetação, como parte da configuração urbana, desempenha um papel fundamental na

melhoria dos efeitos da ilha de calor, o que resulta na melhoria da sensação térmica dos pedestres em ambientes abertos.

Áreas urbanizadas com vegetação abundante, também contribuem para o aumento da umidade do ar, devido a evapotranspiração, diminuindo as temperaturas e aumentando o conforto térmico das pessoas. Estas “áreas de vegetação se tornam elementos responsáveis pela amenização das “ilhas de calor” nos centros urbanos”. (SILVA, BRENDA ALVES, et al. 2015).

Abreu, (2008) diz que para haver conforto no meio urbano, a vegetação é indispensável, uma vez que influencia fatores como temperatura, umidade, radiação solar direta e velocidade dos ventos.

A vegetação age purificando o ar, por fixação de poeiras e materiais residuais e pela reciclagem de gases através da fotossíntese; regula a umidade e temperatura do ar; mantém a permeabilidade, fertilidade e umidade do solo e protege-o contra a erosão e; reduz os níveis de ruído servindo como amortecedor do barulho das cidades. Ao mesmo tempo, do ponto de vista psicológico e social, influenciam sobre o estado de ânimo dos indivíduos massificados com o transtorno das grandes cidades além de propiciarem ambiente agradável para a prática de esportes, exercícios físicos e recreação em geral. (GOMES, 2005, p. 57).

Vários estudos sobre o tema apontam que as áreas verdes também amenizam fatores negativos ligados à saúde individual dos moradores. Desta maneira, é de suma importância que, devido aos problemas como depressão, tensão, estresse, baixa autoestima, fossem adotados incentivos e políticas de preservação destas áreas verdes, já que elas são indispensáveis para um bem estar humano geral dentro dos grandes centros urbanos.

2.3 Terminologia do Verde Urbano

Em razão da importância dos fatores acima descritos, Cavalheiro et al. (1999) propuseram uma terminologia para o Verde Urbano, uma vez que se encontram interpretações diferentes na utilização destes termos entre diversas áreas do

conhecimento sobre planejamento e gestão, o que dificulta a identificação, classificação e a quantificação desses espaços no ambiente urbano.

Áreas verdes são locais onde há o predomínio de vegetação arbórea; engloba praças, jardins públicos e parques urbanos. Os canteiros centrais e trevos de vias públicas que têm funções ecológicas e estéticas, devem ser também conceituadas como área verde (LIMA et al. 1994, p.549).

Em função da localização da vegetação, o verde urbano está presente em áreas verdes públicas e particulares, Áreas de Preservação Permanente (APPs), matas, parques e também no acompanhamento viário (calçadas, avenidas, trevos e rotatórias).

Cavalheiro et al. (1999) afirmam que “área verde é um tipo especial de espaço livre onde o elemento fundamental de composição é a vegetação”.

Para Andrade (2004) as áreas verdes são aquelas que têm vegetação plantada.

Já Nucci (2008) traz mais detalhes e explica que para uma área plantada ser denominada área verde, esta deve possuir solo permeável e sem laje e uma cobertura vegetal que ocupe pelo menos 70% do local. Além disso, ele cita também que tal área plantada deve ter vegetação que cumpra três requisitos, que são: estéticos, ecológicos e de lazer.

As calçadas são classificadas como verde de acompanhamento viário já que em sua grande maioria estão impermeabilizadas e assim, não se constituem como área verde.

2.4 Importância e metodologia dos Inventários de Arborização

O estudo da arborização urbana traz diversos benefícios para os moradores, para a cidade e para o meio ambiente. O inventário de arborização urbana é uma importante ferramenta para seu manejo, obtenção de índices de cobertura vegetal, apontamento de déficits, levantamento de espécies entre outras relações que se pode obter com a realização de um inventário.

A quantificação e a qualificação da arborização urbana feita por meio de inventários podem ser realizadas por amostragem ou censo, sendo que este último

só se justifica para análise quantitativa (NUNES, 1992). Para estudos de arborização viária é mais comum encontrar inventários amostrais, uma vez que o universo amostral de uma cidade é muito grande e o objetivo na maioria das vezes não é de quantificar o número total de indivíduos.

A literatura no campo da arborização viária recomenda no mínimo, 10 a 15% seja inventariado para que se tenha um perfil da situação dessa vegetação nas cidades. Quando se trata da arborização viária, a amostragem pode considerar os quarteirões e o número de árvores por quilômetro linear (ALVAREZ et al., 2005).

Nos inventários de arborização urbana da literatura científica brasileira é comum terem como objetivo a identificação botânica das espécies encontradas, a quantificação dos indivíduos amostrados, o apontamento das condições fitossanitárias e relações de manejo, bem como os dados dendrométricos ou biométricos. Além disso, outros apontamentos e diretrizes técnicas a partir destes dados também são possíveis.

O inventário amostral da arborização de acompanhamento viário realizado pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Ribeirão Preto trouxe também o déficit de árvores ao longo de ruas e avenidas. Este se constitui nos espaços disponíveis onde poderiam existir indivíduos arbóreos.

Constatou-se também neste inventário o comprometimento da função microclimática relacionado às podas drásticas, uma vez que dada a quantidade de árvores podadas nas calçadas, muitas delas caracterizadas como drásticas, o serviço ecossistêmico de melhoria do microclima fica comprometido. Esse desconforto se dá, sobretudo, nos meses de julho, agosto e setembro, quando este serviço se faz mais necessário.

2.5 Índices relacionados ao Verde Urbano

Os índices são ferramentas utilizadas para auxiliar no esclarecimento de questões complexas e são muito utilizados em várias áreas do conhecimento. Uma das vantagens de elaborar ou utilizar índices já existentes é que com eles é possível simplificar informações, permitindo que estes resultados sejam utilizados de forma prática por planejadores urbanos, imprensa, trabalhos científicos, etc.

Para mensurar o “verde urbano” podem ser utilizados diversos métodos e indicadores, uma vez que não existe um padrão convencionado para esta medida.

Diante disso, deve-se atentar que, por não possuir um padrão definido, existe uma certa confusão na hora de comparar os índices relacionados ao verde urbano de uma cidade com a outra. Muitas vezes a imprensa, por exemplo, faz comparações injustas por não terem acesso aos dados e métodos por completo e acabam utilizando apenas os valores para publicação da matéria.

Ao ler a bibliografia a respeito de trabalhos que procuram quantificar o *verde* nas cidades e/ou as áreas destinadas ao lazer da população, encontramos uma variedade enorme de métodos para se chegar a tais dados. Sendo assim, nem sempre os valores obtidos e divulgados podem ser comparados entre as cidades (GUZZO, 1999, p.15).

O valor de um índice está atrelado ao viés do pesquisador e também ao objetivo do estudo. A seguir, são citados alguns trabalhos que tiveram como objetivo quantificar a vegetação e os espaços livres existentes na cidade de Ribeirão Preto/SP.

Aquino (1988) realizou um trabalho onde buscava-se levantar os espaços livres destinados ao lazer da população de Ribeirão Preto. No levantamento do trabalho foi incluído a existência de 57 praças e um parque, com isso chegou-se a um índice de 0,7m² /hab de espaços livres disponíveis para o uso da população.

Guzzo (1999), em sua dissertação de mestrado, teve como objetivo avaliar os espaços livres públicos e a cobertura vegetal em área urbana.

Este estudo trouxe um glossário onde são definidos três índices para o verde urbano, como resultado do trabalho de pesquisa, que são:

Índice de espaços livres de uso público (m²/hab): Este índice foi definido em metros quadrados por habitante, como a quantidade de área onde o acesso de pessoas é livre. Neste item estão inclusos os parques, praças e cemitérios.

É importante ressaltar que existe uma diferenciação em relação à terminologia, onde “Áreas Verdes Públicas fazem parte de um subsistema do sistema de espaços livres públicos” (GUZZO, 1999, p.125), uma vez que nem todo

espaço livre é uma área verde. “Este índice é um indicador de qualidade de vida e qualidade ambiental em áreas urbanas” (GUZZO, 1999, p. 125).

Destes espaços, recomenda-se a diferenciação dos cemitérios, como uma categoria especial, quando considerados como áreas para o lazer da população. Os cemitérios possuem serventia restrita com relação a este aspecto (GUZZO, 1999, p. 125).

Índice de cobertura vegetal em área urbana (%): Engloba a vegetação natural ou implantada, de áreas públicas e particulares. Pode ser calculado para todo perímetro urbano, para cada setor urbano ou bairro ou ainda apenas para a área de interesse de determinado estudo.

Os resultados podem variar muito dependendo do método que se emprega e dos recursos utilizados para obtenção dos dados (imagens de satélite, fotografia aérea, escala, etc.). Trata-se de um indicador de qualidade ambiental em áreas urbanas. De caráter preferencialmente ambiental. (GUZZO, 1999, p. 125).

Índice de verde por habitante (m²/hab ou km²/hab): Este pode ser calculado em metros quadrados por habitante ou até mesmo em quilômetros quadrados por habitante e faz relação entre a quantidade de cobertura vegetal existente pelo número de habitantes da área do estudo (bairro, setor urbano ou cidade). “Trata-se de um indicador de qualidade ambiental em áreas urbanas” (GUZZO, 1999, p. 125).

Além disso, no mesmo trabalho, o autor trouxe índices obtidos para a cidade de Ribeirão Preto, considerando os espaços livres de uso público e a cobertura vegetal para os dois setores urbanos.

Na pesquisa foram identificados 126 praças, 02 parques e 02 cemitérios efetivamente implantados e 56 praças, 09 parques com espaços livres públicos ainda não implantados. Com isso obteve-se um índice de espaços livres de uso público de 2,38 m²/hab para áreas efetivamente implantadas e 2,54 m²/hab em áreas ainda não implantadas, totalizando 4,92 m²/hab para toda cidade.

Os outros dois índices foram obtidos para dois setores urbanos conforme visualizado no Quadro 1.

Quadro 1 - Dados comparativos de índices referente à cobertura vegetal em área urbana.

ÁREA ESTUDADA	MUNICÍPIO	ÍNDICE DE COBERTURA VEGETAL	ÍNDICE DE VERDE POR HABITANTE
Quadrilátero Central	Ribeirão Preto - SP	7,5%	10,0m ² /hab
Jardim Independência / Vila Morandini	Ribeirão Preto - SP	6,7%	12,96m ² /hab

Fonte: Perci Guzzo (1998); Adaptação Guilherme Barone (2022).

Em trabalho realizado pela Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto em 2006, e publicado por Guzzo, Carneiro e Oliveira (2006) na Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana - REVSBAU, foi utilizado uma metodologia e terminologia semelhantes aos trabalhos de Aquino (1988) e Guzzo (1999), citados anteriormente, e trouxe um índice de espaços livres maior, agora de 4,4 m²/hab de áreas efetivamente implantadas.

Segundo Guzzo, Carneiro e Oliveira (2006) é possível que o aumento tenha se dado pelo fato da implantação de novos parques na cidade à época, tais como: Parque Prefeito Luiz Roberto Jábali (Curupira), Parque Tom Jobim, Parque Luis Carlos Raya e Parque Fernando de Freitas da Silva (Parque da Cidade).

Na época, Ribeirão Preto contava com 16.083.927,77 m² de espaços livres urbanos públicos, que correspondiam a 11,5% da área urbanizada da cidade.

Em 2012, através de um estudo realizado pelo professor Demóstenes Ferreira da Silva Filho da ESALQ/USP - Piracicaba, contratado pela Secretaria Municipal do Meio ambiente de Ribeirão Preto, obteve-se dados a partir de imagens de satélite que “indicam que a floresta urbana de Ribeirão Preto possui cobertura arbórea de 23,58% e 41 m²/hab” (SILVA-FILHO, et al., 2012, p. 3). Neste estudo foram consideradas árvores e arbustos na área urbanizada da cidade.

Alguns anos depois, em 2017, este índice foi novamente atualizado pelo mesmo autor, sendo utilizada uma metodologia um pouco diferente e obteve-se o índice de 17% de cobertura vegetal. (SILVA-FILHO, 2017).

Já o *Inventário amostral de arborização urbana de acompanhamento viário de Ribeirão Preto*, finalizado em fevereiro de 2022, realizado pela Secretaria Municipal do Meio Ambiente de Ribeirão Preto, em parceria com a empresa de soluções ambientais Ecosystems, firmado pelo contrato PMRP nº 316/2020, teve como objetivo quantificar de forma amostral a vegetação de acompanhamento viário da cidade e atualizar o índice de cobertura vegetal em área urbana.

O índice de cobertura vegetal apresentado neste trabalho foi de 12,7% em outubro de 2021, portanto, menor que os valores encontrados por Silva-Filho em 2012 e 2017.

2.6 Conforto e desconforto microclimático na escala do pedestre

Na medida em que os estudos sobre este tema avançam, fica cada vez mais clara a importância do papel da vegetação inserida no meio urbano na questão do conforto microclimático, principalmente na escala do pedestre e do ciclista.

Em estudo realizado por Silva, et al. (2011), há dados comprovando que com uma arborização adequada é possível mitigar os efeitos das altas temperaturas e das ilhas de calor em grandes centros urbanos, aumentando a estabilidade térmica e microclimática. Sendo assim, há também redução da insolação direta nos pedestres e aumento das taxas de evapotranspiração a partir das folhas. Este conjunto de efeitos da presença da vegetação melhora consideravelmente a sensação térmica daqueles que caminham pelas calçadas.

A capacidade de evapotranspiração das árvores transforma o calor sensível em calor latente, influenciando diretamente as pessoas que estão nas proximidades de determinados indivíduos arbóreos. Desta maneira, esta influência se expande à medida em que estejam presentes mais indivíduos arbóreos ao longo do sistema viário (SILVA, et al., 2019)

Com o mesmo pensamento de melhoria microclimática na escala do pedestre, Abreu-Harbach et al. (2015), em um estudo realizado em Campinas (SP), demonstraram que o tamanho e forma da copa das árvores podem melhorar significativamente o conforto térmico em um microclima, bem como o tamanho e forma das folhas, a dimensão do tronco e a permeabilidade da copa.

Neste estudo as espécies que apresentaram os melhores resultados de melhoria no conforto térmico foram *Caesalpinia pluviosa* (Sibipiruna), *Mangifera indica* (Mangueira), *Spathodea campanulata* (Bisnagueira), *Lafoensia glyptocarpa* (Mirindiba-bagre) e *Tipuana tipu* (Amendoim-acácia). Tais resultados foram obtidos tanto para indivíduos isolados, quanto para agrupamentos de árvores.

Desta forma é possível afirmar que as florestas urbanas são uma forma possível para mitigar as mudanças climáticas, tanto na escala micro quanto na escala da localidade.

2.6.1 A temperatura no contexto urbano

O parâmetro de temperatura pode ser explicado como o nível de calor sentido no ambiente oriundo de uma fonte, como por exemplo, os raios solares ou o calor armazenado em um corpo (ou sistema). A temperatura é explicada pela Física na *Lei Zero da Termodinâmica*, e traz resumidamente em um de seus conceitos um ponto importante na discussão que é o equilíbrio térmico.

Quando medimos a temperatura de um ambiente com um termômetro devidamente calibrado ele alcança um equilíbrio térmico com o ambiente e temos a medida quantitativa da temperatura, que no Brasil é medido em graus celsius (°C).

A temperatura é um dos fatores climáticos mais importantes quando se pretende mensurar conforto térmico, uma vez que é facilmente percebido pelas pessoas.

Vários fatores e elementos do ambiente influenciam a temperatura, abrangendo a latitude, pressão atmosférica, radiação solar incidente, velocidade do ar e a umidade (água).

Segundo Frota e Schiffer (2001), a influência da umidade relativa do ar na temperatura é algo de extrema importância, uma vez que “as partículas de água em suspensão no ar tem a capacidade de receber e armazenar o calor do Sol e se aquecer”, funcionando como uma espécie de barreira da radiação solar.

Desta forma pode-se dizer que quanto mais seco estiver o clima, maior será a amplitude térmica registrada.

Assim, ao trabalhar no contexto de microclima urbano, a temperatura é uma medida relevante, uma vez que a combinação entre temperatura do ar e os demais parâmetros atmosféricos são indispensáveis para o equilíbrio térmico do corpo humano e conseqüentemente importante para o conforto térmico local.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Aspectos gerais de Ribeirão Preto

O município de Ribeirão Preto é situado a norte-nordeste (NNE) do Estado de São Paulo e dista aproximadamente 315 km da capital estadual, São Paulo. A cidade é limitada com os municípios de Cravinhos a sudeste, Guatapar a sul, Jardinópolis a norte, Serrana a leste, Dumont a oeste, Sertãozinho a noroeste e Brodowski a nordeste. Suas coordenadas geográficas são Latitude 21 10' 40" S; Longitude 47 48' 36" W.

A rea territorial de Ribeirão Preto é de 650.916 km², sendo que 277,71 km² estão em perímetro urbano (PMRP, Ecossis, 2022).

Segundo dados do IBGE - *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*, em 2022 a populao estimada é de 720.116 habitantes, a densidade demográfica é de 928,92 hab/km²; o IDHM - *ndice de desenvolvimento humano municipal*  de 0,800 e a escolarizao, dos 6 a 14 anos, 96,9%.

Ribeirão Preto foi declarada em 2010 como polo tecnológico e também é conhecida por ser um polo regional com grande expressão agroindustrial e industrial. Entretanto, além da importância econmica, o município tem grande relevância em centros de saúde, pesquisas, faculdades e educao. A cidade conta com duas unidades de conservao: Estoo Ecológica de Ribeirão Preto, também conhecida como Mata de Santa Teresa e o Parque Municipal Natural Morro do São Bento. Além dos seguintes parques urbanos: Parque Prefeito Luiz Roberto Jábali, Parque Maurílio Biagi, Parque Tom Jobim entre outros de menor porte.

Segundo o último levantamento realizado em 2020 pelo Instituto Florestal de São Paulo, Ribeirão Preto conta com 5.982 hectares de cobertura vegetal nativa (9,2 % da área do município).

3.2 Ribeirão Preto e Clima

Segundo Rolim *et al.* (2007) que baseou sua pesquisa na Classificação Climática de Köppen e de Thornthwaite e aplicou na determinação de zonas agroclimáticas para o Estado de São Paulo, podemos classificar o clima de Ribeirão Preto como do tipo Aw. Esta classificação é dada a partir de dados mensais pluviométricos e termométricos.

O Aw se caracteriza como com clima tropical úmido, a cidade caracteriza-se por duas estações bem definidas, sendo o verão quente e chuvoso e o inverno seco e ameno. No verão, a temperatura média mensal é superior a 25°C com um índice pluviométrico de aproximadamente 220 mm por mês e umidade relativa do ar maior que 60%. Contudo no inverno a temperatura média mensal fica próxima a 19°C com precipitações inferiores a 40mm e umidade relativa do ar, muito menor que 60%.

Segundo Monteiro (1973), Ribeirão Preto está inserida na porção Centro-Norte do Estado de São Paulo, portanto é caracterizada como uma

área individualizada pelo ritmo da circulação atmosférica regional que se justapõe às diversidades do relevo. A característica fundamental desta área lhe é conferida pela existência de um período seco, onde a frequência de chuva diminui consideravelmente no sentido dos paralelos, culminando no setor norte onde o inverno é mais nitidamente seco no Estado. Trata-se da área de acentuada participação da Tropical atlântica que em certos invernos é ainda mais ativa que no litoral norte submetido a passagens de massa polar. Esse setor norte mantém o período seco entre 100-200 mm de chuva e apenas 10 a 15 dias de precipitação, no trimestre de inverno apresenta índices inferiores a 50 mm e frequência inferior a 5 dias. (MONTEIRO, 1973, p. 143)

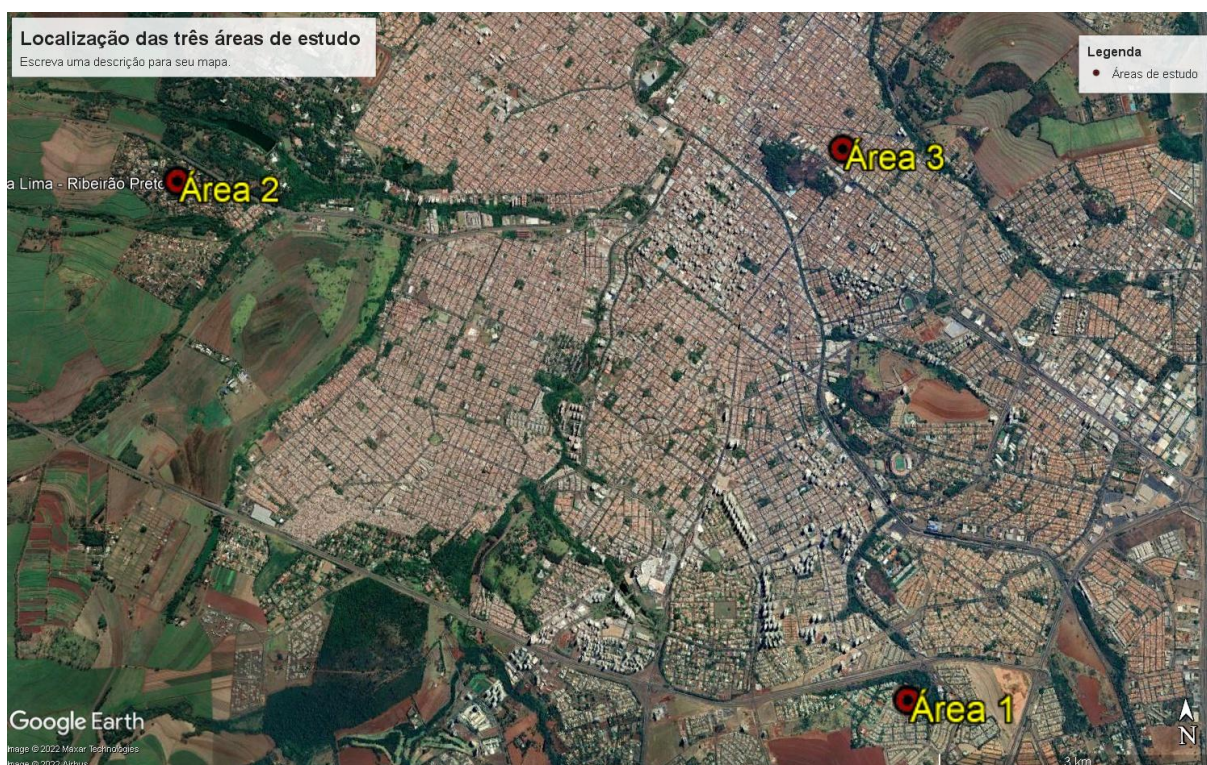
O período seco mencionado condiz com os meses de abril a setembro (outono-inverno) e o período chuvoso com os meses de outubro a março (primavera-verão).

3.3 Caracterização das áreas de estudo

Para este estudo foram escolhidos três bairros/áreas distintas e consideravelmente distantes entre si dentro da área urbana de Ribeirão Preto.

A área 1 refere-se ao “Condomínio Les Alpes” localizado no bairro Jardim Saint Gerard na zona sul da cidade, trata-se de um condomínio bem arborizado com três torres, cercado por aproximadamente 10.000m² de mata nativa, duas ruas asfaltadas e calçada para pedestres cobertas por um túnel de árvores. Nesta área foram escolhidos 3 pontos de amostragem ao longo do túnel de árvores de *Mirindiba Lafoensia glyptocarpa* conforme nas Figuras 1, 2 e 3, sendo que no ponto 2 (Figura 2) havia uma pequena clareira no túnel com uma amoreira próxima. Além destes, foram escolhidos outros 2 pontos com pouco ou nenhum sombreamento arbóreo, por onde também caminham os moradores, para comparação, como pode ser visualizado nas Figuras 4 e 5.

Figura 1 - Localização das áreas de estudo



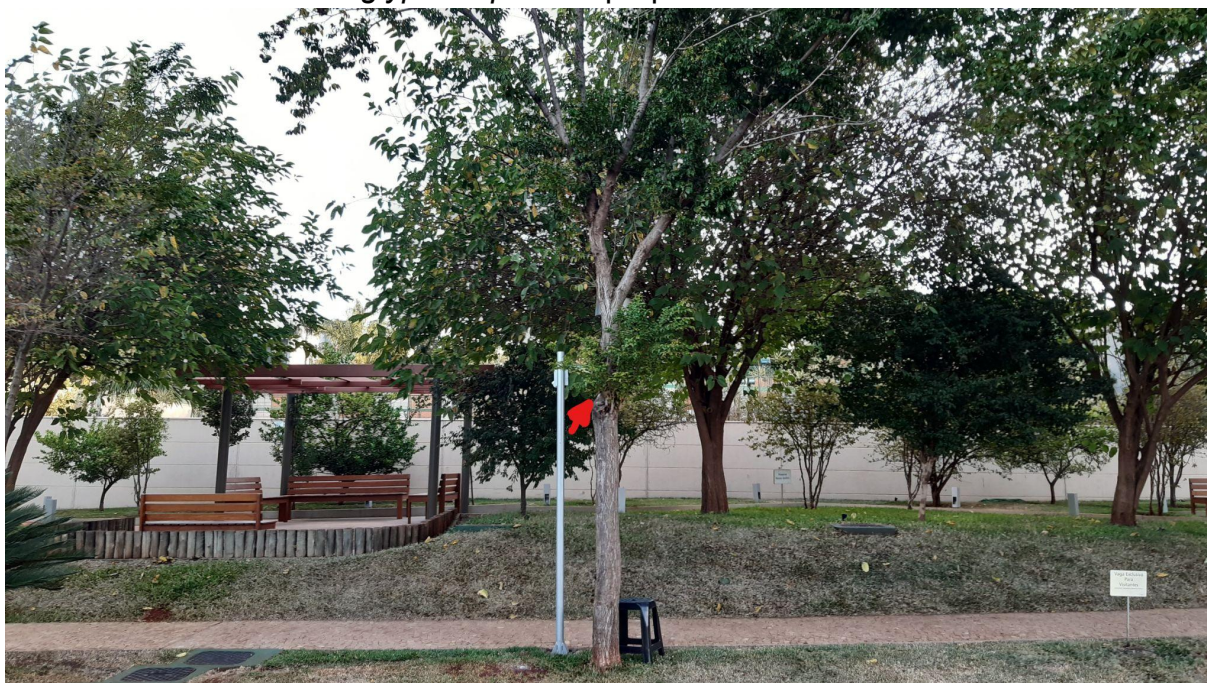
Fonte: Google earth pro - elaborado pelo autor (2022)

Figura 1 - Ponto de coleta 1 Les Alpes - Mirindiba *Lafoesia glyptocarpa* próximas à edificação



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 2 - Ponto de coleta 2 Les Alpes - Túnel formado por Mirindibas *Lafoesia glyptocarpa* com pequena clareira.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 3 - Ponto de coleta 3 Les Alpes - Túnel de Mirindibas *Lafoensia glyptocarpa* próxima a entrada do condomínio.



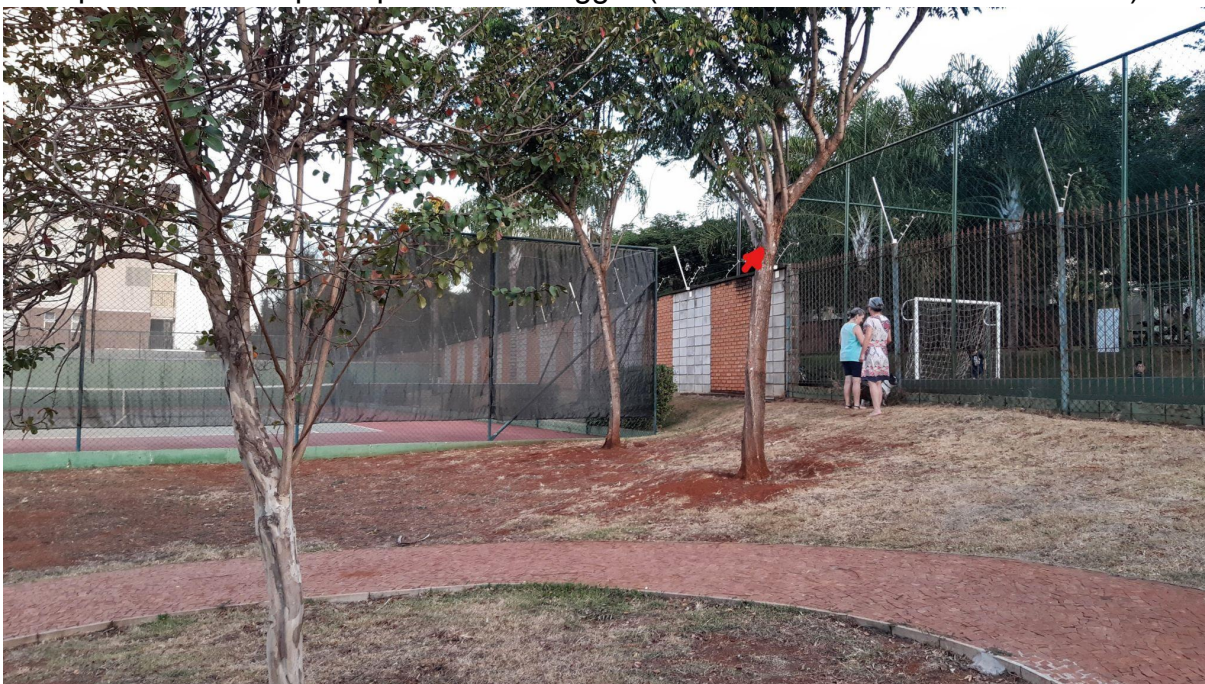
Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 4 - Ponto de coleta 4 Les Alpes - ipê-do-cerrado *Handroanthus chrysotrichus* com poucas folhas.



Fonte:Elaborado pelo autor (2022).

Figura 5 - Ponto de coleta 5 Les Alpes - Coreutéria *Koelreuteria paniculata* utilizada apenas como suporte para o data-logger (sem influência de sombreamento).



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A área 2 refere-se ao “Jardim Recreio”, localizado na zona oeste da cidade, no bairro de mesmo nome. Trata-se de uma área relativamente mais afastada da cidade, aproximadamente 5km, com arborização abundante, diversificada e próxima à Universidade de São Paulo - USP *Campus de Ribeirão Preto*, onde também é encontrada expressiva cobertura vegetal. Nesta área também foram escolhidos 5 pontos, sendo uma Sibipiruna adulta isolada, um Pau-Brasil adulto e um conjunto de Sibipirunas próximas umas das outras, conforme mostrados nas Figuras 6, 7 e 8, respectivamente. Além disso, outros 2 pontos com nenhuma arborização também foram instalados medidores para efeito de comparação (Figuras 9 e 10).

Figura 6 - Ponto de coleta 1 Jardim Recreio - Sibipiruna *Caesalpinia pluviosa* no cruzamento entre a Rua Angico e Avenida Cândido Pereira Lima.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 7 - Ponto de coleta 2 Jardim Recreio - Pau-Brasil *Paubrasilia echinata* na Rua Angico.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 8 - Ponto de coleta 3 Jardim Recreio - conjunto linear de Sibipirunas
Caesalpinia pluviosa na Av. Cândido Pereira Lima.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 9 - Ponto de coleta 4 Jardim Recreio - calçamento sem sombreamento
arbóreo na Av. Cândido Pereira Lima.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Figura 10 - Ponto de coleta 5 Jardim Recreio - calçamento sem sombreamento arbóreo no cruzamento entre Rua Angico e Av. Cândido Pereira Lima.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A área 3 refere-se ao “Campos Elíseos”, está localizada na porção central da cidade, no bairro de mesmo nome, neste bairro há um predomínio de prédios e casas e pouca arborização, predominando árvores de médio e pequeno porte, quando existentes. Nesta área seguiu-se a mesma metodologia, sendo 3 pontos onde o calçamento recebe influência da sombra projetada pelas copas das árvores (Figuras 11, 12 e 13) e outros 2 pontos com pouco ou nenhum sombreamento arbóreo (Figuras 14 e 15).

Figura 11 - Ponto de coleta 1 Campos Elíseos - conjunto formado por três Oitis *Licania tomentosa* na Rua Dom Luiz do Amaral Mousinho.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 12 - Ponto de coleta 2 Campos Elíseos - conjunto linear formado por três Jerivás *Syagrus romanzoffiana* na Rua Dom Luiz do Amaral Mousinho.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 13 - Ponto de coleta 3 Campos Elíseos - Falsa-Murta *Murraya paniculata* isolada na rua Dom Luiz do Amaral Mousinho.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 14 - Ponto de coleta 4 Campos Elíseos - calçamento sem nenhum sombreamento próximo ao cruzamento entre Rua Frei Santo e Rua Dom Luiz do Amaral Mousinho.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 15 - Ponto de coleta 5 Campos Elíseos - calçamento sem sombreamento arbóreo na Rua Dom Luiz do Amaral Mousinho.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

3.4 Coleta de dados

O equipamento utilizado para as medições foi o data logger da marca HOBO - onset, modelo pendant part UA-002-64, que registrou a temperatura e a luminosidade (Figura 16).

Figura 16 - Onset HOBO® Pendant temp/light; Part UA-002-64



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A coleta dos dados foi realizada dia 19 de julho com 15 *data-loggers* no total. Foi escolhida esta data pois, apesar de não ser uma época do ano onde encontra-se as maiores temperaturas, foi o momento em que os equipamentos foram disponibilizados pelo Departamento de Biodiversidade do Campus de Rio Claro da UNESP.

A data escolhida levou em consideração alguns dias após a passagem de uma frente fria; situação em que os dias claros e secos, nesta época do ano, demandam por conforto climático para quem percorre as calçadas da cidade.

Houve também um planejamento e pré-seleção com a visitação de cada local escolhido ao longo do mês de julho. Ao final do dia, após as 19 horas, os equipamentos foram recolhidos pelo pesquisador.

Um dia antes da coleta dos dados, os *data-loggers* foram programados no computador através do software HOBOWare para iniciar a coleta dos dados às 7:00 horas da manhã e parar às 19:00 horas da noite, e configurado para coletar as medidas de temperatura e luminosidade de hora em hora.

Em seguida, foram instalados 5 aparelhos para cada bairro selecionado (totalizando 15 *data-loggers*), conforme descrito anteriormente, sendo:

- 3 *data-loggers* em locais com vegetação.
- 2 *data-loggers* em locais sem vegetação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

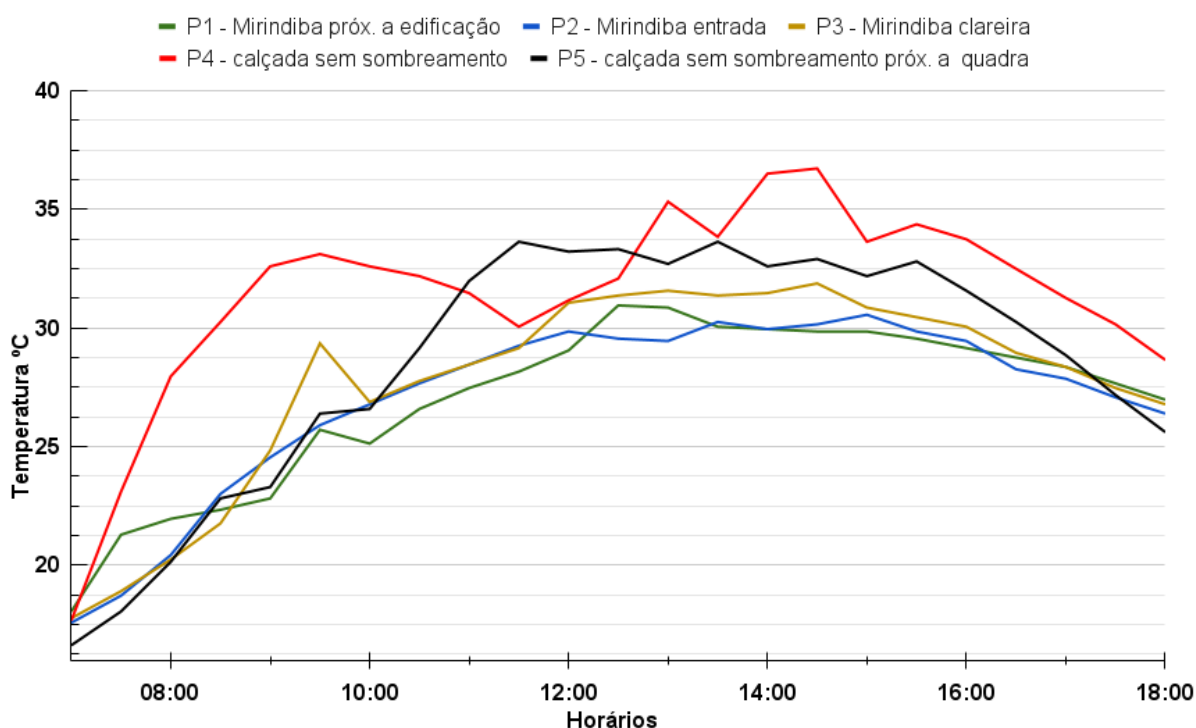
4.1 Análise dos dados de temperatura coletados em campo

Os gráficos a seguir apresentam os resultados obtidos no dia 19 de julho de 2022 por meio do monitoramento dos valores de temperatura do ar, coletados em campo com o *data-logger* HOBO UA-002-64, das 7:00 horas da manhã até as 18 horas.

O tipo de tempo neste dia foi bastante ensolarado e o céu sem nuvens. As 7:00 horas da manhã todos os *data-loggers* em todas as localidades, já recebiam influência direta ou indireta da luz do sol, conforme o esperado.

Nos gráficos 1, 2, e 3, tem-se o comportamento da temperatura que foi medido num intervalo de 1 hora, nas localidades: "Condomínio Les Alpes", "Jardim Recreio" e "Campos Elíseos", respectivamente. Ressaltando que para cada localidade haviam 5 pontos de coleta espalhados, sendo 3 pontos em locais com vegetação/sombreamento e 2 pontos em locais com pouca ou nenhuma vegetação/sombreamento.

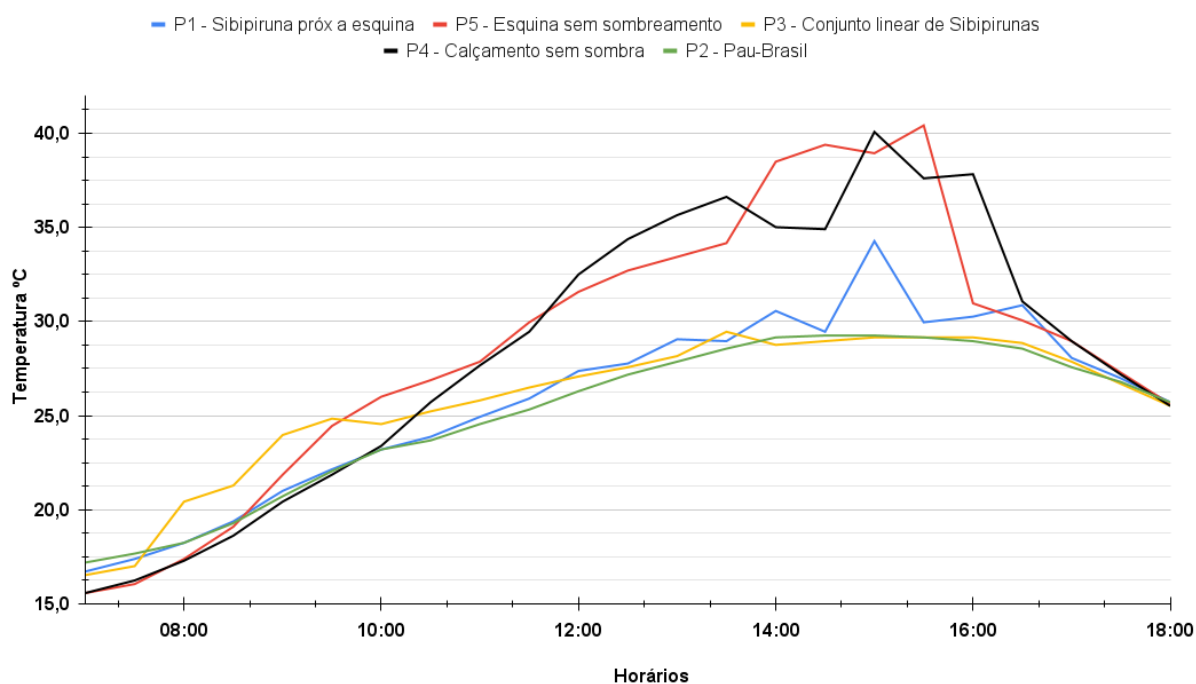
Gráfico 1 - Gráfico de valores de temperatura do ar no Condomínio Les Alpes (19/07/2022).



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

No gráfico 1 - Condomínio Les Alpes - observa-se clara diferença de temperatura nos pontos P4 e P5, que são locais onde não há influência do sombreamento arbóreo. Nestes dois pontos são registradas temperaturas de mais de 30°C com picos entre as 14:00 e 15:00 horas da tarde (36,7 e 33,6°C respectivamente). Outra observação relevante no mesmo gráfico foi o ponto 3 (P3), caracterizado por uma clareira no meio no túnel de Mirindibas *Lafoensia glyptocarpa*, apresentando uma temperatura levemente mais alta em relação aos outros dois pontos (P1 e P2) que estavam totalmente cobertos pela sombra projetadas no túnel das árvores de mesma espécie.

Gráfico 2 - Gráfico de valores de temperatura do ar no Jardim Recreio (19/07/2022).

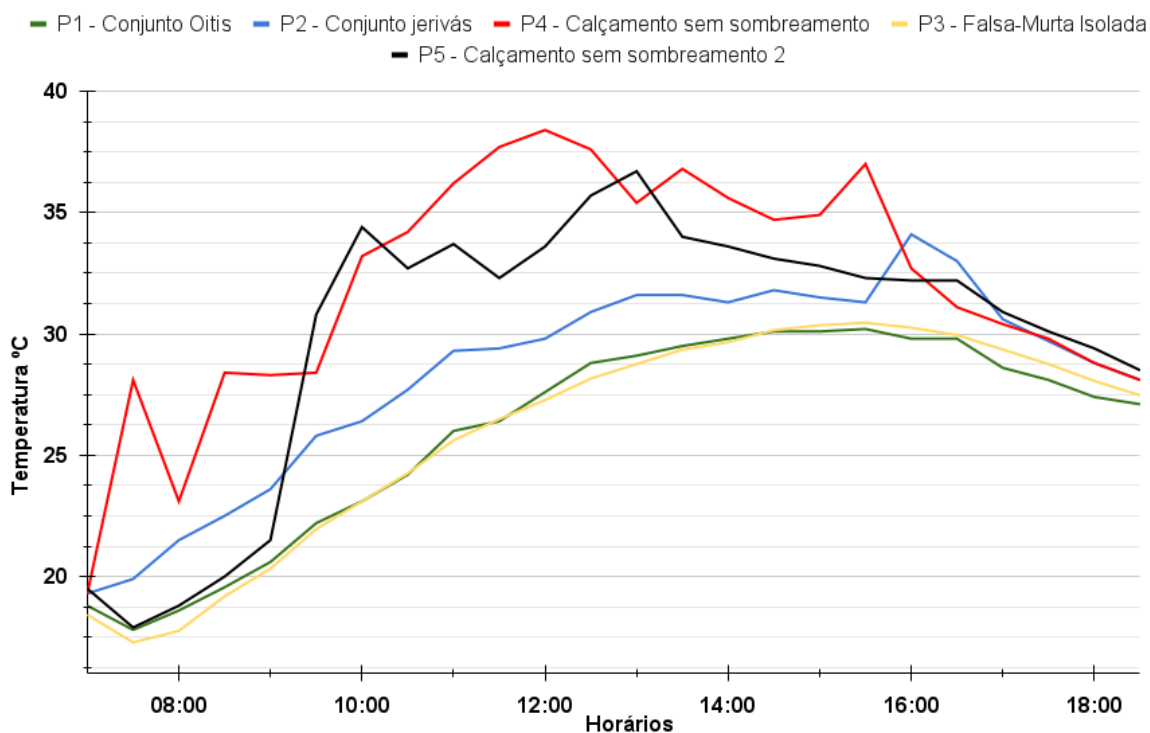


Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

No Jardim Recreio foram registradas as temperaturas máximas mais altas (40°C) quando comparadas às demais apresentadas neste estudo, como pode ser visualizado no Gráfico 2 (P5). Este pico de temperatura foi registrado às 15 horas em um ponto de coleta não sombreado. Entretanto, nesta localidade os resultados indicaram a maior atenuação na temperatura provocada pela vegetação; pontos P1, P2 e P3. Para se ter uma ideia do gradiente térmico, enquanto os pontos de coleta não sombreados atingiram temperaturas superiores a 35°C entre 13 e 16 horas (P4 e P5), em dois pontos sombreados as temperaturas registradas não ultrapassaram os 27°C (P2 e P3). Tais resultados são explicados pelas copas de grande porte, adultas e sadias como Sibipiruna *Caesalpinia pluviosa* e Pau-Brasil *Paubrasilia echinata*.

Este resultado vai de encontro ao resultado obtido por Abreu-Harbich et al. (2015) no trabalho realizado em Campinas/SP que detectou que as Sibipirunas *Caesalpinia pluviosa* têm significativa contribuição no conforto térmico.

Gráfico 3 - Gráfico de valores de temperatura do ar nos Campos Elíseos (19/07/2022).



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Nos Campos Elíseos foi registrada a segunda maior máxima de temperatura no dia, às 12:00 horas, de 38°C, também no ponto onde não havia sombra projetada pela vegetação.

Nesta localidade destaca-se o P2 (Gráfico 3), caracterizado por um conjunto linear composto por três Jerivás *Syagrus romanzoffiana*. É nítida a menor influência na temperatura da sombra projetada pelos coqueiros, quando comparadas aos outros dois pontos (P1 e P3) com vegetação/sombreamento mais generoso. Entretanto as temperaturas ainda são mais baixas quando comparadas aos pontos sem vegetação da localidade Campos Elíseos.

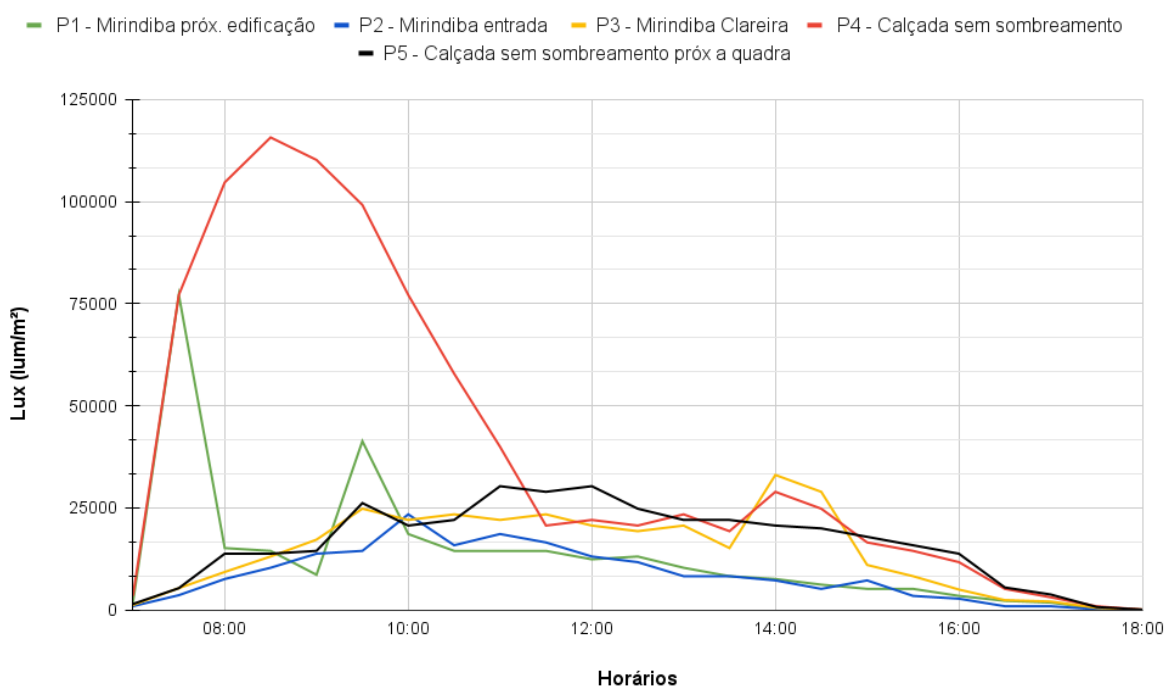
Chama-se atenção também para o fato de poda excessiva nas copas dos coqueiros (conforme Figura 12. Pág 32), restando poucas folhas. Este tipo de manejo compromete o serviço ecossistêmico de atenuar o desconforto térmico pois são as folhas que sombreiam, evapotranspiram, fotossintetizam e ajudam na limpeza do ar. Diante disso ressalta-se a importância do planejamento e escolha correta das espécies que são utilizadas na arborização urbana.

De modo geral, conforme visualizado nos gráficos 1, 2 e 3 nota-se claramente que as temperaturas no período da tarde (das 12:00 às 16:00 horas) provavelmente geram um desconforto térmico ao pedestre nos locais estudados. Isto reforça a importância da presença de árvores com copas grandes e sadias que proporcionem sombreamento generoso, exercendo uma atenuação do desconforto térmico para o pedestre.

4.2 Apresentação dos dados de luminosidade coletados em campo

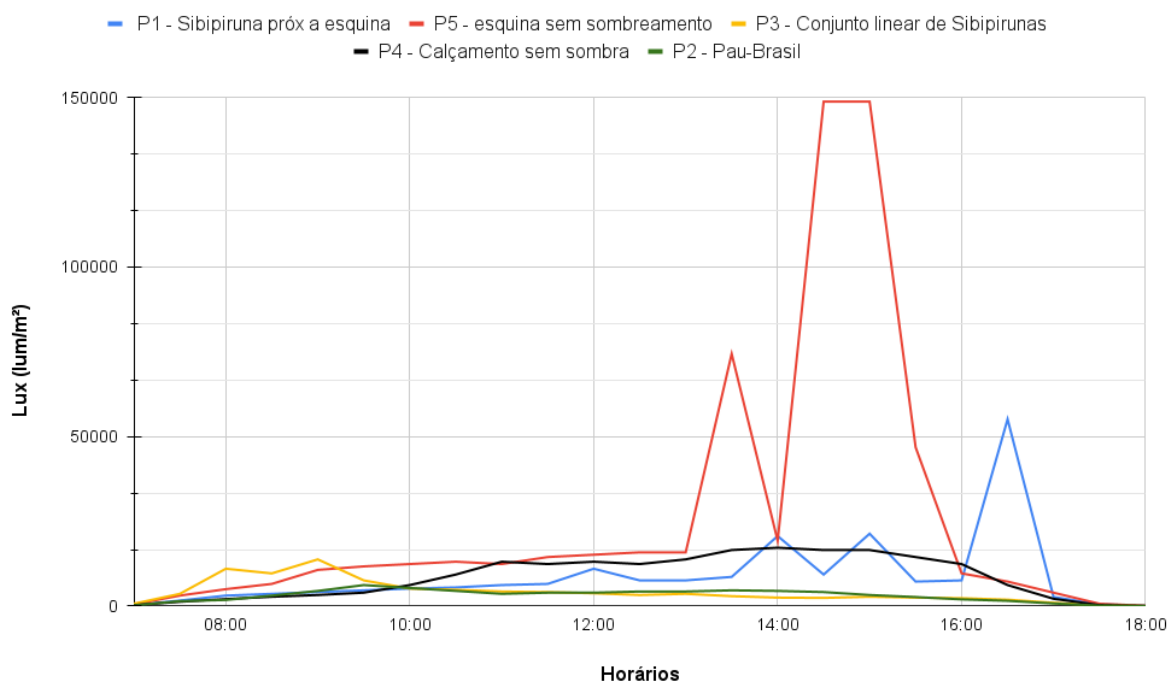
Nos gráficos 4, 5 e 6 tem-se os valores de luminosidade registrados pelo data-logger em Lux (Lx), calculado como $Lx = \text{lúmen/m}^2$. Os dados foram registrados com o intervalo de tempo de 1 hora, das 7:00 da manhã às 18:00, das localidades: "Condomínio Les Alpes", "Jardim Recreio" e "Campos Elíseos", respectivamente. Para cada localidade haviam 5 pontos de coleta espalhados, sendo 3 pontos em locais com vegetação/sombreamento e 2 pontos em locais com pouca ou nenhuma vegetação/sombreamento.

Gráfico 4 - Gráfico de valores de luminosidade (Lux) para os 5 pontos do Condomínio Les Alpes. (19/07/2022).



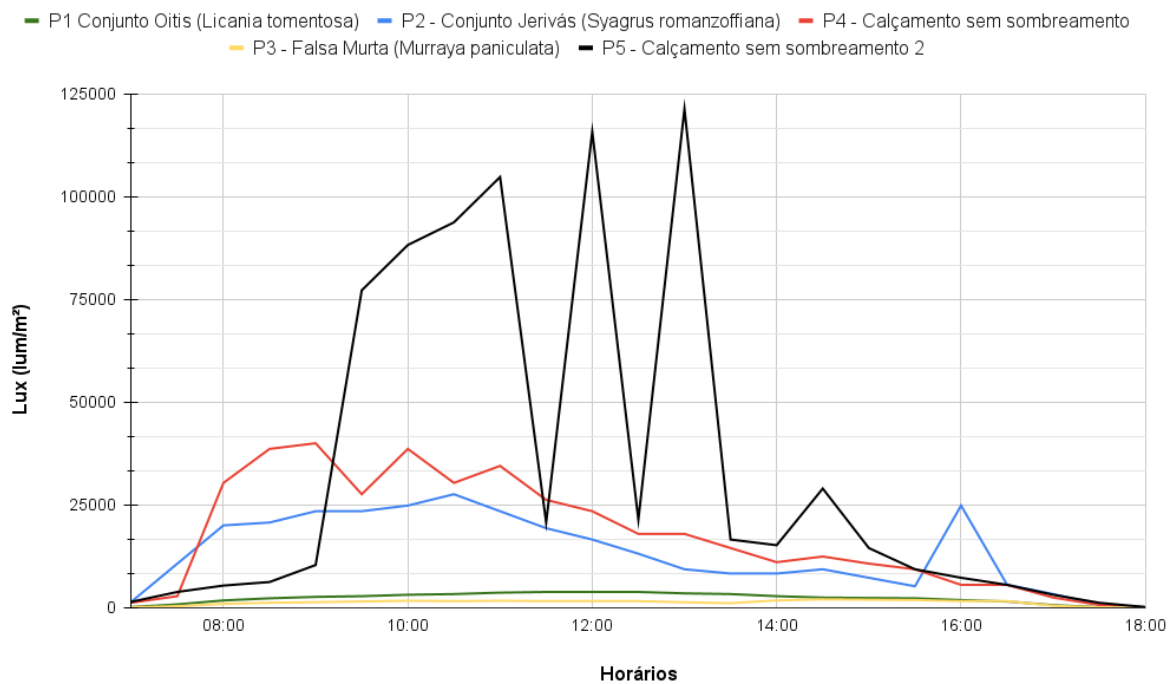
Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Gráfico 5 - Gráfico de valores de luminosidade (Lux) para os 5 pontos do Jardim Recreio. (19/07/2022).



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Gráfico 6 - Gráfico de valores de luminosidade (Lux) para os 5 pontos dos Campos Elíseos. (19/07/2022).



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Conforme apresentado nos gráficos 4, 5 e 6 é possível observar uma certa discrepância em alguns pontos, com picos de luminosidade durante a medição. Tais eventos podem ter sido ocasionados por diversos fatores, como uma simples falha no aparelho ou até mesmo eventos atmosféricos que ocorreram durante a coleta dos dados, como o vento. Para uma discussão aprofundada do parâmetro “Luminosidade” quanto ao conforto climático, reconhece-se a necessidade de maior referencial teórico por parte do autor deste trabalho, uma vez que a quantidade de estudos para este parâmetro climático ainda são poucos.

No entanto, a seguir serão apresentadas brevemente algumas hipóteses do que pode ter ocasionado tais discrepâncias em pontos com árvores e sem árvores. Uma vez que o *data-logger* é configurado, as coletas de luminosidade serão feitas pontualmente no intervalo de tempo ajustado. No gráfico 4 - P1; gráfico 5 - P1 e gráfico 6 - P2, nota-se picos em pontos onde o *data-logger* estava instalado no tronco das árvores. Nestes pontos a hipótese é de que a luz do sol ultrapassou as folhas e acabou incidindo no sensor do equipamento no momento em que a coleta foi feita, resultando em picos de luminosidade mas sem grandes aumentos na temperatura.

Já no Gráfico 4 - P4; Gráfico 5 - P5; e Gráfico 6 - P5, apresentaram picos de Lux extremamente discrepantes e em horários distintos entre as localidades. Os valores altos em Lux podem ser explicados pois são pontos que estavam em locais sem sombreamento, entretanto a intermitência de valores altos e baixos, principalmente quando se observa o Gráfico 5 - P5 e Gráfico 6 - P6, não tem uma explicação concreta. As hipóteses para estes pontos são que tais picos provavelmente podem ter sido ocasionados pela movimentação do aparelho, provocada por vento, pessoas ou até mesmo por animais ou insetos. Entretanto não deve-se descartar erros de leitura do equipamento.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo a análise acerca do benefício microclimático da arborização de acompanhamento viário na atenuação do desconforto térmico na escala do pedestre.

Para melhor compreensão sobre arborização e microclima inseridos no meio urbano, as bibliografias utilizadas foram de extrema importância, principalmente as do município de Ribeirão Preto, já que esta pesquisa também trouxe um breve histórico do índice de cobertura vegetal do município, iniciando em 1988, passando por 1999, 2006, 2012 e por fim 2022.

A realização desta pesquisa foi ainda mais motivada após a participação do autor deste trabalho como estagiário na elaboração do Inventário Amostral da Arborização de Acompanhamento Viário, realizado pela Secretaria Municipal do Meio Ambiente de Ribeirão Preto. O contato direto com este inventário foi de grande relevância para a melhor qualidade na entrega deste trabalho.

Para execução das medições realizadas em campo, foram utilizados os parâmetros de temperatura do ar e luminosidade, em três bairros distintos na cidade de Ribeirão Preto, a fim de se obter resultados mais consistentes e de possível comparação entre si, dentro dos limites possíveis à realização da pesquisa.

Os resultados obtidos acerca do parâmetro temperatura corroboraram com a hipótese principal da pesquisa, onde em situações de calçadas com sombreamento arbóreo apresenta-se uma atenuação no desconforto térmico na escala do pedestre de no mínimo 3°C e máximo de 7°C. Os maiores gradientes de temperatura foram apresentados na localidade Jardim Recreio, local onde haviam árvores de grande porte, adultas, sadias, com copas extensas e adequadamente manejadas, como a Sibipiruna *Caesalpinia pluviosa* e o Pau-Brasil *Paubrasilia echinata*. Para os pontos onde não havia sombreamento arbóreo foram registradas temperaturas altíssimas entre 35 e 40°C, principalmente no período da tarde, entre as 13 e 16 horas.

Para aprimoração dos resultados, recomenda-se que os parâmetros de temperatura e luminosidade sejam observados e coletados ao longo de um ano, bem como outras configurações urbanísticas além de outras cidades. Neste estudo foi considerado apenas um dia de coleta, sendo das 7:00 horas da manhã até as

18:00. Entretanto, mesmo neste curto período de tempo, foi possível observar e comprovar a atenuação do desconforto térmico, gerado pelo sombreamento projetado pelas copas das árvores.

Neste mesmo sentido, houve uma certa dificuldade para interpretação dos dados do parâmetro luminosidade, uma vez que existem poucos estudos que correlacionam este parâmetro climático com a temperatura e o microclima urbano. A partir disso, foram apresentadas algumas hipóteses que explicam o comportamento deste parâmetro, no dia em que a coleta dos dados foi feita.

Novos estudos devem ser feitos relacionando conforto térmico e lumínico para o pedestre a partir da presença/ausência de vegetação que promove sombreamento, tendo em vista a necessidade de mudanças profundas na mobilidade urbana em nossas cidades, sobretudo a necessidade de estimular o deslocamento ativo do habitante e do visitante. Nesse sentido as calçadas de Ribeirão Preto e acredita-se que a grande maioria das cidades brasileiras, deverá passar por transformações urbanísticas para poder abrigar árvores de médio e grande portes. São as grandes árvores que de fato proporcionam benefícios microclimáticos sensíveis ao corpo humano.

REFERÊNCIAS

- ABREU, L. V.; LABAKI, L. C.; MATZARAKIS, A. (2015). **Effect of tree planting design and tree species on human thermal comfort in the tropics**. *Landscape and Urban Planning*, 138, 99–109. doi:10.1016/j.landurbplan.2015.02.008
- ABREU, L. V. **Avaliação da escala de influência da vegetação no microclima por diferentes espécies arbóreas**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.
- AKBARI, H.; DAVIS, S.; DORSANO, S.; *et al.* 1992, **Cooling Our Communities. A Guidebook On Tree Planting And Light-Colored Surfacing**. *In*: Lawrence Berkeley Laboratory Report, LBL-31587, United States Environmental Protection Agency (EPA), Washington, D. C.
- ALVAREZ, I. A. *et al.* Comparison of two sampling methods for estimating urban tree density. *Journal of Arboriculture*, v. 31, n. 5, p. 209, 2005.
- ALCOFORADO, M. J.; H. ANDRADE (2003) **Nocturnal urban heat island in Lisbon (Portugal): main features and modeling attempts**. *Fifth International Conference on Urban Climate*. Łódź, Polónia, ed CD.
- ARAUJO, B. C. D; CARAM, R. **Análise ambiental: estudo bioclimático urbano em centro histórico**. *Ambiente & Sociedade* – Vol. IX nº. , 2006. p. 149-167.
- ASHRAE. AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS (ASHRAE) 1992. ASHRAE Standard 55 **Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**, Atlanta, GA. ASHRAE.
- BARGOS, D.; MATIAS, L. Áreas verdes urbanas: um estudo de revisão e proposta conceitual. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, v. 6, n. 3, p. 172-188, 2011
- CAVALHEIRO, F.; DEL PICCHIA, P. C. D. **Áreas Verdes: Conceitos, Objetivos e Diretrizes para o Planejamento**. *In*: I Congresso Brasileiro sobre Arborização Urbana e IV Encontro Nacional sobre Arborização Urbana, 1992. Vitória. Vitória, ES, 1992. p. 29-38.
- CAVALHEIRO, F. *et al.* **Proposição de Terminologia para o Verde Urbano**. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana. SBAU: Ano VII, nº3 – jul/ago/set de 1999. Rio de Janeiro, RJ, 1999.
- CARVALHO, M. L. De., & Freitas, C. de. (2012). Pedalando em Busca de Alternativas Saudáveis e Sustentáveis. *Revista Ciência e Saúde Coletiva*, 17, 1617- 1628.

FROTA, A; SCHIFFER, S. **Manual de conforto térmico**. 5ª edição. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

GIVONI, Baruch. **Climate considerations in building and urban design**. John Wiley & Sons, 1998.

GUZZO, P. **Estudo dos espaços livres de uso público da cidade de Ribeirão Preto/SP, com detalhamento da cobertura vegetal e áreas verdes públicas de dois setores urbanos**. 1999. Dissertação (mestrado apresentado ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista – UNESP – Campus de Rio Claro). Rio Claro, 1999. 125 p.

GUZZO, P; CARNEIRO, R. M. A.; JÚNIOR, H. O. Cadastro municipal de espaços livres urbanos de Ribeirão Preto (SP): acesso público, índices e base para novos instrumentos e mecanismos de gestão. **Revista da sociedade brasileira de arborização urbana**, v. 1, n. 1, p. 19-30, 2006.

HOUGH, M. H. **Cities and Natural Process: A Basis for Sustainability**. New Fetter Lane, Londres: Routledge, 1995.

LABAKI, L. C.; SANTOS, R. F. S.; BUENO-BARTHOLOMEI, C. L.; ABREU, L. V. A. **Vegetação e conforto térmico em espaços urbanos abertos**. Fórum Patrimônio, Belo Horizonte, 2011.

LOMBARDO, M. A. **Estudios interdisciplinares, metodologías e técnicas de análise do clima urbano**. VI Encuentro de Geógrafos de América Latina, p. 298, 1997.

LOMBARDO, M. A. **Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo**. São Paulo: Hucitec, 1985. 244p.

MATHEUS, C. *et al.* **Desempenho Térmico de Envoltórias Vegetada Sem Edificações no Sudeste Brasileiro**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 71-81, jan./mar. 2016.

MONTEIRO, C. A. F., **Dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo (Estudo Geográfico sob a forma de Atlas)**. São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia, 1973.

NUCCI, J. C. **Qualidade ambiental e adensamento urbano: um estudo de ecologia e planejamento da paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP)**. 2ª ed. Curitiba: O Autor, 2008.

NUNES, M. L. Metodologias de avaliação de arborização urbana. *In*: **ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA**, 1992, Vitória, ES. Anais. Vitória, ES: Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, 1992. p. 133-145.

O'DRISCOLL, M., CLINTON, S., JEFFERSON, A., et al., 2010, "**Urbanization Effects on Watershed Hydrology and In-Stream Processes in the Southern United States**", *Water*, v. 2, pp. 605-648.

OKE, T. R. The micrometeorology of the urban forest. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences**, v. 324, n. 1223, p. 335-349, 1989.

OKE, T. R.; CLEUGH, H. A. **Urban heat storage derived as energy balance residuals**. *Boundary-Layer Meteorology*, v. 39, n. 3, p. 233-245, 1987.

ORLANSKI, I. **A rational subdivision of scales for atmospheric processes**. *Bulletin of the American Meteorological Society*, p. 527-530, 1975.

PREFEITURA MUNICIPAL DE RIBEIRÃO PRETO. SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. **Inventário Amostral de Arborização de Acompanhamento Viário**, Relatório de Atividades, Outubro 2021; Contrato nº 316/2020. Relatório Técnico n. 08, 2021.

RIBEIRÃO PRETO. Secretaria Municipal do Meio Ambiente. 2008. **Vamos Arborizar Ribeirão Preto** / Organizadores Perci Guzzo e Regina Maria Alves Carneiro. 40 p.

SAILOR, D. J. Simulated urban climate response to modifications in surface albedo and vegetative cover. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**, v. 34, n. 7, p. 1694-1704, 1995.

SHAMS, J. C. A.; GIACOMELI, D. C.; SUCOMINE, N. M.. **Emprego da arborização na melhoria do conforto térmico nos espaços livres públicos**. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, v. 4, n. 4, p. 01-16, 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* [online]. 2018, v. 18, n. 2 pp. 197-215.

SILVA, B. A. et al. **O impacto da distribuição de vegetação no microclima de ambientes urbanos**. *Connecting People and Ideas. Proceedings of Euro ELECS*, 2015.

SILVA, E. M. F. et al. **Um novo ecossistema: florestas urbanas construídas pelo Estado e pelos ativistas**. *Estudos Avançados*, v. 33, p. 81-102, 2019.

SILVA FILHO, D. F. et al. **Plano Diretor de Arborização Urbana**. Ribeirão Preto 2012.

SILVA FILHO, D. F. **Índice de cobertura vegetal em área urbana para Ribeirão Preto (SP)**. XXI Congresso Brasileiro de Arborização Urbana. Desafios da quantificação do bem-estar e dos serviços ambientais proporcionados pela vegetação urbana.

SILVA FILHO, D. F., PIVETTA, K. F. L., COUTO, H. T. Z., POLIZEL, J. L. Indicadores de floresta urbana a partir de imagens aéreas multiespectrais de alta resolução. **Scientia Forestalis**, 2005, vol. 2, pp. 88-100.

SILVA FILHO, D. F., PIZETTA, P. U. C., ALMEIDA, J. B. S. A., PIVETTA, K. F. L., FERRAUDO, A. S. Banco de dados relacional para cadastro, avaliação e manejo da arborização em vias públicas. **Rev. Árvore**, 2002, vol.26, n.5, p.629-642.

SPIRN, A. W. **O Jardim de granito: a natureza no desenho da cidade**. Tradução de Paulo Renato Mesquita Pellegrino. São Paulo, Edusp, 1995, 360p.

YU, Chen; HIEN, Wong Nyuk. Thermal benefits of city parks. **Energy and buildings**, v. 38, n. 2, p. 105-120, 2006.