

**Universidade Brasil**  
**Campus de São Paulo**

**JOSÉ EDUARDO ABRAMIDES TESTA**

**MODELAGEM DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE URBANA EM  
FUNÇÃO DA COBERTURA VEGETAL E DO EXTRATO  
POPULACIONAL DE MUNICÍPIOS PAULISTAS**

**MODELING OF THE URBAN SURFACE TEMPERATURE ACCORDING TO THE  
VEGETAL COVERAGE AND THE POPULATION EXTRACT OF SÃO PAULO'S  
MUNICIPALITIES**

São Paulo, SP

2020

José Eduardo Abramides Testa

MODELAGEM DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE URBANA EM FUNÇÃO DA  
COBERTURA VEGETAL E DO EXTRATO POPULACIONAL DE MUNICÍPIOS  
PAULISTAS

Orientadora: Profa. Dra. Gisele Herbst Vazquez

Coorientador: Prof. Dr. Luiz Sérgio Vanzela

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Estudos de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Ambientais, da Universidade Brasil, como complementação dos créditos necessários para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

São Paulo, SP

2020

## FICHA CATALOGRÁFICA

T326m Testa, José Eduardo Abramides.  
Modelagem da Temperatura da Superfície Urbana em  
Função da Cobertura Vegetal e do Extrato Populacional de  
Municípios Paulistas/ José Eduardo Abramides Testa.  
São Paulo – SP: [s.n.], 2020.  
76 p.: il.; 29,5cm.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós  
Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Brasil, co-  
mo complementação dos créditos necessários para obtenção  
do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientadora: Profa. Dra. Gisele Herbst Vazquez.

1.Urbanização. 2.Árvores. 3.Cobertura Arbórea. 4.Áreas  
Verdes. I.Título.

CDD 711.4098173



### Termo de Autorização

#### **Para Publicação de Dissertações e Teses no Formato Eletrônico na Página WWW do Respectivo Programa da Universidade Brasil e no Banco de Teses da CAPES**

Na qualidade de titular(es) dos direitos de autor da publicação, e de acordo com a Portaria CAPES no. 13, de 15 de fevereiro de 2006, autorizo(amos) a Universidade Brasil a disponibilizar através do site <http://www.universidadebrasil.edu.br>, na página do respectivo Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu*, bem como no Banco de Dissertações e Teses da CAPES, através do site <http://bancodeteses.capes.gov.br>, a versão digital do texto integral da Dissertação/Tese abaixo citada, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira.

A utilização do conteúdo deste texto, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, fica condicionada à citação da fonte.

**Título do Trabalho: "MODELAGEM DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE URBANA EM FUNÇÃO DA COBERTURA VEGETAL E DO EXTRATO POPULACIONAL DE MUNICÍPIOS PAULISTAS"**

Autor(es):

Discente: Jose Eduardo Abramides Testa

Assinatura: \_\_\_\_\_

Orientadora: Gisele Herbst Vazquez

Assinatura: \_\_\_\_\_

Data: 30/junho/2020

## TERMO DE APROVAÇÃO

JOSE EDUARDO ABRAMIDES TESTA

**“MODELAGEM DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE URBANA EM FUNÇÃO DA  
COBERTURA VEGETAL E DO EXTRATO POPULACIONAL DE MUNICÍPIOS  
PAULISTAS”**

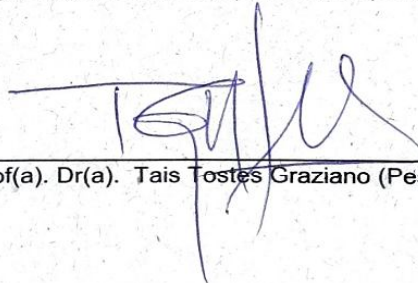
Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Brasil, pela seguinte banca examinadora:



Prof(a). Dr(a) Gisele Herbst Vazquez (Presidente)



Prof(a). Dr(a). Roberto Andreani Junior (Universidade Brasil)



Prof(a). Dr(a). Tais Tostes Graziano (Pesquisadora Científica)

Fernandópolis, 30 de junho de 2020.



## DEDICATÓRIA

Ao final deste Mestrado, que a princípio era um capricho e, posteriormente, se tornou um grande desafio de todos os tipos de resistências, inclusive física, hoje em sua reta final, eu o dedico, com muito amor e gratidão, à *Profa. Lígia Abramides Testa*, minha querida mãe, exemplo maior de vida, alegria e fé, a grande responsável por tudo o que eu sou, inclusive por uma vivência justa e correta (até ortograficamente), essa que, com tão pouco, tanto foi.

Dedico ainda aos meus três filhos, a quem muito amo:

*Edmur Augusto Subtil Abramides Testa,*

*Eduardo Henrique Subtil Abramides Testa e*

*Evandro Luis Subtil Abramides Testa,*

pelo companheirismo e pela paciência durante as minhas ausências para participação nas aulas e momentos de estudos, além da colaboração agrônômica (*Eduardo Henrique*), informática (*Evandro Luis*) e torcida (*Edmur Augusto*).

## AGRADECIMENTOS

Rendo graças a todos aqueles que, de uma forma ou de outra, foram responsáveis por esse caminho ora terminando:

Ao Grande Criador, primeiramente, pelas manhãs, pela saúde, pela Terra e pela terra, berço de toda vida, pela água, mãe de toda regeneração, e pelo Sol, pai de toda energia;

À minha querida orientadora, amiga, estagiária de Secretaria de Agricultura, parceira de Câmara Especializada de Agronomia, Sessão Plenária e Grupos de Trabalho do CREA-SP, professora das áreas de Sementes, de Paisagismo e de Arborização, e incentivadora da realização deste Mestrado, *Profa. Dra. Gisele Herbst Vazquez*, pela dedicação, carinho, atenção e cuidado, qualidades inerentes aos Professores (o maiúsculo é meu) que têm nesse ofício um sacerdócio;

Ao meu coorientador, *Prof. Dr. Luiz Sergio Vanzela*, por toda luz gerada ao longo do curso, pelas aulas de Estatística e de Climatologia e pelo apoio no discorrer da dissertação;

À graduanda *Larissa Gabriela Oliveira Gambi*, pela colaboração na digitalização das áreas verdes e coberturas arbóreas;

À minha querida amiga, consultora botânica e também parceira de CREA-SP e AEASP, *Profa. Dra. Taís Tostes Graziano*, pelo aceite da participação na Banca de Defesa deste trabalho;

Ao meu amigo e parceiro de Secretaria de Agricultura, *Dr. Oswaldo Julio Vischi Filho*, pelo aceite da participação na Banca como membro suplente;

Ao Prof. *Dr. Roberto Andreani Junior*, pelas aulas de Biodiversidade e de Recuperação de Áreas Degradadas, durante o curso, e pelo apoio na participação nas Bancas, de Qualificação e de Defesa da dissertação;

Ao amigo e colega de turma (a melhor de todas, F-78, inauguradora do Hino da Escola) da Gloriosa ESALQ/USP, morador da acolhedora Casa do Estudante Universitário José Benedito de Camargo (CEU), *Dr. José Carlos Neves Epiphanyo*, o *Tripa*, pela simpatia, disposição e pronta disponibilização de informações térmicas do

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), dos municípios trabalhados, para a montagem de imagens termais;

À incansável secretária da Universidade Brasil, *Ecreziana Santos da Silva*, pelo pronto atendimento na logística, em todas as situações em que foi demandada;

À minha estimada amiga e colega de turma de Mestrado, *Thainara Perondini de Almeida Ramos*, a *Thatha*, pelas constante parceria e confecção da arte-final nas apresentações dos incontáveis seminários;

A todos os professores que, como eu disse na Qualificação, estiveram distantes de seus entes e suas cidades para, em finais de semanas, ministrarem as aulas e se doarem, sempre com disposição, carinho e bom humor;

À minha querida amiga, *Dra. Luciana Rodrigues Oriqui*, pelas aulas particulares e grande ajuda nos tratamentos estatísticos;

Aos colegas da turma 2018-1, do Mestrado em Ciências Ambientais, que comigo estiveram em salas de aula e dividiram seminários e grupos de estudos e trabalhos;

A todos os outros funcionários da Universidade Brasil, que se esmeraram em seus ofícios e, anonimamente, fizeram o curso se estender durante dois anos, com salas limpas, energia disponível, bebedouros, sanitários etc.



## MODELAGEM DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE URBANA EM FUNÇÃO DA COBERTURA VEGETAL E DO EXTRATO POPULACIONAL DE MUNICÍPIOS PAULISTAS

### RESUMO

À medida que passa o tempo, torna-se cada vez mais evidente que as cidades devam pensar nas árvores e componentes vegetais como infraestruturas urbanas de saúde pública e bem-estar da população como um todo. A alteração do meio físico, causada pela crescente aglomeração populacional, fez com que as qualidades ambiental e de vida urbana se tornassem insatisfatórias, e, para avaliar o bem-estar da população, foram criados indicadores abordando aspectos relacionados a condições econômicas, sociais e ambientais, como a porcentagem de cobertura vegetal (CV), de cobertura arbórea (CA) e de áreas verdes (AV). A CV é o somatório de toda área vegetada de um município, ou seja, as AV e as CA. A AV é constituída de canteiros, praças etc., exceto as árvores. Já a CA se restringe somente à área de copas das árvores. De acordo com a Resolução Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo n.º 33/2018, a meta ideal em uma cidade, é de 50% de CV. Sabe-se que a vegetação diminui a temperatura média local em função de fatores físicos e fisiológicos, como a fotossíntese, a evapotranspiração e o sombreamento e que, segundo a literatura, aumentos na CV urbana são capazes de diminuir a temperatura superficial. Assim, o objetivo nesta pesquisa foi avaliar a variação da temperatura da superfície urbana em função da CV por modelos matemáticos e quantificar a porcentagem ideal de cobertura na área urbana de acordo com o extrato populacional do município. Foram avaliados 15 municípios do estado de São Paulo escolhidos ao acaso, divididos em cinco extratos populacionais com três cidades em cada. Até 20.000 habitantes (Estrela d'Oeste, Pompéia e Santo Antônio do Aracanguá), de 20.001 a 50.000 (Descalvado, Tanabi e Valparaíso), de 50.001 a 100.000 (Fernandópolis, Mirassol e Paulínia), de 100.001 a 500.000 (Araraquara, São José do Rio Preto e Sorocaba) e acima de 500.000 habitantes (Campinas, Santo André e São José dos Campos). Foram definidos e distribuídos campos amostrais nos diversos municípios sobre imagens atuais do *Google Earth Pro*, onde foram delimitadas as áreas de CV por digitalização manual e que, posteriormente, foram confrontadas com imagens termais. A modelagem da temperatura da superfície urbana em função da cobertura vegetal foi realizada por regressão estatística. Concluiu-se que a CA se mostrou mais eficiente na redução da temperatura superficial urbana do que a porcentagem de AV ou de CV. De acordo com os modelos propostos, no estado de São Paulo, a porcentagem de CA de 50% seria capaz de reduzir em 4°C a temperatura de municípios com mais de 20.000 habitantes, devendo ser distribuída ao longo da malha urbana. A média geral da porcentagem de AV, CA e CV em todos os extratos populacionais foi de 11,9%, 13,5% e 25,2% respectivamente, não havendo diferenças significativas entre os extratos. O índice de 50% de CV proposto pela Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SIMA, antiga SMA) pode ser considerado adequado na redução da temperatura urbana, desde que se quantifique apenas as copas das árvores.

**Palavras-chave:** Urbanização, Árvores, Cobertura arbórea, Área verdes.

## MODELING OF THE URBAN SURFACE TEMPERATURE ACCORDING TO THE VEGETAL COVERAGE AND THE POPULATION EXTRACT OF SÃO PAULO'S MUNICIPALITIES

### ABSTRACT

With the passing of time, it becomes increasingly evident that cities should think of trees and plant components as urban infrastructure for public health and well-being of the population as a whole. The changes in the physical environment caused by the growing population agglomeration made the characteristics of environmental and urban life unsatisfactory. In order to assess the well-being of the population, indicators were created addressing aspects related to economic, social and environmental conditions, such as the percentage of vegetation cover (VC), tree cover (TC) and green areas (GA). The VC is the sum of the entire vegetated area of a municipality, that is, GA's and TC. GA's comprise flowerbeds, gardens, etc., except for trees. TC, on the other hand, is restricted only to the area of tree crowns. According to the Resolution of the Secretariat for the Environment of the State of São Paulo Resolution no. 33/2018, the ideal goal of VC in a city is 50%. It is known that vegetation decreases the local average temperature due to physical and physiological factors, such as photosynthesis, evapotranspiration and shading and that, according to the literature, increases in urban VC are able to decrease surface temperature. Thus, the objective of this research was to evaluate the variation in the temperature of the urban surface as a function of the VC by mathematical models and to quantify the optimal percentage of coverage in the urban area according to the population extract of the municipality. Fifteen towns in the state of São Paulo were chosen at random, and then split into five population extracts with three towns in each. Towns with up to 20,000 inhabitants (Estrela d'Oeste, Pompéia and Santo Antônio do Aracanguá), towns with 20,001 to 50,000 inhabitants (Descalvado, Tanabi and Valparaíso), towns with 50,001 to 100,000 inhabitants (Fernandópolis, Mirassol and Paulínia), towns with 100,001 to 500,000 inhabitants (Araraquara, São José do Rio Preto and Sorocaba), and towns with over 500,000 inhabitants (Campinas, Santo André and São José dos Campos). Sample fields were defined and distributed in the various municipalities on current images of *Google Earth Pro*, where the VC areas were delimited by manual scanning and were later confronted with thermal images. The modeling of the urban surface temperature as a function of vegetation cover was performed by statistical regression. The conclusion was that the TC was more effective to reduce urban surface temperature than the percentage of GA or VC. According to the models proposed, a percentage of TC of 50% would be able to reduce by 4°C the temperature of towns with over 20,000 inhabitants in the state of São Paulo. Such percentage should be spread throughout the urban environment. The general mean of the percentage of GA, TC and VC in all population extracts was 11.9%, 13.5% and 25.2% respectively. There were no significant differences among the extracts. The index of 50% VC proposed by the Secretariat of Infrastructure and Environment of the state of São Paulo (SIMA, ex-SMA) can be considered appropriate to reduce urban temperature, provided that only the crowns of the trees are quantified.

**Keywords:** Urbanization, Trees, Tree cover, Green areas.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização dos municípios avaliados do Estado de São Paulo.....	40
Figura 2. Exemplo de campo amostral no município de Fernandópolis - SP. ....	41
Figura 3. Exemplo da distribuição radial dos campos amostrais equidistantes partindo do centro para as áreas periféricas, da zona urbana de São José do Rio Preto - SP. ....	42
Figura 4. Linhas digitalizadas no <i>Google Earth Pro</i> (A) e mapeamento finalizado do campo amostral (B). ....	43
Figura 5. Modelos da temperatura da superfície (Ts) em função do percentual de cobertura arbórea (CA) e cobertura vegetal (CV) no extrato populacional até 20.000 habitantes.....	50
Figura 6. Modelos da temperatura da superfície (Ts) em função do percentual de cobertura arbórea (CA) e cobertura vegetal (CV) no extrato populacional de 20.001 a 50.000 habitantes.....	51
Figura 7. Modelo da temperatura da superfície (Ts) em função do percentual de cobertura arbórea (CA) no extrato populacional de 50.001 a 100.000 habitantes. ....	51
Figura 8. Modelos da temperatura da superfície (Ts) em função do percentual de cobertura arbórea (CA), área verde (AV) e cobertura vegetal (CV) no extrato populacional de 100.001 a 500.000 habitantes.....	52
Figura 9. Modelos da temperatura da superfície (Ts) em função do percentual de cobertura arbórea (CA), área verde (AV) e cobertura vegetal (CV) no extrato populacional acima de 500.000 habitantes. ....	53
Figura 10. Redução esperada na temperatura ( $\Delta T$ ) da superfície em função do percentual de cobertura arbórea (CA) e do extrato populacional de municípios do estado de São Paulo. ....	55
Figura 11. Temperaturas médias (Tmed) e imagens termais de campos amostrais e suas respectivas porcentagens de áreas construídas/pavimentadas, áreas verdes (AV) e cobertura arbórea (CV) nos municípios de Sorocaba (A e B), Araraquara (C) e Santo André (D e E). ....	59

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1. Municípios do estado de São Paulo avaliados em cada extrato populacional e a quantidade de campos amostrais.....	40
Tabela 2. Características dos sensores do satélite LANDSAT 8.....	44
Tabela 3. Datas e cenas das imagens do satélite LANDSAT 8 utilizadas na estimativa da temperatura da superfície.....	44
Tabela 4. Porcentagens de cobertura arbórea (CA), área verde (AV), cobertura vegetal (CV), espelho d'água (EA) e área não vegetada (ANV) dos municípios analisados em cada extrato populacional.....	46
Tabela 5. Médias das porcentagens de cobertura arbórea, área verde, cobertura vegetal, espelho d'água e área não vegetada em cada extrato populacional.....	48
Tabela 6. Valores de r <sup>2</sup> e sua significância (p) para as porcentagens de cobertura arbórea (CA), área verde (AV) e cobertura vegetal (CV) em cada extrato populacional. .....	49

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	14
1.1. Relevância do Tema .....	14
1.2. Objetivos.....	16
1.2.1. Objetivos Gerais.....	16
1.2.2. Objetivos Específicos .....	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	17
2.1. Legislação Relacionada à Preservação Ambiental.....	17
2.2. O Efeito Estufa e as Alterações Climáticas.....	20
2.3. Albedo Planetário .....	24
2.4. Ilhas de Calor.....	25
2.5. Vantagens da Presença da Vegetação em Cidades .....	28
2.6. Arborização Urbana.....	31
2.7. Áreas Verdes .....	32
2.8. Cobertura Vegetal.....	34
2.9. Floresta Urbana .....	35
2.10. Indicadores “Verdes”.....	37
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	40
3.1. Municípios Avaliados .....	40
3.2. Metodologia .....	41
3.3. Cobertura Arbórea, Cobertura Vegetal e Área Verde Urbana (variáveis independentes).....	41
3.4. Temperatura da Superfície (Ts) por Satélite.....	43
3.5. Metodologia Estatística.....	45
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
5. CONCLUSÕES .....	62
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	63

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. Relevância do Tema

Em todos os continentes, as florestas, sobretudo as tropicais, desde que existem, há quatrocentos milhões de anos, são organismos reguladores da energia trazida pela luz solar, ou seja, suas folhas captam a energia luminosa para a elaboração do processo fotossintético, assim como realizam os mecanismos de evapotranspiração, tornando o microclima de seu sub-bosque mais ameno.

Com a ocupação de diversos espaços por meio da antropização, com a consequente retirada de imensas áreas de florestas ao longo do tempo, para a ocupação humana e utilização de recursos madeireiros, gerando a criação de povoados, vilas e cidades, esse perfil foi sendo modificado. Hoje, em locais onde as concentrações urbanas estão implantadas, percebe-se um aumento grande das temperaturas máximas, assim como maiores amplitudes térmicas ao longo dos anos, em virtude da atuação direta da luz solar em materiais instalados pela civilização, como o concreto, o asfalto, a terra nua e outras superfícies modificadas, o que torna a habitação do homem nesses locais um tanto desconfortável.

Com o objetivo de mitigar situações desfavoráveis à vida e ao bem-estar humano, e trazer de volta um clima mais agradável àqueles que habitam, trabalham ou frequentam essas regiões, o poder público, sobretudo nas instâncias municipais e estaduais, cada vez mais, encontra-se empenhado na missão de tornar as cidades mais arborizadas, para que as composições arbóreas e outras coberturas verdes, parques, praças, jardins etc., voltem a cumprir com as funções antes exercidas pelas florestas e outras coberturas originais.

Além de trazer beleza e quebrar a aridez de áreas urbanizadas, uma região com boa cobertura arbórea torna as temperaturas mais amenas, traz juntamente com as árvores, pássaros e outros pequenos animais, colabora na atenuação da poluição sonora filtrando sons, atua como quebra-ventos, aumenta a permeabilidade de terrenos com relação as águas de chuva, deixa os logradouros públicos mais agradáveis e valoriza economicamente os imóveis no entorno.

Num tempo em que muito se debate o aquecimento global causado pela queima excessiva no sentido mais amplo da palavra, gerando os gases de efeito

estufa (GEE) e, entre esses, o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), há que se pensar ainda, nas árvores, como prestadoras de serviços ecossistêmicos e fixadoras (sequestradoras) desse gás, o que é realizado por meio da atividade fotossintética de suas folhas, com a conseqüente liberação do oxigênio (O<sub>2</sub>) na atmosfera.

No âmbito do governo do estado de São Paulo, a então Secretaria do Meio Ambiente (SMA), hoje denominada Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente (SIMA), um de seus órgãos, lançou em 2007, o Programa Município Verde Azul (PMVA), iniciativa de política pública surgida com o objetivo de medir e apoiar a eficiência da gestão ambiental com a descentralização e valorização da agenda ambiental nos municípios, premiando os mais destacados.

Em 2009, em São Paulo, foi instituída a Lei Estadual n.º 13.580, referente ao Programa Permanente de Ampliação das Áreas Verdes Arborizadas Urbanas, com o objetivo de financiar programas de implantação de árvores nas cidades paulistas (SÃO PAULO, 2009).

O propósito da lei é atingir, como piso, no maior número de municípios paulistas, o Índice de Área Verde (IAV) de 12 m<sup>2</sup> por habitante, dando prioridade para o custeio de projetos a serem desenvolvidos em áreas urbanas habitadas, as quais não perfaçam 12 m<sup>2</sup> de área verde arborizada por habitante, assim como aquelas regiões com alto índice de edificação e de impermeabilização do solo. A meta já fazia parte das diretrizes da Secretaria Estadual do Meio Ambiente, mas o governo até então não dispunha de instrumentos jurídicos para implementá-la. Os projetos de aumento da área arborizada poderão ser propostos tanto por entidades públicas quanto privadas. A medida visa ao desenvolvimento ambiental dos perímetros urbanos dos municípios paulistas, com ênfase na mitigação da formação de ilhas de calor, redução da poluição sonora e na conservação da biodiversidade.

Já a Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente, em sua Resolução n.º 33, de 28 de março de 2018, estabelece como meta ideal em uma cidade, uma porcentagem de 50%, de cobertura vegetal no perímetro urbano, que inclui todo tipo de cobertura verde do traçado viário, maciços e fragmentos de vegetação nativa, quintais, jardins de residências, praças, parques, Áreas de Preservação Permanente (APP), assim como as áreas verdes implantadas (SÃO PAULO, 2018).

A obtenção desse valor pode ser realizada por meio do mapeamento de toda cobertura vegetal de uma área qualquer, com posterior quantificação em unidades de

superfícies (metros quadrados, quilômetros quadrados, hectares etc.) chegando-se a um valor em porcentagem existente nessas áreas.

É sabido que o aumento da área verde e/ou das coberturas arbórea e vegetal, seja em regiões equatoriais, tropicais ou subtropicais, é capaz de diminuir a temperatura superficial, por características que são inerentes aos vegetais e serão discutidas no presente estudo, pretendendo-se chegar a valores que proporcionem um balanço térmico satisfatório em áreas urbanas.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivos Gerais**

Avaliar a variação da temperatura da superfície urbana em função da cobertura vegetal, cobertura arbórea e área verde, de modo a obter modelos matemáticos que permitam quantificar a porcentagem ideal de cobertura de acordo com o extrato populacional do município.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- Determinar quais indicadores ambientais (porcentagem de cobertura vegetal, cobertura arbórea e área verde) são mais adequados na mitigação da temperatura superficial urbana.
- Quantificar a porcentagem de área verde, cobertura arbórea e cobertura vegetal urbana de quinze municípios do estado de São Paulo.
- Analisar o indicador ambiental (porcentual de cobertura vegetal) proposto pela SIMA.



## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Legislação Relacionada à Preservação Ambiental**

Dentro do ordenamento jurídico brasileiro há diversos dispositivos legais que envolvem temas ambientais, entre outros a nossa Carta Magna, a Constituição da República Federativa do Brasil, de 1988 (BRASIL, 1988) e o Código Florestal hoje vigente (Lei Federal n.º 1.265/12) (BRASIL, 2012). No âmbito das áreas urbanas, porém, principalmente no que se refere ao assunto arborização, Leis Federais se mostram omissas e há que se buscar apoio e enquadramento nos órgãos estaduais e municipais.

No caso do governo do estado de São Paulo, o órgão responsável pela normatização e fiscalização da legislação ambiental é a Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente (SIMA) e, dentro de seu organograma, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Por meio das Resoluções SMA e, hoje SIMA, o Estado normatiza, coordena, acompanha, fiscaliza, orienta, cadastra, capacita e instrui as atividades relacionadas com a preservação do meio ambiente, principalmente em áreas urbanas. Devido à grande importância do assunto, esse compõe uma das diretrizes de avaliação de desempenho do Programa Município Verde Azul (PMVA), iniciativa de política pública dessa secretaria, lançada em 2007 com o propósito de medir e apoiar a eficiência da gestão ambiental, com a descentralização e valorização da agenda ambiental nos municípios (PMVA, 2020).

As ações propostas pelo PMVA compõem as dez (10) diretrizes norteadoras da agenda ambiental local, abrangendo os seguintes temas estratégicos: Município Sustentável – Estrutura e Educação Ambiental – Conselho Ambiental – Biodiversidade – Gestão das Águas – Qualidade do Ar – Uso do Solo – Arborização Urbana – Esgoto Tratado e Resíduos Sólidos.

Seu principal objetivo é estimular e auxiliar as prefeituras paulistas na elaboração e execução de suas políticas públicas estratégicas para o desenvolvimento sustentável do estado de São Paulo. A participação de cada município paulista ocorre com a indicação de um interlocutor e um suplente, por meio de ofício encaminhado à Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente.

Para atingir esse objetivo, o PMVA oferece capacitação técnica aos interlocutores indicados pela municipalidade e, ao final de cada ciclo anual, publica o “*Ranking Ambiental dos Municípios Paulistas*”.

Tal *ranking* resulta da avaliação técnica das informações fornecidas pelos municípios, com critérios pré-estabelecidos de medição da eficácia das ações executadas. A partir dessa avaliação o Indicador de Avaliação Ambiental (IAA) é publicado para que o poder público e toda a população possam utilizá-lo como norteador na formulação e aprimoramento de políticas públicas e demais ações sustentáveis.

A participação dos municípios do estado de São Paulo no PMVA ocorre a partir de ofício da prefeitura municipal manifestando seu interesse em aderir ao Programa, e indicando os interlocutores (titular e suplente), que serão seus representantes e o contato entre a SIMA e a prefeitura, bem como, os responsáveis pelo gerenciamento das “tarefas” para atendimento das diretivas ambientais. A partir de então, a municipalidade passa a ter acesso a todas as ferramentas fornecidas pela Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente, no âmbito do programa.

Além de nortear a formulação de políticas públicas, o *Ranking Ambiental* é utilizado pelo PMVA na outorga das seguintes premiações regulares:

1 - Certificado Município Verde Azul – concedido aos municípios que atingirem a nota superior a 80 (oitenta) pontos e preencherem requisitos pré-definidos para cada ciclo, e ao interlocutor respectivo. Esse certificado reconhece a boa gestão ambiental municipal e garante à prefeitura premiada, preferência na captação de recursos do Fundo Estadual de Prevenção e Controle da Poluição (FECOP).

2 - Prêmio Governador André Franco Montoro – concedido aos municípios mais bem colocados no *ranking* em cada uma das Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI). Trata-se de uma homenagem ao criador do Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA), embrião da Secretaria de Estado de Infraestrutura e Meio Ambiente (SIMA) e defensor da descentralização administrativa e fortalecimento dos municípios.

Na maioria das cidades brasileiras, observam-se historicamente o negligenciamento da arborização urbana dentro do planejamento e elaboração dos planos diretores das cidades, onde a mesma é apresentada de forma meramente ornamental e sem função ambiental relevante, e as administrações, por esse fato, têm sido paulatinamente cobradas pelas organizações civis e têm-se visto a reconsiderar

na sua conceituação, a importância da arborização dentro do sistema urbano (BRUN et al., 2008).

Priorizar a situação de árvores e de espaços verdes na agenda dos líderes municipais e nos orçamentos públicos depende de esclarecer que o capital natural, se devidamente gerenciado, fornece retornos econômicos palpáveis para toda comunidade. Essa visão contrasta com a atitude predominante em muitas prefeituras de que a manutenção das árvores e áreas verdes só dá despesa e é pouco prioritária quando comparada com outras necessidades municipais que se presume, estão mais relacionadas com a saúde humana, a segurança e o bem-estar (BRUN et al., 2008).

A legislação é importante para estabelecer normas, sem as quais o poder público não tem como administrar os bens e os serviços sob sua responsabilidade.

A Lei de Defesa do Consumidor (LDC) (Lei n.º 8.078, de 11 de setembro de 1990), em seu artigo 81, discorre sobre a defesa dos interesses e direitos dos consumidores e das vítimas, podendo ser exercido em juízo individualmente ou a título coletivo (BRASIL, 1990). Assim, a existência de áreas verdes na zona urbana é um direito de todos assegurado pelo artigo 225 da Constituição Federal, onde está determinado que “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida...” (BRASIL, 1988).

Portanto, a visão racional da escala de uma cidade não deve inibir seus administradores para os aspectos lúdicos e psicológicos que a paisagem urbana exerce sobre seus moradores. Ou seja, a existência de áreas verdes na zona urbana é um direito de todos, e é assegurado pela Constituição da República Federativa do Brasil.

Ainda pode ser citado o Estatuto das Cidades (Lei n.º 10.257, de 10 de julho de 2001), que regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal e estabelece no artigo 1.º, parágrafo único as “normas de ordem pública e interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental” (BRASIL, 2001).

Dos instrumentos previstos no Estatuto, vale ressaltar a inclusão do zoneamento ambiental como instrumento de planejamento municipal. A Lei Federal n.º 6.766, de 19 de dezembro de 1979, trata do Parcelamento do Solo Urbano, ou seja, da regulamentação técnica e jurídica do parcelamento do solo, procurando promover a organização territorial dos municípios. Por meio desse instrumento, o município pode exigir uma distribuição adequada dos lotes, equipamentos, vias

públicas, áreas para recreação e outros usos comunitários, ou seja, a importância do parcelamento do solo como instrumento do Poder Público para melhor orientar a ocupação territorial e fornecer condições urbanas mínimas à população (BRASIL, 1979).

Por sua vez, no estado de São Paulo, em 2009 foi instituída a Lei n. 13.580 referente ao Programa Permanente de Ampliação das Áreas Verdes Arborizadas Urbanas, com o objetivo de financiar programas de implantação de árvores nas cidades paulistas de modo a atingir o Índice de Área Verde (IAV) de 12 m<sup>2</sup> por habitante e assim mitigar o efeito da formação de ilhas de calor, reduzir a poluição sonora e conservar a biodiversidade (SÃO PAULO, 2009).

## **2.2. O Efeito Estufa e as Alterações Climáticas**

O efeito estufa é causado por gases presentes na atmosfera terrestre. Sabe-se que a temperatura da terra depende do equilíbrio entre a energia que chega do sol e a que é irradiada de volta para o espaço pelo planeta. Em conta aproximada, metade da energia que entra na atmosfera é absorvida pelas nuvens, pelas partículas, ou é refletida de volta ao espaço. A metade restante é absorvida pela superfície terrestre (oceanos e continentes) que por seu intermédio é aquecida. As superfícies irradiam novamente essa energia sob a forma de determinados comprimentos de onda que correspondem à radiação infravermelha emitida pela Terra (MAGALHÃES FILHO, 2006).

Ocorre que o gás carbônico, o metano e o vapor d'água, além de outros gases presentes na atmosfera, absorvem certos comprimentos de onda desse tipo de radiação. Parte do calor absorvido é, então, enviado de volta à superfície terrestre. Tal processo mantém a temperatura da Terra 30°C mais quente do que seria sem a presença desses gases em nossa atmosfera. Portanto, o aumento das concentrações de gás carbônico e de outros gases semelhantes faz com que maior quantidade de calor fique retido dentro da atmosfera do planeta, caracterizando o chamado efeito estufa (MAGALHÃES FILHO, 2006).

Nos últimos 150 anos, a temperatura média global aumentou em cerca de 0,7°C. Esse aumento está sendo atribuído à intensificação do efeito estufa pelas atividades antrópicas, como queima de combustíveis fósseis e florestas tropicais, que emitem CO<sub>2</sub> (um dos gases de efeito estufa, porém não o mais importante). Discute-

se criticamente a hipótese do aquecimento global antropogênico, demonstrando que ela carece de bases científicas sólidas e está fundamentada principalmente em resultados de modelos de clima (MCG), cujas equações matemáticas não representam adequadamente os processos físicos que ocorrem na atmosfera, particularmente o ciclo hidrológico. Argumenta-se que a influência humana no clima, se existir, seja muito pequena e impossível de ser detectada em face de sua grande variabilidade natural. Considerando essa variabilidade, é muito provável que ocorra um resfriamento global nos próximos 20 anos, ao invés de um aquecimento (MOLION, 2008).

Existem evidências que o clima, entre cerca de 800 a 1200 d.C., era mais quente do que o de hoje. Naquela época, os Nórdicos (Vikings) colonizaram as regiões do Norte do Canadá e uma ilha que foi chamada de Groenlândia (Terra Verde) e que hoje é coberta de gelo. Entre 1350 e 1850, o clima se resfriou, chegando a temperaturas de até cerca de 2°C inferiores às de hoje, particularmente na Europa Ocidental. Esse período é descrito na Literatura como “Pequena Era Glacial”. Após 1850, o clima começou a se aquecer lentamente e as temperaturas se elevaram. Portanto, não há dúvidas que ocorreu um aquecimento global nos últimos 150 anos (MOLION, 2008).

A atual situação climática do planeta é decorrente de uma série de fenômenos naturais e que esses têm ocasionado grandes problemas ao homem. O aumento contínuo da sua temperatura é um dos principais problemas que a humanidade tem encarado nos últimos anos e que este fenômeno tem sido motivo de grande repercussão mundial pelos principais meios de comunicação, indicando a atividade humana como um dos principais causadores desse aquecimento (BARROS et al., 2014).

Segundo os dados divulgados pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* - Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), principal órgão de representação mundial responsável em divulgar dados sobre as alterações climáticas no mundo, o aumento da temperatura média global é causado pelos gases de efeito estufa originários da atividade humana e pode trazer como consequência a elevação do nível do mar (IPCC, 2001).

Apesar de muitos pesquisadores considerarem este fenômeno como algo negativo, é ele quem desempenha papel fundamental para a existência da vida na terra, pois mantém as condições necessárias para que se possam conservar as mais

variáveis formas de vidas existentes no planeta. Porém, nos últimos anos este fenômeno tem enfrentado o crescimento contínuo e que muitos pesquisadores têm pregado que o maior contribuinte para que esse evento ocorra seja o homem com o grande consumo de combustíveis fósseis e pela perda da vegetação devido às queimadas (BARROS et al., 2014).

Na verdade, ocorre o contrário a esse conceito, pois as atividades antropogênicas colaboram de forma mínima, sendo os principais contribuintes do efeito estufa os próprios eventos naturais que ocorrem no planeta, dentre eles, os oceanos e seus fenômenos naturais existentes (MOLION, 2005).

As modificações climáticas mais acentuadas que acontecem no planeta, ocorrem de forma natural com processos externos ao planeta, derivadas das oscilações das tempestades solares. Tais tempestades têm influenciado diretamente no aumento da temperatura da Terra. Também os fenômenos internos da Terra influenciam, sendo que dentre estes, os principais causadores do aumento da temperatura são os grandes espelhos de águas presentes na superfície do planeta, o que ocasiona grandes quantidades de vapor d'água na atmosfera, sendo este o principal retentor de temperatura que contribui para o aumento do efeito estufa (BARROS et al., 2014).

Por outro lado, a temperatura média na superfície da Terra é um indicador chave para as mudanças climáticas e que de acordo com o IPCC, a temperatura média da superfície global (incluindo terra e oceanos) aumentou 0,85 [0,65 a 1,06] °C ao longo do período entre 1880 e 2012. Cada uma das três últimas décadas (1980, 1990 e 2000) tem sido, sucessivamente, mais quente na superfície da terra do que qualquer uma das décadas anteriores no registro instrumental e a década dos anos 2000 foi a mais quente. Comparando-se a média do período de 1850 a 1900 e a de 2003 a 2012, nota-se uma diferença de 0,78 [0,72 a 0,85] °C a mais na atmosfera. No Hemisfério Norte, 1983 a 2012 foi provavelmente o período de 30 anos mais quente dos últimos 1.400 anos (IPCC, 2013).

Porém, diversos são os questionamentos acerca da hipótese aquecimentista, sobretudo após a publicitação da manipulação de dados realizada em 2009 por pesquisadores do IPCC, a fim de direcionar os resultados das pesquisas que comprovariam a elevação das temperaturas em escala global. Tal fato intensificou as críticas ao IPCC, já realizadas anteriormente, no ano de 2007, quando um grupo de pesquisadores manipulou dados utilizados em 2001, a fim de corrigir uma curva de

variação das temperaturas globais registradas em um gráfico climático, dando origem ao episódio intitulado de taco de hóquei (LINO, 2009).

Tais evidências de manipulação se somam às críticas referentes à ausência de séries climáticas confiáveis que antecedam os últimos 150 anos, uma vez que as pesquisas sobre a atmosfera, anteriores ao começo do século XX, eram restritas a poucos países, dentre eles França, Reino Unido, Estados Unidos e Alemanha. Além disso, essas séries climáticas foram obtidas de estações meteorológicas localizadas anteriormente em áreas rurais e, hoje, estão presentes no centro de grandes áreas urbanas, constituídas por superfícies que elevam a temperatura da atmosfera devido ao efeito das ilhas de calor, alterando, assim, significativamente, as médias de temperatura, que devido ao crescimento das cidades, são registradas muito mais elevadas desde o começo da segunda metade do século XX (BAPTISTA, 2009).

Além disso, Luís Carlos Molion, um dos mais respeitados climatologistas do Brasil, ex-membro do IPCC, representante dos países da América do Sul na Comissão de Climatologia da Organização Meteorológica Mundial (OMM) e uma das mais conhecidas vozes contrárias a hipótese aquecimentista, questiona a tese de que o aumento aproximado de 0,7°C na temperatura média global seja decorrente da intensificação do efeito estufa, uma vez que a variabilidade natural do clima representa alterações cíclicas muito superiores a esses valores (MOLION, 2007). Para ele, não há fundamento no argumento de que o CO<sub>2</sub> é o grande regulador do clima global. Segundo Molion (2008), o Sol é o grande regulador do clima global, e as atividades solares apresentam um ciclo de aproximadamente 90 anos entre a máxima e mínima intensidade.

De qualquer maneira, vários são os problemas de cunho socioambiental que mostram a importância para a necessidade do crescimento urbano planejado, tendo o destaque para as enchentes e alagamentos ocasionados pela impermeabilização do solo, poluição do ar e das águas, temperaturas na microescala climática urbana cada vez mais elevadas, entre outros. Estes problemas estão atrelados ao latente crescimento das cidades, que ocorre de forma acelerada e não planejada. Os impactos no clima urbano não fogem a essas regras e configuram-se como uma problemática ambiental urbana (SILVA et al., 2015).

### 2.3. Albedo Planetário

Segundo o Novo Dicionário Aurélio, albedo, entre outras definições, significa a relação entre a luz refletida pela superfície de um planeta ou satélite e a luz que aquele ou este recebe do Sol (FERREIRA, 2014).

O albedo planetário da superfície é a fração da radiação incidente que é devolvida à atmosfera. O albedo é um parâmetro muito importante no balanço de radiação de energia de uma superfície e bastante utilizado em modelos agrometeorológicos que usam a evapotranspiração como variável independente. Apesar da importância desse parâmetro, a escassez de dados de albedo é evidente e associada, principalmente, ao elevado custo dos equipamentos necessários para a realização das medições (LEIVAS et al., 2007).

O albedo é característico do tipo de superfície, sendo o valor sobre um corpo d'água menor do que sobre a vegetação. As variações temporais nos valores de albedo estão associadas, principalmente, ao ângulo de elevação solar e às condições de nebulosidade (LEIVAS et al., 2007).

Cerca de 30% da energia radiante do Sol que incide sobre a Terra é refletida de volta ao espaço. Essa fração refletida é denominada de albedo planetário. A variação temporal do albedo planetário da Terra é importante na monitoração das mudanças climáticas globais, visto que o balanço energético global entre o fluxo de radiação solar incidente no topo da atmosfera e o que é devolvido ao espaço externo controla, em última instância, a temperatura média da atmosfera (VEISSID; PEREIRA, 2000).

A questão que se coloca é: o aquecimento observado é natural ou antropogênico? A fonte primária de energia para o Planeta Terra é o Sol. Ele emite radiação eletromagnética (energia) principalmente nos comprimentos de onda entre  $0,1\mu\text{m}$  e  $4,0\mu\text{m}$  ( $1\text{ micrometro} = 1\mu\text{m} = 10^{-6}\text{ metro}$ ), que caracterizam a chamada radiação de ondas curtas (ROC). O albedo planetário é resultante da variação da cobertura e do tipo de nuvens, da concentração de aerossóis e partículas em suspensão no ar, e das características da cobertura de superfície, tais como gelo/neve (90% de reflexão), florestas (12%) e oceanos/lagos (10%) (MOLION, 2008).

O fluxo de ROC não-refletido passa através da atmosfera terrestre e boa parte dele é absorvida pela superfície que se aquece. Porém, para as temperaturas dos corpos, encontrados tanto na superfície como na atmosfera terrestre, os



comprimentos de onda emitida estão entre 4,0  $\mu\text{m}$  e 50  $\mu\text{m}$ , numa faixa espectral denominada radiação de ondas longas (ROL). O fluxo de ROL emitido pela superfície é absorvido por gases, pequenos constituintes, como o vapor d'água ( $\text{H}_2\text{O}$ ), o gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ), o metano ( $\text{CH}_4$ ), o ozônio ( $\text{O}_3$ ), o óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) e compostos de clorofluorcarbono (CFC), vulgarmente conhecidos por gás freon. Esses, por sua vez, emitem ROL em todas as direções, inclusive em direção à superfície e ao espaço exterior. A absorção/emissão desses gases pelas várias camadas atmosféricas reduz a perda de ROL, emitida pela superfície, que escaparia para o espaço exterior, e constitui o chamado efeito-estufa. O vapor d'água é o gás principal de efeito-estufa (GEE) e sua concentração é extremamente variável no espaço e no tempo. Por exemplo, sobre a Floresta Amazônica existe cinco vezes mais vapor d'água que sobre o Deserto do Saara e sobre a Amazônia, ainda, sua concentração varia de 30% entre a estação seca e a chuvosa (MOLION, 2008).

#### **2.4. Ilhas de Calor**

Ilha de calor é um fenômeno climático que ocorre a partir da elevação da temperatura de uma área urbana, se comparada a uma zona rural ou a outra área urbana mais ventilada ou com áreas verdes mais relevantes. Isso quer dizer que nas cidades, especialmente nas grandes, a temperatura é superior à de áreas periféricas, consolidando literalmente “ilhas”. Ilha de calor ou ilha de calor urbana (ICU) é a designação dada à distribuição espacial e temporal do campo de temperatura sobre a cidade que apresenta um máximo, definindo uma distribuição de isotermas que faz lembrar as curvas de nível da topografia de uma ilha, daí a origem do nome ilha de calor (NAIME, 2016).

A oscilação de temperatura no centro de uma grande cidade pode variar entre 4°C e 11°C, o que proporciona muitos inconvenientes à população, em virtude dos incômodos que o calor excessivo provoca (BOQNEWS, 2005).

Sem contar que ocasiona um significativo incremento no consumo de energia elétrica, usada para funcionar refrigeradores e aparelhos de ar condicionado, principalmente para climatizar residências, escolas, universidades, comércios e indústrias. Ilha de calor é um fenômeno típico dos grandes centros urbanos e pode ser percebida em períodos diurnos e noturnos, mas o ápice da diferença de temperatura entre áreas urbanas e rurais acontece ao anoitecer, pois a área rural

resfria mais rápido do que a urbana. Nas áreas onde ocorrem intervenções antrópicas, existem muros, calçadas, asfaltos e todos os tipos de edificação recebem durante o dia, luz e calor do Sol e esse fica retido por mais tempo, proporcionando a diferença de temperatura entre as áreas em questão (NAIME, 2016).

O efeito ilha de calor nos países de latitudes médias, frios ou temperados, é mais marcado no período noturno, e a sua intensidade é função não linear da população urbana, ao passo que nas cidades de latitudes subtropicais e tropicais, devido à alta intensidade da radiação solar incidente, as ilhas de calor urbanas ocorrem durante o dia, agravando a sensação e o desconforto devido à elevação da temperatura e à redução da umidade relativa do ar (SILVA, 2012).

A ilha de calor urbana habitualmente é retratada como o aumento da temperatura do ar dos ambientes urbanos em relação aos seus arredores (BARROS; LOMBARDO, 2016)

O processo de formação de ilhas de calor caracteriza-se pelo incremento da temperatura nos centros urbanos em relação às áreas de entorno. Isso pode ser explicado pelo fato de os materiais empregados na construção civil armazenarem calor e de as áreas mais adensadas e menos arborizadas tenderem a apresentar temperaturas mais elevadas, mesmo durante a noite. O fenômeno de ilha de calor é mais verificado em ambientes urbanos, pois, os diferentes padrões de reflexividade, ou de albedos, são altamente dependentes dos materiais empregados na construção civil. Nota-se que, dependendo do albedo, mais radiação será absorvida e mais calor será emitido pela superfície. Esses padrões diferenciados de emissão de calor acabam determinando uma temperatura mais elevada no centro e, à medida que se afasta desse em direção aos subúrbios, as temperaturas tendem a diminuir (BIAS et al., 2003).

As mudanças climáticas globais, regionais e locais representam, na atualidade, uma das maiores preocupações da humanidade. Essas mudanças podem ocorrer tanto a partir de causas naturais quanto a partir de causas antrópicas. As áreas das cidades se caracterizam por apresentarem temperaturas mais elevadas quando comparadas com as áreas rurais. Essa anomalia térmica causa a formação de ilhas de calor e esse fenômeno é reconhecidamente importante em estudos de clima urbano (COLTRI, 2006).

A evolução das ilhas de calor no município de Goiânia - GO, foi analisada, tendo como recorte temporal o período de 1986 a 2010, valendo-se de dados de

sensoriamento remoto, para estimar os valores de temperatura superficial terrestre, e de técnicas de geoprocessamento, para análise de mensuração do fenômeno. Com base nesses dados e nas análises, foi constatado que as temperaturas apresentaram certo padrão de variação espacial e, sobretudo, temporal, haja vista ter-se constatado uma verdadeira inversão na representatividade das classes de temperatura superficial no decorrer dos anos de 1986 a 2010, que oscilaram do predomínio absoluto de abaixo de 24° C, para o domínio amplo das temperaturas acima desse patamar (NASCIMENTO; OLIVEIRA, 2012).

É importante ressaltar que, mesmo pequenos aumentos na temperatura média podem resultar em grandes alterações na frequência de extremos. Para as cidades com maior densidade populacional, as temperaturas no centro das "ilhas de calor" podem ser vários graus mais elevadas do que nas áreas circundantes e nas cidades tropicais, a diferença de temperatura pode chegar a 10°C no final da noite (PRIORI JR, 2013).

Além da valorização, as árvores e áreas verdes urbanas são importantes para a qualidade da vida dos cidadãos. O aumento da cobertura vegetal nas cidades desempenha um papel dos mais relevantes no aumento da qualidade ambiental no meio urbano. As áreas verdes funcionam como antídoto natural contra as ilhas de calor e a poluição do ar, removem o carbono da atmosfera contribuindo para o equilíbrio climático, protegem o solo, promovem segurança hídrica, previnem enchentes, protegem a fauna e impactam positivamente na saúde humana. Aspectos estéticos e paisagísticos da cidade também são mais valorizados com a ampliação das áreas verdes (PRADELLA; SILVA; NISI, 2015).

As ICU são o exemplo mais evidente de modificações climáticas inadvertidamente provocadas pelo homem, tendo sido observadas em praticamente todas as cidades do mundo. Esse padrão térmico sugere a existência de uma cidade quente rodeada pelo campo mais fresco. A ICU pode ser vista como um recurso energético (em climas frios evita o consumo excessivo de energia no inverno), mas também como uma limitação (nos climas quentes), porque pode levar ao consumo de energia suplementar na refrigeração dos ambientes urbanos. Do ponto de vista econômico, os raros estudos sobre o assunto em cidades mediterrânicas mostram que a poupança de energia para aquecimento no inverno é menor do que os custos do arrefecimento durante o verão (LOPES, 2008).

Credita-se a formação das ilhas de calor a fatores como a geometria urbana, que modifica as principais entradas e saídas radioativas (solar e infravermelha) e energéticas (fluxos turbulentos de calor sensível e latente do calor armazenado), sendo essas modificações apontadas como as principais causas da ICU. A diminuição da velocidade do vento regional (provocada pela rugosidade), a poluição, a liberação do calor antrópico, a impermeabilização dos solos urbanos e a escassez de vegetação, têm também fortes implicações na modificação dos fluxos de calor (LOPES, 2008).

De acordo com o Dicionário Online de Português, isotermas segundo a etimologia (iso = igual, termo = calor), são linhas que, em um plano cartográfico, representam a mesma temperatura num dado momento. Assim, para uma mesma área, pode-se desenhar um grande número de planos com a mesma temperatura. Quando visto o plano, dá a impressão de ilhas desenhadas, por isso, a terminologia ilha de calor. A palavra isoterma é o feminino de isoterma que significa de mesma temperatura. Numa carta meteorológica, linha que une os pontos de temperatura média idêntica para determinado período (DICIO, 2020).

Já segundo o Novo Dicionário Aurélio, isoterma é a linha que, num mapa, liga os pontos que apresentam a mesma temperatura (FERREIRA, 2014).

## **2.5. Vantagens da Presença da Vegetação em Cidades**

Entre as inúmeras vantagens obtidas pela utilização de árvores de médio e grande porte nas cidades estão: redução de temperatura pela cobertura de superfícies refletoras de calor; árvores de copa rala interceptam de 60 a 80% da radiação direta incidente e as de copa espessa até 98% da radiação direta (HEISLER, 1974); sombreamento e conservação do asfalto (cada m<sup>2</sup> de asfalto coberto por copas reduz os gastos públicos com manutenção em R\$15,47/ano) (SILVA FILHO, 2006); redução da velocidade das enxurradas pela retenção e liberação aos poucos da água das chuvas (algumas espécies de grande porte como a tipuana e a sibipiruna podem reter até 60% da água nas duas primeiras horas de uma chuva, liberando-a aos poucos) (SILVA et al., 2010); alta taxa de evapotranspiração, 400L diários, o que aumenta a umidade do ar e produz o mesmo efeito que cinco aparelhos de ar condicionado médios (2.500 kcal/h) funcionando por 20 horas todos os dias (GREY; DENEKE, 1978), sem gastar energia ou produzir calor como os equipamentos; ruas bem

arborizadas podem reter até 70% da poeira em suspensão (BERNATZKY, 1982). Uma única fila de árvores pode reduzir os particulados em 25% (GREY; DENEKE, 1978), como é o caso da arborização viária (AGUIRRE JR; LIMA, 2007).

O ambiente natural tem características consideradas fundamentais para propiciar o relaxamento:

- 1) capacidade de atrair a atenção sem que seja necessário esforço pessoal, desativando os mecanismos envolvidos na manutenção da atenção voluntária que inibem a urgência de responder às distrações (o som das folhas agitadas pelo vento, o canto dos pássaros, o burburinho de água em movimento e a observação das nuvens e do pôr do sol são exemplos que servem para ilustrar a ideia);
- 2) distração dos problemas cotidianos – pode ser representada por uma mirada de uma janela ou por uma caminhada no parque, desde que dê oportunidade para uma pausa na atenção concentrada que ocasionou a fadiga;
- 3) sensação de estar em outro mundo ou conectado a uma realidade mais abrangente – o ambiente deve prover estímulos suficientes para ver, experimentar e sentir de modo a provocar envolvimento profundo com a experiência vivida e;
- 4) compatibilidade entre as inclinações pessoais e o ambiente, permitindo o repouso (KAPLAN, 1995; WELLS, 2000).

Muitos estudos controlados apoiam a tese da importância da vegetação para o bem-estar humano. A visita a parques, jardins botânicos e áreas verdes foi relacionada à redução do estresse, refletida em redução da pressão arterial e dos batimentos cardíacos e em melhoria de outros indicadores fisiológicos (LEWIS, 1995).

Uma das teses que relacionam a mitigação de violência urbana ao maior contato com a natureza sustenta que surtos de raiva e de agressão podem ser minimizados se forem dadas condições de controle do estresse pelos mecanismos anteriormente descritos de redução da fadiga. Essa hipótese é fortalecida por estudos que mostraram que moradores de conjuntos habitacionais voltados para a população carente, situados próximos a áreas verdes apresentaram menor índice de agressão e de violência do que moradores de conjuntos habitacionais situados em áreas menos vegetadas (NICODEMO; PRIMAVESI, 2009).

A presença da vegetação na cidade surge sob várias formas, habitualmente como jardim, parque, enquadramento de vias e edifícios etc., ocupando distintas áreas, e apresentando origem, morfologia e utilização diversas, podendo ser considerada no âmbito abrangente do conceito de espaço verde (ALMEIDA, 2006).

Até o século XIX, os jardins e parques eram reconhecidos por apresentarem, como função principal, um local proporcionador de encontros, de estada ou de passeio público. Terá sido a partir da era industrial que surgiu o conceito de espaço verde urbano, apresentando-se como o espaço que tinha como propósito recriar a natureza no meio urbano, surgindo posteriormente o conceito de “pulmão verde”, como sendo o espaço verde com dimensão suficiente para produzir o oxigênio necessário à atenuação da qualidade do ar (MAGALHÃES, 1992).

Posteriormente, este conceito de espaço verde evoluiu para o de *green belt*, cinturão verde, a rodear a cidade antiga, separando-a, através de “zonas de expansão”. Desenvolvendo-se no início do século XX para a teoria do *continuum naturale*. Permitindo que através do *continuum naturale* a paisagem envolvente penetre na cidade de modo “tentacular” e contínuo, apresentando-se sob diversas formas e funções, desde o espaço de lazer e recreio ao de enquadramento de infraestruturas etc. (MAGALHÃES, 1992).

Os espaços verdes podem ser definidos como o conjunto de áreas livres, ordenadas e edifícios, proteção e integração de linhas ou cursos de água, ou não, revestidas de vegetação, e que exercem funções de proteção ambiental, integração paisagística ou arquitetônica, e/ou de recreio. Podem afigurar-se das seguintes formas: parques e jardins urbanos, públicos e privados; áreas de integração paisagística e de proteção ambiental de vias e outras infraestruturas urbanas; taludes e encostas revestidos de vegetação; vegetação marginal dos cursos de água e de lagos; sebes e cortinas de proteção contra o vento ou a poluição sonora; zonas verdes de cemitérios; zonas agrícolas e florestais residuais no interior dos espaços urbanos ou urbanizáveis. Representam uma entidade que engloba a totalidade dos espaços ocupados com vegetação, constituindo o somatório das áreas e trechos naturais urbanos (FADIGAS, 1993).

A qualidade de vida urbana está diretamente atrelada a vários fatores que estão reunidos na infraestrutura, no desenvolvimento econômico-social e àqueles ligados à questão ambiental. No caso do ambiente, as áreas verdes públicas constituem-se elementos imprescindíveis para o bem-estar da população, pois influencia diretamente a sua saúde física e mental (LOBODA; DE ANGELIS, 2005).

## 2.6. Arborização Urbana

Segundo o Manual Técnico de Arborização Urbana do Município de São Paulo (2015), o conceito de arborização urbana abarca quaisquer formas de vegetação localizadas nos espaços livres urbanos, que em algumas situações se conectam com os fragmentos florestais próximos. É importante considerar, também, os efeitos das Florestas Urbanas nos aspectos ecossistêmicos mais expressivos, quando as áreas verdes e a arborização urbana se interconectam com os outros espaços verdes da cidade numa verdadeira rede ecológica.

A arborização urbana em calçadas atua sobre o conforto humano no ambiente por meio de características naturais das árvores, proporcionando sombra para pedestres e veículos, redução da poluição sonora, melhoria da qualidade do ar, redução da amplitude térmica, abrigo para pássaros e equilíbrio estático, que ameniza a diferença entre a escala humana e outros componentes arquitetônicos, como prédios, muros e grandes avenidas (SILVA FILHO et al., 2002).

Entretanto, em muitas situações o planejamento urbano deixa de incluir a arborização como equipamento a ser devidamente pensado, permitindo muitas vezes, que iniciativas particulares, pontuais e desprovidas de conhecimento técnico atualizado, tomem espaço com plantios irregulares e espécies sem compatibilidade com o planejamento anterior. Essa situação é traduzida em perda da eficácia da arborização em transmitir conforto físico e psíquico, trazendo infortúnios e transtornos. Esse procedimento é muito comum nas cidades brasileiras, causando, muitas vezes, sérios prejuízos, como rompimento de fios de alta tensão, interrupção no fornecimento de energia elétrica, entupimento em redes de esgoto, obstáculos para a circulação e acidentes envolvendo pedestres, veículos e edificações (SILVA FILHO et al., 2002).

A falta de áreas verdes acaba deixando as cidades mais vulneráveis aos problemas atuais e futuros que poderão ser acentuados pelas mudanças climáticas, como o aumento das ilhas de calor, poluição do ar e inundações (RIBEIRO; SANTOS, 2016).

Em seu trabalho, Souza et al. (2019) apresentaram uma proposta de arborização para um bairro de São Paulo, com vistas à melhoria térmica, utilizando espécies de diferentes estágios sucessionais para garantir o sombreamento das superfícies pavimentadas e conforto térmico em curto, médio e longo prazo. Ao final, concluem que a arborização urbana é uma estratégia funcional para melhorar o

conforto térmico em áreas urbanas (SOUZA et al., 2019). Como exemplo, foi tomada a região metropolitana de São Paulo que, entre 1936 e 2005, teve a temperatura média elevada em 2,1°C, pelo efeito ilha de calor (GARTLAND, 2008).

Por meio do sombreamento e da evapotranspiração, as áreas verdes contribuem para a redução do efeito ilha de calor, melhorando o conforto térmico urbano. O planejamento urbanístico que leva em consideração a distribuição e adensamento da vegetação, promove melhorias ambientais na área urbana e pode auxiliar para evitar o fenômeno de ilhas de calor e melhorar o conforto térmico humano (SOUZA et al., 2019).

## **2.7. Áreas Verdes**

Constata-se uma grande confusão em relação aos termos utilizados para identificação do verde urbano. Entre os órgãos de pesquisa, ensino e planejamento, são encontradas diferentes interpretações para os termos área verde, espaço livre, cobertura vegetal, áreas destinadas à conservação da natureza entre outros (NUCCI; CAVALHEIRO, 2006).

Área verde pública é todo espaço livre que foi afetado como de uso comum e que apresente algum tipo de vegetação (espontânea ou plantada), que possa contribuir em termos ambientais (fotossíntese, evapotranspiração, sombreamento, permeabilidade, conservação da biodiversidade e mitigação dos efeitos da poluição sonora e atmosférica), que também seja utilizado com objetivos sociais, ecológicos, científicos ou culturais, e que esteja inserida no espaço urbano (BENINI; MARTIN, 2010).

Área verde é o espaço onde há o predomínio de vegetação arbórea, englobando as praças, os jardins públicos e os parques urbanos. Os canteiros centrais de avenidas e os trevos e rotatórias de vias públicas que exercem apenas funções estéticas e ecológicas, devem, também, conceituar-se como área verde. Entretanto, as árvores que acompanham o leito das vias públicas não devem ser consideradas como tal, pois as calçadas são impermeabilizadas. Parque urbano é uma área verde com função ecológica, estética e de lazer, no entanto, com uma extensão maior que as praças e jardins públicos. Praça é um espaço livre público cuja principal função é o lazer. Pode não ser uma área verde, quando não tem vegetação e encontra-se impermeabilizada. Arborização urbana diz respeito aos elementos vegetais de porte



arbóreo dentro da cidade. Nesse enfoque, as árvores plantadas em calçadas fazem parte da arborização urbana, porém não integram o sistema de áreas verdes (LOBODA; DE ANGELIS, 2005).

Apesar de muito da história das áreas verdes urbanas (representada a princípio pelos jardins) ter se perdido no tempo, é possível traçar um perfil de sua evolução. Partindo do seu caráter mítico-religioso, o paraíso prometido no livro do Gênesis da Bíblia, passando por mitos e lendas, estudando os jardins suspensos da Babilônia e chegando aos jardins modernos, observa-se a importância de cada momento histórico cultural desses espaços formadores da estrutura urbana (LOBODA; DE ANGELIS, 2005).

De acordo com o Art. 8.º, § 1.º, da Resolução CONAMA n.º 369/2006 (BRASIL, 2006), considera-se área verde de domínio público "o espaço de domínio público que desempenhe função ecológica, paisagística e recreativa, propiciando a melhoria da qualidade estética, funcional e ambiental da cidade, sendo dotado de vegetação e espaços livres de impermeabilização".

As áreas verdes urbanas são consideradas como o conjunto de áreas intraurbanas que apresentam cobertura vegetal arbórea (nativa e introduzida), arbustiva ou rasteira (gramíneas) e que contribuem de modo significativo para a qualidade de vida e o equilíbrio ambiental nas cidades. Essas áreas verdes estão presentes numa enorme variedade de situações: em áreas públicas; em áreas de preservação permanente (APP); nos canteiros centrais; nas praças, parques, florestas e unidades de conservação (UC) urbanas; nos jardins institucionais; e nos terrenos públicos não edificados. Exemplos de áreas verdes urbanas: praças; parques urbanos; parques fluviais; parques balneários e esportivos; jardins botânicos; jardins zoológicos; alguns tipos de cemitérios; faixas de ligação entre áreas verdes (MMA 2012).

De acordo com o informativo do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2012), parque urbano é uma área verde com função ecológica, estética e de lazer, no entanto, com uma extensão maior que as praças e jardins públicos.

A cidade é composta de espaços construídos e espaços livres de edificações, tais como parques, praças, jardins, quintais, terrenos baldios, áreas de circulação como ruas e calçadas, áreas de proteção ambiental (APP) e águas superficiais (rios, lagos e represas). No caso, as áreas cobertas por vegetação são uma subcategoria

de espaço livre, onde o elemento fundamental de sua composição é a vegetação, independente do porte (NUCCI; CAVALHEIRO, 2006).

## **2.8. Cobertura Vegetal**

A cobertura vegetal pode ser entendida através dos vários componentes que a formam: reservas, parques, jardins botânicos e similares, arborização de vias, praças e margens de cursos d'água, jardins e quintais de edificações vegetados, coberturas de áreas não edificadas e/ou não urbanizadas (GOUVÊA, 2001).

As funções que esses componentes exercem são: estabelecer o limite e a densidade da malha urbana, preservar a biodiversidade e os recursos genéticos, compor a paisagem urbana, compor espaços públicos culturais, de lazer, de recreação, de pesquisa e de educação ambiental, proporcionar opções de lazer com baixo custo para populações de baixa renda, cumprir funções estéticas, proteger mananciais, produzir o conforto térmico do microclima, proporcionar áreas sombreadas, equilibrar a umidade do ar, filtrar poeiras, partículas poluentes e bactérias do ar, barrar ventos e ruídos, controlar enxurradas, inundações, processos erosivos e assoreamentos. Para cumprir todas essas funções, melhorando com isso a qualidade de vida nas cidades, todos os componentes devem estar presentes nas quantidades, dimensões e distribuições suficientes (GOUVÊA, 2001).

Cobertura vegetal é a projeção do verde em cartas planimétricas e pode ser identificada por meio de fotografias aéreas, sem auxílio de estereoscopia. A escala da fotografia deve acompanhar os índices de cobertura vegetal; deve ser considerada a localização e a configuração das manchas em mapas. Considera-se toda a cobertura vegetal existente nos três sistemas (espaços construídos, espaços livres e espaços de integração) e as encontradas nas Unidades de Conservação, que na sua maioria restringem o acesso ao público, inclusive na zona rural (NUCCI; CAVALHEIRO, 2006).

Nucci e Cavalheiro (2006) citam ainda, que a cobertura vegetal é relacionada pela maioria dos cidadãos, com a função de satisfação psicológica e cultural. Entretanto, pode-se citar várias funções desempenhadas pela vegetação na cidade, como estabilização de determinadas superfícies, obstáculo contra os ventos dominantes, proteção da qualidade da água, filtragem do ar, equilíbrio do índice de umidade, diminuição da poeira em suspensão, redução dos ruídos, interação entre as atividades humanas e o meio ambiente, fornecimento de alimentos, proteção de

nascentes e mananciais, organização e composição de espaços do desenvolvimento das atividades humanas, valorização visual e ornamental, segurança nas calçadas (acompanhamento viário), recreação, quebra da monotonia das cidades, cores relaxantes, estabelecimento de uma escala intermediária entre a humana e a construída, caracterização e sinalização de espaços etc.

## **2.9. Floresta Urbana**

O termo floresta urbana foi utilizado pela primeira vez em 1965, na América do Norte, como título de um estudo sobre os sucessos e os fracassos das plantações de árvores municipais numa zona da área metropolitana de Toronto. Deve-se realçar que o referido conceito incluía uma perspectiva integradora, decorrente da participação de profissionais com diferentes formações, tais como: silvicultores, arquitetos paisagistas e agrônomos. O termo silvicultura urbana é hoje amplamente aceito e encontra-se definido por Miller como a arte, ciência e tecnologia de gestão das árvores e dos recursos florestais dentro e próximo do ecossistema urbano, facultando à sociedade os benefícios das árvores no âmbito ecológico, psicológico, sociológico, econômico e estético. Esta definição torna claro que a floresta urbana é mais do que apenas silvicultura dentro (ou próxima) de áreas urbanas. A densidade da floresta urbana varia o seu padrão de acordo com a ocupação do solo (ALMEIDA, 2006).

A floresta urbana envolveria a totalidade da cidade e seus arredores como um meio ambiente de árvores, seus organismos relacionados, estruturas e pessoas. Haveria muitas divisões desde as matas naturais, abrangendo até as áreas totalmente carentes de vegetação urbana. Existiria também uma grande complexidade de proprietários dessas árvores urbanas, porém os direitos de propriedade não seriam absolutos, ao contrário das necessidades da sociedade (GREY, 1996). Floresta urbana enfoca o elemento vegetal como coletivo estando relacionado com cobertura vegetal dos diversos espaços do perímetro urbano. A silvicultura urbana é sinônimo de floresta urbana e tem se estabelecido como a ciência que objetiva o estudo das técnicas de cultivo e manejo de árvores do meio urbano que possam contribuir para alcançar o bem-estar fisiológico, social e econômico (COUTO, 1994).

A retenção das precipitações é influenciada pela intensidade e duração da chuva, a espécie das árvores, a permanência das folhas ou não (espécies decíduas ou sempre-vivas), a arquitetura das árvores, tamanho, tipo e número de folhas e

distribuição das folhas pela estrutura da árvore, tempo, temperatura, umidade relativa, velocidade dos ventos e radiação solar. Quanto à eficiência das árvores na quantidade de chuvas retida num determinado período, deve-se considerar o período da precipitação. As árvores interceptam melhor a água das chuvas em precipitações pluviométricas baixas. As florestas urbanas produziram melhores resultados na contribuição ao controle de poluentes do que a retenção de chuvas em situação de tempestade (ROSSETTI et al., 2010).

Árvores participam da interceptação e filtragem da radiação solar, inibem as modificações severas no regime dos ventos, transpiração de água e na redução da evaporação superficial do solo. Além desses indicadores benéficos as árvores têm um papel de destaque no ciclo hidrológico, interceptando e lentamente liberando a água para a superfície do solo. A eficácia do escoamento superficial dependeria do tipo de solo, quantidade de matéria orgânica existente, topografia, tipo e intensidade da precipitação e composição da cobertura vegetal. As coníferas teriam maior capacidade de interceptação de água do que as árvores de copas globosas e arredondadas. Isso devido às características das folhas das coníferas que podem reter melhor a água em suas copas, em comparação com outros tipos de árvores (GREY; DENEKE, 1978).

Dois conceitos têm sido usados no Brasil para designar o conjunto da vegetação arbórea presente nas cidades: Floresta Urbana e Arborização Urbana. Inicialmente traduzido como arborização urbana, esse conceito foi adotado para um conjunto de terras públicas e privadas com vegetação predominantemente arbórea ou em estado natural que uma cidade apresenta, com suas árvores de ruas e avenidas, parque públicos e demais áreas verdes. Nesse sentido, tem sido sugerida, atualmente, a utilização do termo Floresta Urbana também, com o mesmo significado. Tais conceitos têm como base os termos estabelecidos internacionalmente a partir da década de sessenta, quando da expansão dos grandes centros urbanos. Essa definição tem aspectos interessantes, pois estabelece uma delimitação a partir da sua macroestrutura, com uma visão ampla da paisagem (MAGALHÃES, 2006).

Floresta Urbana é o conjunto de todas as árvores da cidade presentes nas ruas, Área de Proteção Permanente (APP), Reservas Florestais (RF), Unidades de Conservação (UC), bacias hidrográficas, quintais e jardins, áreas de recreação, suas interfaces e espaços de influências. A maneira mais fácil de entender esse conceito de floresta urbana é por meio de uma visão aérea imaginária, como um imenso “mar

verde” urbano. Nesse mosaico, pode-se perceber os fragmentos de florestas e muitas outras áreas verdes, além de possibilitar a análise da cobertura arbórea integrando todas as situações, árvores isoladas, em grupos ou florestas (SMA, 2015).

Assim, torna-se possível visualizar a cobertura da copa das árvores, ora isoladas, ora contínuas, ora em grupos ou alinhadas, num conjunto de toda a vegetação arbórea e suas associações, dentro e ao redor das cidades, nos pequenos núcleos urbanos até as grandes regiões metropolitanas, com suas árvores de ruas, avenidas, praças, parques, unidades de conservação, áreas de preservação, áreas públicas ou privadas, remanescentes de ecossistemas naturais ou plantados (MILLER, 1997).

A terminologia utilizada no Brasil para os componentes arbóreos urbanos ainda se mostra dúbia e alguns termos não conseguem alcançar plenamente as atividades, funções e estruturas a que eles visam designar. O planejamento e o manejo destes elementos envolvem várias áreas do conhecimento profissional de diferentes campos, bem como uma variedade significativa de termos e definições para estas atividades. A delimitação destes conceitos não se constitui apenas em matéria de interesse acadêmico, mas também se reflete na organização dos órgãos de execução, no controle, nas relações entre profissionais envolvidos bem como nas relações entre eles e a comunidade (MAGALHÃES, 2006).

## **2.10. Indicadores “Verdes”**

As alterações no meio físico urbano fizeram com que as qualidades ambiental e da vida se tornassem insatisfatórias e, para avaliar o bem-estar da população, foram criados indicadores que abordam contextos relacionados a condições econômicas, sociais e ambientais.

Pode-se falar em diferentes indicadores para expressar o verde nas cidades. O índice de áreas verdes (IAV) é aquele que expressa a quantidade de espaços livres de uso público, em quilômetros quadrados ou metros quadrados ( $\text{km}^2$  ou  $\text{m}^2$ ), dividida pela quantidade de habitantes que vivem em uma determinada cidade ou local referenciado. No método de Cavalheiro et al. (1999) entram apenas as áreas onde solo permeável e vegetação devem ocupar, pelo menos, 70% da área.

Outro indicador que pode ser gerado é o índice de cobertura vegetal (ICV) em área urbana. Para sua obtenção é necessário o mapeamento de toda cobertura

vegetal de um bairro ou cidade, posteriormente quantificado em metros quadrados ou quilômetros quadrados. Conhecendo-se a área total estudada, chega-se à porcentagem de cobertura vegetal que existe naquele bairro ou cidade (%CV). Se forem mapeadas somente as árvores, então esse índice expressará somente a cobertura vegetal de porte arbóreo.

Segundo Cavalheiro et al. (1999), o ICV não deve ser confundido com o IAV, já que no cálculo deste não devem ser consideradas as copas de árvores, canteiros, pequenos jardins de ornamentação e rotatórias, pois são áreas que não podem propiciar um uso e condições para recreação.

Oke (1973) estima que um ICV na faixa de 30% seja o recomendável para proporcionar um adequado balanço térmico em áreas urbanas, sendo que áreas com índice de arborização inferior a 5% determinam características semelhantes às de um deserto.

Ainda a SIMA, em sua Resolução n.º 33, de 28 de março de 2018, estabelece como meta ideal em uma cidade, uma porcentagem de 50% de cobertura vegetal no perímetro urbano (SÃO PAULO, 2018).

A cidade ideal, segundo Sukopp e Werner (1991), que apresentaria as condições ideais para a conservação da natureza e da paisagem, poderia edificar ou pavimentar, aproximadamente, somente dois terços da superfície do centro, ou seja, 33% da área central da cidade deveriam ser permeáveis e não edificados e deveriam apresentar ampla conexão entre a vegetação da zona rural e a das zonas centrais, com uma redução dos gradientes entre esses dois tipos de uso.

A quantificação da arborização urbana tem sido realizada por meio de indicadores dependentes e independentes da demografia, expressos em termos de superfície de área verde por habitante (índice de área verde ou IAV) ou porcentual do solo ocupado pela arborização (porcentual de área verde, ou PAV) (HARDER et al., 2006).

A Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (SBAU) propôs como índice mínimo para áreas verdes públicas destinadas à recreação, o valor de 15 m<sup>2</sup> por habitante (SBAU, 1996). Para calcular o índice das áreas verdes da cidade de Vinhedo, foi considerado o somatório das áreas totais das praças, expresso em metro quadrado, dividido pelo número de habitantes da área urbana. As áreas de canteiros sem arborização não foram consideradas (HARDER et al., 2006).

Cavalheiro e Del Picchia (1992) discutiram a existência do índice de 12 m<sup>2</sup> de área verde/habitante considerado ideal, arraigado e difundido no Brasil e atribuído à ONU, OMS ou FAO. Os referidos autores afirmaram que esse índice não é conhecido por aquelas instituições e supõem que deve se referir somente às categorias de parques de bairro e distritais/setoriais, ou seja, áreas públicas com possibilidades de lazer ao ar livre.

O índice de cobertura arbórea por habitante é a proporção de área coberta com vegetação (copa das árvores) pela quantidade de pessoas total de uma cidade ou de um setor urbano. Para o cálculo desse índice, Gonçalves e Teixeira (2017) consideraram a razão da área total com vegetação arbórea (m<sup>2</sup>) dividida pelo número de pessoas residentes na área urbana de São Gabriel - RS em 2010, obtendo-se o resultado em m<sup>2</sup>/habitante. Considerando o total da cobertura arbórea mapeada e uma população de 51.671 habitantes, o Índice de Cobertura Arbórea por Habitante (ICAH) correspondeu a 86,86 m<sup>2</sup>/habitante, valor acima dos 15 m<sup>2</sup>/habitante, recomendado pela Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (SBAU, 1996) como referência para assegurar a qualidade ambiental.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Municípios Avaliados

O trabalho foi desenvolvido de setembro de 2019 a março de 2020, em um total de 15 municípios do estado de São Paulo, divididos em cinco extratos populacionais com três cidades em cada, que foram selecionadas randomicamente de acordo com suas populações (Figura 1 e Tabela 1).



Figura 1. Localização dos municípios avaliados do Estado de São Paulo.

Tabela 1. Municípios do estado de São Paulo avaliados em cada extrato populacional e a quantidade de campos amostrais.

Município	Extrato populacional	Habitantes	Campos amostrais
Estrela d'Oeste	I	Até 20.000	5
Pompeia	I	Até 20.000	5
Santo Antônio Aracanguá	I	Até 20.000	5
Descalvado	II	20.001 a 50.000	5
Tanabi	II	20.001 a 50.000	5
Valparaíso	II	20.001 a 50.000	5
Fernandópolis	III	50.001 a 100.000	5
Mirassol	III	50.001 a 100.000	5
Paulínia	III	50.001 a 100.000	5
Araraquara	IV	100.001 a 500.000	10
São José do Rio Preto	IV	100.001 a 500.000	20
Sorocaba	IV	100.001 a 500.000	25
Campinas	V	Acima de 500.000	30
Santo André	V	Acima de 500.000	10
São José dos Campos	V	Acima de 500.000	15
Total	-	-	155

Fonte: IBGE (2020) – dados estimados das populações dos municípios em 2019.



### 3.2. Metodologia

A modelagem da temperatura da superfície urbana em função da cobertura foi realizada por regressão estatística, sendo a variável dependente, a temperatura da superfície ( $T_s$ ) por satélite, e as variáveis independentes, a cobertura vegetal (CV), cobertura arbórea (CA) e área verde (AV) urbanas, onde foram testados modelos específicos por extrato populacional.

### 3.3. Cobertura Arbórea, Cobertura Vegetal e Área Verde Urbana (variáveis independentes)

A CV é o somatório de toda área vegetada, ou seja, as áreas verdes (AV) e as com cobertura arbórea (CA). As AV são constituídas de canteiros, praças etc., exceto as árvores. Já a CA se restringe somente à área de copas das árvores.

Para o levantamento desses dados, inicialmente definiu-se o campo amostral, que se trata de uma área de abrangência na superfície terrestre. Como a resolução espacial da banda de satélite termal é de 100 metros com restauração original de 30 metros, definiu-se o campo amostral em áreas circulares de diâmetro de 113 m, resultando em áreas aproximadas de 1 hectare (Figura 2).

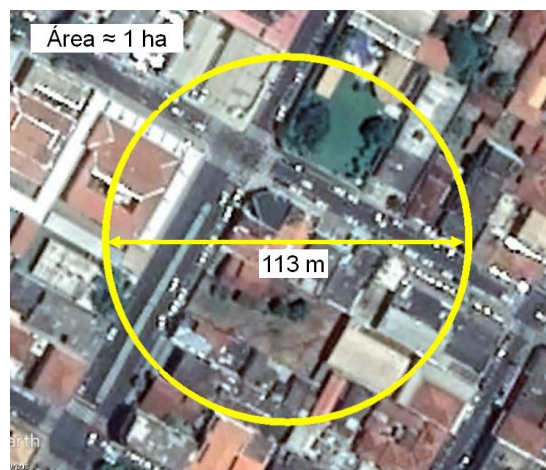


Figura 2. Exemplo de campo amostral no município de Fernandópolis - SP.

O total de campos amostrais utilizados na pesquisa foi de 155, sendo que as quantidades de campos amostrais foram ajustadas de acordo com a população de

cada município e a distribuição/formato do perímetro urbano, de forma a abranger homogeneamente toda a área urbanizada (Tabela 1).

Esses campos amostrais foram gerados no software ArcGIS versão educacional, com a criação de circunferências vetoriais com diâmetro de 113 metros, no centro geométrico da área urbana de cada município. A partir desse primeiro campo amostral, por meio da técnica *offset*, foram gerados os demais de forma radial, com distâncias pré-definidas, de maneira a abranger toda a área urbanizada (Figura 3).



Figura 3. Exemplo da distribuição radial dos campos amostrais equidistantes partindo do centro para as áreas periféricas, da zona urbana de São José do Rio Preto - SP.

Nos casos em que os formatos das zonas urbanas são mais alongados, foram realizados ajustes, para que os campos amostrais se encaixassem dentro dos perímetros urbanizados. Dessa forma, os campos amostrais foram randomizados sobre cada área urbanizada, e codificados de modo a identificar para qual município pertencem.

Após definidos e distribuídos estes campos amostrais, sobre as imagens mais atuais do *Google Earth Pro* (GOOGLE INC., 2020) para cada município, as CV foram delimitadas por digitalização manual (Figura 4A). Em seguida, as linhas foram

importadas para o *software* ArcGIS versão educacional, onde foram poligonalizadas e classificadas visualmente nas classes CA, AV, espelhos d'água e áreas não vegetadas (Figura 4B).

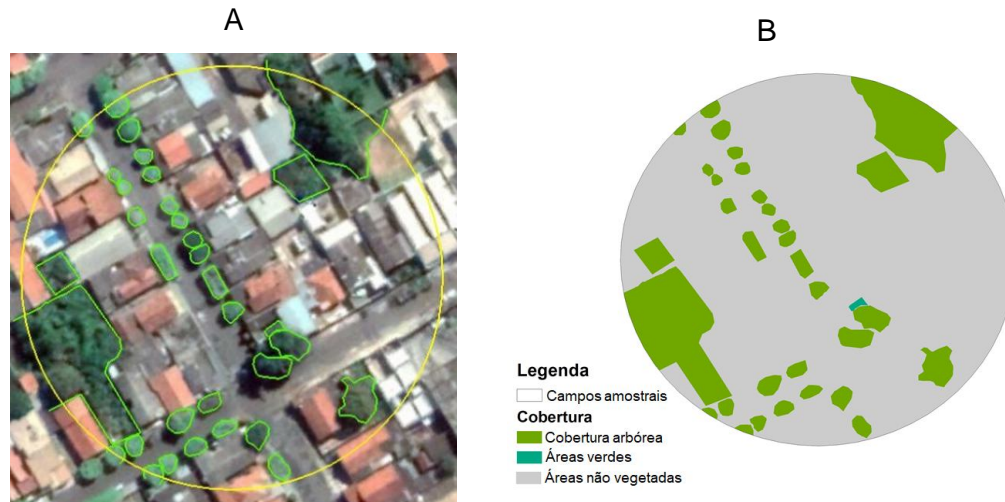


Figura 4. Linhas digitalizadas no *Google Earth Pro* (A) e mapeamento finalizado do campo amostral (B).

De posse dos mapas finalizados de todos os campos amostrais, foi executada a quantificação das áreas, utilizando as ferramentas de cálculos de área do *software* ArcGIS versão educacional, permitindo obter a área total em metros quadrados ( $m^2$ ) de cada classe de cobertura vegetal, sendo os dados convertidos para porcentual de CA, AV e CV por município.

### 3.4. Temperatura da Superfície ( $T_s$ ) por Satélite

A  $T_s$  foi determinada a partir de imagens da banda 10 do sensor TIRS do satélite LANDSAT 8 (USGS, 2019), cujas características dos sensores estão apresentadas na Tabela 2.

A seleção das datas de passagens e cenas das imagens de satélite levou em consideração a data das imagens de alta resolução do *Google Earth Pro*, a partir dos quais foram levantados os dados de CV urbana e a localização dos municípios. A seleção das imagens LANDSAT 8 seguiu três critérios: (1) apresentar defasagem máxima de um ano com as imagens de satélite *Google Earth Pro*, (2) estar dentro ou mais próxima da estação do verão (período mais favorável para o desenvolvimento

vegetativo das plantas) e (3) ausência de cobertura de nuvens. Dessa forma foi necessária a aquisição de seis cenas do LANDSAT 8, banda 10 (Tabela 3).

Tabela 2. Características dos sensores do satélite LANDSAT 8.

Satélite	Sensor	Banda	R <sub>espe</sub> ( $\mu\text{m}$ )	R <sub>espa</sub> (m)	R <sub>temp</sub> (dias)	R <sub>rad</sub> (bits)
LANDSAT 8	OLI ( <i>Operational Land Imager</i> )	1	0,433 - 0,453	30	16	12
		2	0,450 - 0,515			
		3	0,525 - 0,600			
		4	0,630 - 0,680			
		5	0,845 - 0,885			
		6	1,560 - 1,660			
		7	2,100 - 2,300			
		8	0,500 - 0,680			
		9	1,360 - 1,390			
	TIRS ( <i>Thermal Infrared Sensor</i> )	10	10,60 - 11,19	100		
		11	11,50 - 12,50	100		

Obs: R<sub>espe</sub> (resolução espectral), R<sub>espa</sub> (resolução espacial), R<sub>temp</sub> (resolução temporal), R<sub>rad</sub> (resolução radiométricas).

Fonte: USGS (2019)

Tabela 3. Datas e cenas das imagens do satélite LANDSAT 8 utilizadas na estimativa da temperatura da superfície.

Município	Datas das imagens de satélite	
	Google Earth	Banda 10, LANDSAT 8
Araraquara	06/08/2019	15/01/2020 (cena 220/075)
Descalvado	07/08/2019	
Mirassol	02/11/2019	19/11/2019 (cena 221/075)
Tanabi	01/08/2019	
Estrela d'Oeste	05/05/2019	25/10/2019 (cena 222/074)
Fernandópolis	05/05/2019	
Pompeia	14/11/2017	
Santo Antônio Aracanguá	15/08/2019	
Valparaíso	10/08/2019	
Santo André	08/08/2019	04/10/2019 (cena 219/076)
Sorocaba	06/06/2019	
Campinas	08/06/2018	21/01/2019 (cena 219/076)
Paulínia	08/06/2018	
São José dos Campos	13/12/2018	
São José do Rio Preto	27/01/2019	16/11/2018 (cena 221/075)

As imagens de satélite foram importadas para o *software* ArcGIS versão educacional, onde foram realizados os geoprocessamentos para a obtenção das imagens termiais da superfície. A imagem original padrão calibrada e quantizada, foi convertida em irradiância espectral aparente, a partir da Equação 01.

$$L_{\lambda} = M_L \cdot Q_{cal} + A_L \quad (01)$$

, em que:

L<sub>λ</sub> - Irradiância espectral aparente da banda 10

$M_L$  – Fator de re-escala da banda específica 10;

$A_L$  – Fator aditivo de re-escala da banda específica 10;

$Q_{cal}$  – Produto padrão calibrado e quantizado do valor do *pixel*.

Em seguida, as imagens da temperatura da superfície por satélite, a partir da banda 10, foram obtidas com o auxílio da Equação 02.

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda} + 1\right)} \quad (02)$$

, em que:

T - Temperatura da superfície (°K);

$K_1$  e  $K_2$  – Constantes de conversão da banda termal específica 10;

$L_\lambda$  - Irradiância espectral aparente da banda 10 (Equação 1).

As imagens foram transformadas de Kelvin para Celsius, utilizando a expressão  $TC = TK - 273$ , em que TC é a temperatura em graus Celsius e TK em graus Kelvin.

Em seguida, após o processamento de todas as imagens termais, realizou-se a estatística dos *pixels* de temperatura da superfície dentro dos campos amostrais, permitindo-se obter a temperatura média (Tmed) da superfície dentro de cada campo.

### 3.5. Metodologia Estatística

Os dados coletados referentes às porcentagens de AV, CA, CV, espelhos d'água e áreas não vegetadas de cada município, de acordo com o extrato populacional, foram submetidos à análise da variância empregando-se o teste F, que quando significativo foi analisado pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Foi utilizado o programa estatístico SISVAR versão 4.2 para a análise dos dados (FERREIRA, 2011).

A modelagem da temperatura da superfície urbana em função da cobertura vegetal foi realizada por regressão estatística, onde foram testados os modelos linear, quadrático, exponencial, potencial e logarítmico para todos os extratos populacionais utilizando-se o programa SPSS versão educacional.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância das porcentagens de CA, AV, CV, espelho d'água (EA) e área não vegetada (ANV) de cada município de acordo com o extrato populacional, não apresentou significância estatística (Tabela 4).

Tabela 4. Porcentagens de cobertura arbórea (CA), área verde (AV), cobertura vegetal (CV), espelho d'água (EA) e área não vegetada (ANV) dos municípios analisados em cada extrato populacional.

Município	Cobertura Arbórea - CA (%)	Área verde - AV (%)	Cobertura Vegetal - CV (%)	Espelho d' água - EA (%)	Área não vegetada - ANV (%)
<b>Extrato I - até 20.000 habitantes</b>					
Pompéia	23,7	10,2	33,9	0	66,1
Estrela D'Oeste	13,5	1,7	15,3	0	84,7
Santo Antônio do Aracanguá	7,2	8,8	16,0	0	83,9
Média geral	14,8	6,9	21,7	0	78,2
CV %	107,4	123,5	94,5	0	26,3
<b>Extrato II – de 20.001 a 50.000 hab.</b>					
Descalvado	18,1	14,0	32,2	0	67,9
Valparaíso	10,5	3,8	14,3	0	85,7
Tanabi	5,6	14,9	20,5	0	79,5
Média geral	11,2	9,4	20,6	0	79,4
CV %	131,0	189,0	106,5	0	27,7
<b>Extrato III – de 50.001 a 100.000 hab.</b>					
Paulínia	31,6	9,3	40,8	0	59,1
Fernandópolis	7,7	20,7	28,4	0	71,6
Mirassol	6,5	7,5	14,1	0	85,9
Média geral	15,3	12,5	27,8	0	72,2
CV %	134,2	222,7	123,5	0	47,5
<b>Extrato IV – de 100.001 a 500.000 hab.</b>					
Sorocaba	19,1	20,9	40,0	1,3	58,7
Araraquara	15,4	7,6	23,0	0	77,0
São José do Rio Preto	12,9	16,9	29,8	0,7	69,4
Média geral	16,4	17,2	33,6	0,9	65,5
CV %	146,8	137,8	100,1	557,4	53,1
<b>Extrato V – acima de 500.000 hab.</b>					
Campinas	10,5	13,0	23,5	0,4	76,1
São José dos Campos	10,0	23,6	33,6	0	66,4
Santo André	9,0	5,3	14,2	0	85,8
Média geral	10,0	13,4	23,4	0,2	76,4
CV %	160,3	177,1	119,7	793,6	37,0

CV – Coeficiente de variação

O coeficiente de variação é uma medida de dispersão empregada para estimar a precisão de experimentos e representa o desvio-padrão expresso como

porcentagem da média e, neste experimento, apresentou em algumas variáveis analisadas, valores considerados muito altos (acima de 30%) segundo Gomes (1990), o que demonstra uma menor precisão experimental. As variáveis CA, AV, CV e EA, por possuírem valores muito discrepantes entre os campos amostrais avaliados em cada extrato/município, apresentaram uma alta desuniformidade e por consequência, altos coeficientes de variação. Já nas áreas não vegetadas (ANV), o coeficiente de variação foi mais baixo, devido à maior uniformidade dessa variável em áreas urbanizadas (Tabela 4).

Quanto à cobertura verde (CV), de acordo com Nowak et al. (1996), não devemos comparar os índices de locais muito diferentes, pois o desenvolvimento da vegetação pode ser influenciado pelas condições de precipitação e de evapotranspiração. Em cidades nas quais a evapotranspiração é menor do que a precipitação, há um potencial para uma maior cobertura verde, enquanto em cidades que se desenvolvem em regiões desérticas a cobertura é menor. Segundo os mesmos autores, em cidades localizadas em regiões de florestas, foram encontrados valores de CA de 15,0 a 55,0% (média de 31,0%); para cidades localizadas em regiões sanvânicas, CA de 5,0 a 39,0% (média de 19,0%); e em cidades localizadas em desertos, CA de 0,4 a 26,0% (média de 10,0%). Portanto, considerando que os municípios aqui estudados se encontram em regiões originalmente de florestas (Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila Densa), o valor médio de CA seria de 31%, só atingido no município de Paulínia (Tabela 4).

Para Cavalheiro et al. (1999), a vegetação e o solo urbano (permeável) devem ocupar, no mínimo, 70% da área, oferecendo diversos usos e serviços ambientais à população. No entanto pode-se observar que nenhum dos municípios alcançou este valor e 12 apresentaram AV inferior a 20%, o que é considerado bem crítico, segundo Lucon, Prado Filho e Sobreira (2013) (Tabela 4).

Quanto à CV mínima ideal para a qualidade ambiental urbana, Oke (1973) estima um índice na faixa de 30% no que se refere à melhoria do balanço térmico. Áreas com índice de CV inferior a 5%, de acordo com o autor, representam características climáticas semelhantes a regiões áridas, não havendo dentre os municípios estudados, nenhum nesta situação. Vale ressaltar que estes estudos consideram todo tipo de vegetação, e não somente o elemento arbóreo, além do que foram elaborados para cidades canadenses com temperaturas médias anuais bem abaixo das brasileiras. Ainda neste trabalho, os municípios de Pompéia, Descalvado,

Paulínia, Sorocaba e São José dos Campos apresentaram valores de CV superiores a 30%, sendo interessante notar que cada cidade faz parte de um extrato populacional diferente. Já segundo a SIMA, o ideal seria 50% de CV (SÃO PAULO, 2018), o que não foi atingido por nenhum dos municípios avaliados (Tabela 4).

Ng et al. (2012) reforçam o pressuposto de que um índice de 30% seria o recomendado para amenizar as condições climáticas das cidades de clima subtropical úmido. Portanto, para as cidades brasileiras de clima tropical e, conseqüentemente, mais quentes, o índice mínimo recomendado de CV deveria ser maior, em função de a vegetação contribuir para amenizar o calor (MASCARÓ, 1994), mas faltam estudos que indiquem parâmetros “ideais” para as cidades brasileiras.

Em termos médios, o extrato populacional 100.001 a 500.000 habitantes foi o que apresentou os maiores valores de CA, AV, CV e EA (Tabela 5). A média geral em todos os extratos populacionais foi de 13,5% de CA, 11,9% de AV, 25,2% de CV, 0,2% de EA, índices considerados baixos, e 74,3% de ANV.

Tabela 5. Médias das porcentagens de cobertura arbórea, área verde, cobertura vegetal, espelho d'água e área não vegetada em cada extrato populacional.

<b>Extrato Populacional</b>	<b>CA</b>	<b>AV</b>	<b>CV</b>	<b>EA</b>	<b>ANV</b>
	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>
<b>Até 20.000</b>	14,8	6,9	21,7	0	78,2
<b>De 20.001 a 50.000</b>	11,2	9,4	20,6	0	79,4
<b>De 50.001 a 100.000</b>	15,3	12,5	27,8	0	72,2
<b>De 100.001 a 500.000</b>	16,4	17,2	33,6	0,9	65,5
<b>Acima de 500.000 hab.</b>	10,0	13,4	23,4	0,2	76,4
<b>Média geral</b>	13,5	11,9	25,2	0,2	74,3

Em relação à regressão estatística, os melhores ajustes da Ts em função da CA foram exponenciais para os extratos até 20.000 ( $r^2=0,688$ ) e 50.001 a 100.000 ( $r^2=0,453$ ) habitantes, e quadráticos para os extratos de 20.001 a 50.000 ( $r^2=0,412$ ), 100.001 a 500.000 ( $r^2=0,454$ ) e acima de 500.000 ( $r^2=0,220$ ) habitantes. Em todos os casos foram significativos ao nível de 1% de probabilidade (Tabela 6).

Com a AV foram encontradas significâncias ( $p<0,01$ ), somente para os extratos 100.001 a 500.000 habitantes com melhor ajuste exponencial ( $r^2=0,128$ ) e no extrato acima de 500.000 habitantes com melhor ajuste quadrático ( $r^2=0,217$ ) (Tabela 6).



Já em função da CV, com exceção do extrato de 50.001 a 100.000 habitantes ( $p=0,08$ ), foram observadas significâncias ao nível de 1% de probabilidade nos demais extratos populacionais. Os melhores ajustes foram exponenciais nos extratos até 20.000 ( $r^2=0,644$ ), 20.001 a 50.000 ( $r^2=0,305$ ) e 100.001 a 500.000 ( $r^2=0,488$ ) habitantes e quadrático para o extrato acima de 500.000 habitantes ( $r^2=0,372$ ) (Tabela 6).

Tabela 6. Valores de  $r^2$  e sua significância ( $p$ ) para as porcentagens de cobertura arbórea (CA), área verde (AV) e cobertura vegetal (CV) em cada extrato populacional.

Extrato (x1.000)	Linear		Logarítmico		Quadrático		Potencial		Exponencial	
	$r^2$	$p$	$r^2$	$P$	$r^2$	$p$	$r^2$	$P$	$r^2$	$p$
<b>Até 20</b>										
CA	0,659	<0,01	0,473	<0,01	0,671	<0,01	0,48	<0,04	<b>0,688</b>	<0,01
AV	0,135	0,179			0,229	0,21			0,143	0,165
CV	0,615	<0,01	0,408	0,01	0,616	<0,01	0,422	<0,01	<b>0,644</b>	<0,01
<b>20 a 50</b>										
CA	0,279	0,02	0,021	0,552	<b>0,412</b>	0,014	0,032	0,463	0,314	0,013
AV	0,057	0,323			0,13	0,327			0,051	0,353
CV	0,293	0,017	0,164	0,085	0,32	0,046	0,176	0,074	<b>0,305</b>	0,014
<b>50 a 100</b>										
CA	0,426	<0,01			0,449	0,028			<b>0,453</b>	<0,01
AV	0,001	0,916			0,114	0,485			0,001	0,936
CV	0,209	0,087	0,229	0,071	0,225	0,217	0,233	0,069	0,216	0,081
<b>100 a 500</b>										
CA	0,389	<0,01			<b>0,454</b>	<0,01			0,398	<0,01
AV	0,127	0,01			0,131	0,034			<b>0,128</b>	0,01
CV	0,479	<0,01			0,483	<0,01			<b>0,488</b>	<0,01
<b>Acima de 500</b>										
CA	0,123	<0,01			<b>0,22</b>	<0,01			0,125	<0,01
AV	0,196	<0,01			<b>0,217</b>	<0,01			0,204	<0,01
CV	0,329	<0,01			<b>0,372</b>	<0,01			0,34	<0,01

De acordo com os modelos obtidos, no extrato até 20.000 habitantes, valores de 70% de CA e de CV seriam capazes de proporcionar decréscimos de  $7,2^\circ\text{C}$  e de  $5,0^\circ\text{C}$  respectivamente, na  $T_s$  em relação a uma área sem cobertura. Para estes mesmos índices, também pode-se verificar que valores acima de 20% começam a ser mostrar efetivos na redução da temperatura (Figura 5).

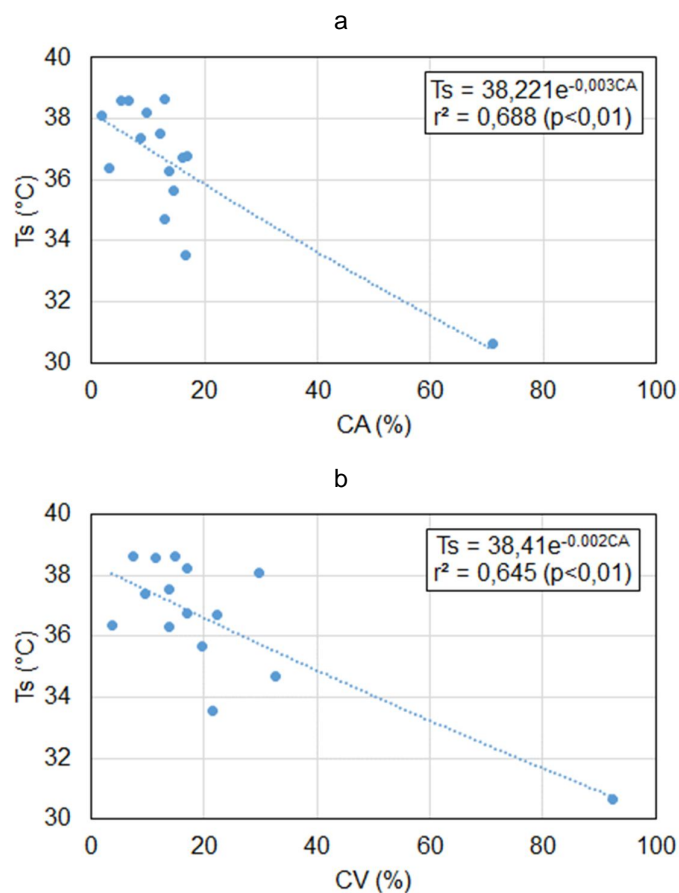


Figura 5. Modelos da temperatura da superfície (Ts) em função do percentual de cobertura arbórea (CA) e cobertura vegetal (CV) no extrato populacional até 20.000 habitantes.

No extrato de 20.001 a 50.000 habitantes, valores de 70% de CA e de CV proporcionariam decréscimos de 7,5°C e de 4,8°C respectivamente, na Ts em relação a uma área sem cobertura. Por sua vez, valores acima de 50% de CA e de 20% para a CV, começam a apresentar eficiência na redução da temperatura (Figura 6).

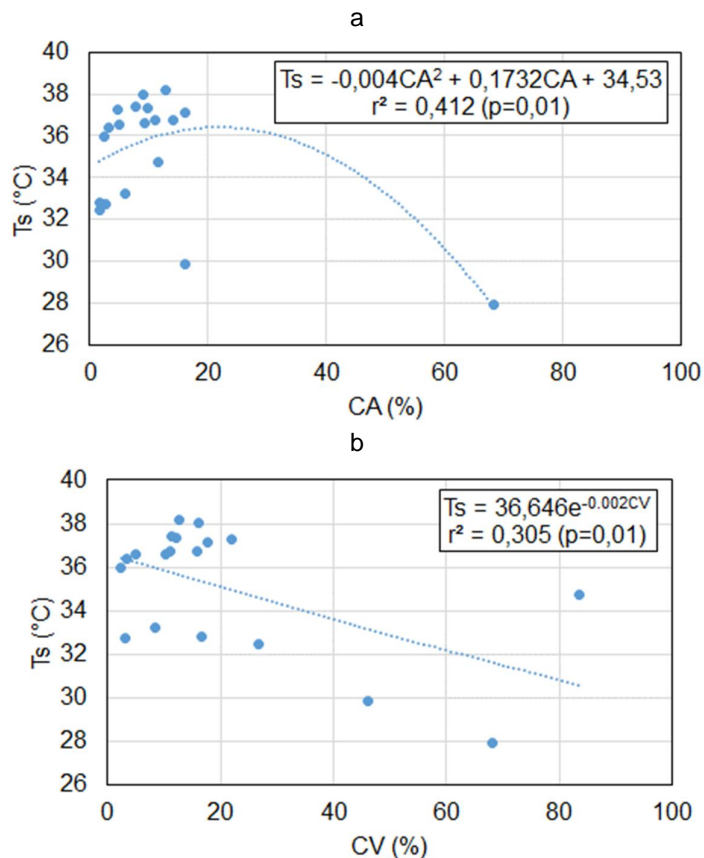


Figura 6. Modelos da temperatura da superfície ( $T_s$ ) em função do percentual de cobertura arbórea (CA) e cobertura vegetal (CV) no extrato populacional de 20.001 a 50.000 habitantes.

No extrato de 50.001 a 100.000 habitantes, valores de 70% de CA proporcionariam um decréscimo de 8,6°C na  $T_s$  em relação a uma área sem cobertura. Da mesma forma que em cidades de até 20.000 habitantes, valores de CA acima de 20% começam a mostrar eficiência na redução da temperatura (Figura 7).

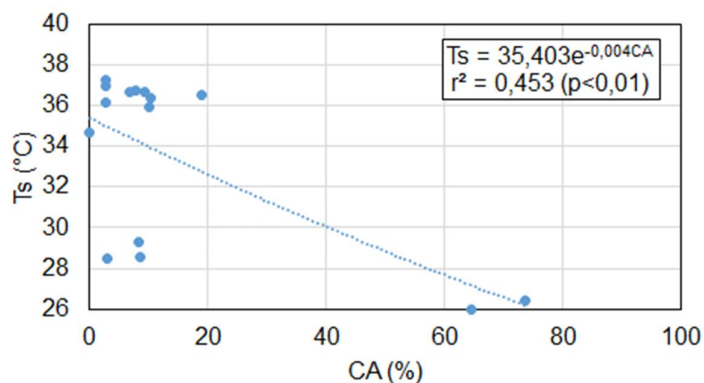


Figura 7. Modelo da temperatura da superfície ( $T_s$ ) em função do percentual de cobertura arbórea (CA) no extrato populacional de 50.001 a 100.000 habitantes.

No extrato de 100.001 a 500.000 habitantes, valores de 70% de CA, CV e AV proporcionariam decréscimos de 4,7°C, 2,2 e 2,2°C respectivamente, na  $T_s$  em relação a uma área sem cobertura. Já neste extrato populacional, valores acima de 40% para AV e CV e de 20% para CA, começam a apresentar maior eficiência na redução da temperatura (Figura 8).

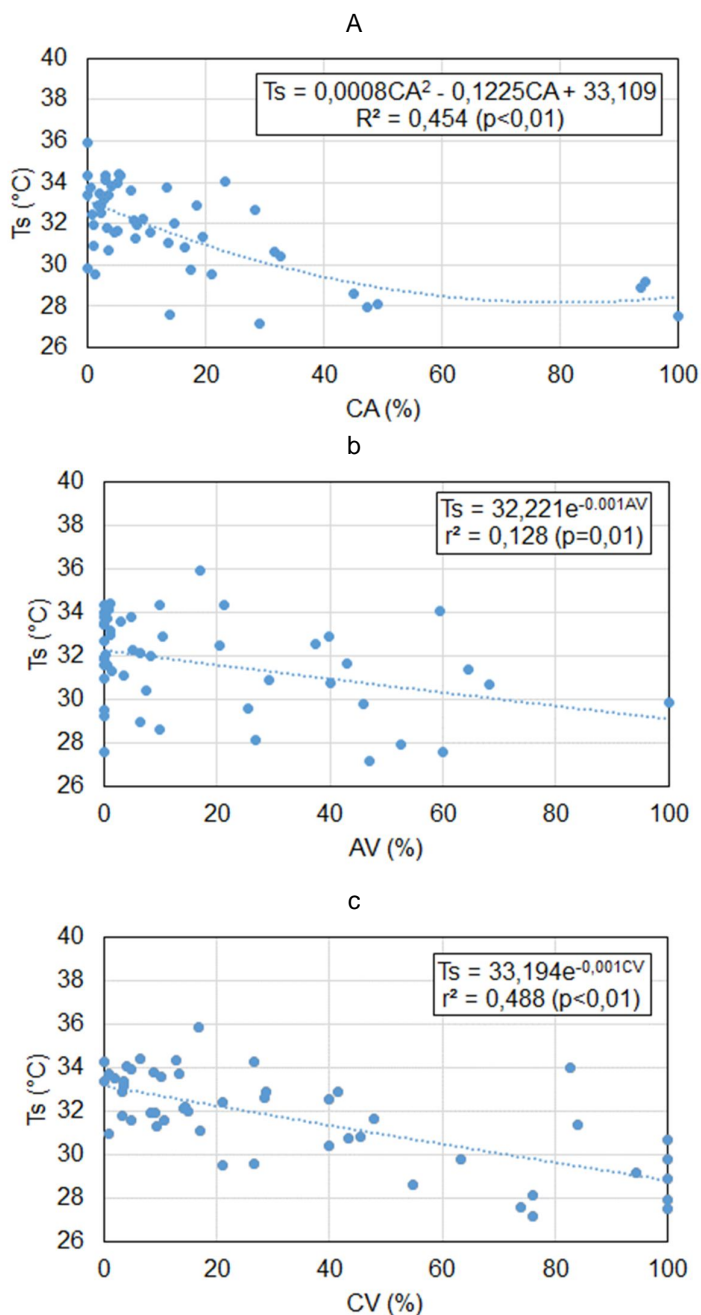


Figura 8. Modelos da temperatura da superfície ( $T_s$ ) em função do percentual de cobertura arbórea (CA), área verde (AV) e cobertura vegetal (CV) no extrato populacional de 100.001 a 500.000 habitantes.

No extrato acima de 500.000 habitantes, 50% de CA levaria a um decréscimo de 4,0°C e valores de 70% de CV e de AV proporcionariam reduções de 3,8°C e de 2,9°C respectivamente, na TS em relação a uma área sem cobertura. Da mesma forma que no extrato 100.001 a 500.000 habitantes, valores acima de 40% para AV e CV e de 20% de CA mostram maior eficiência na redução da temperatura (Figura 9).

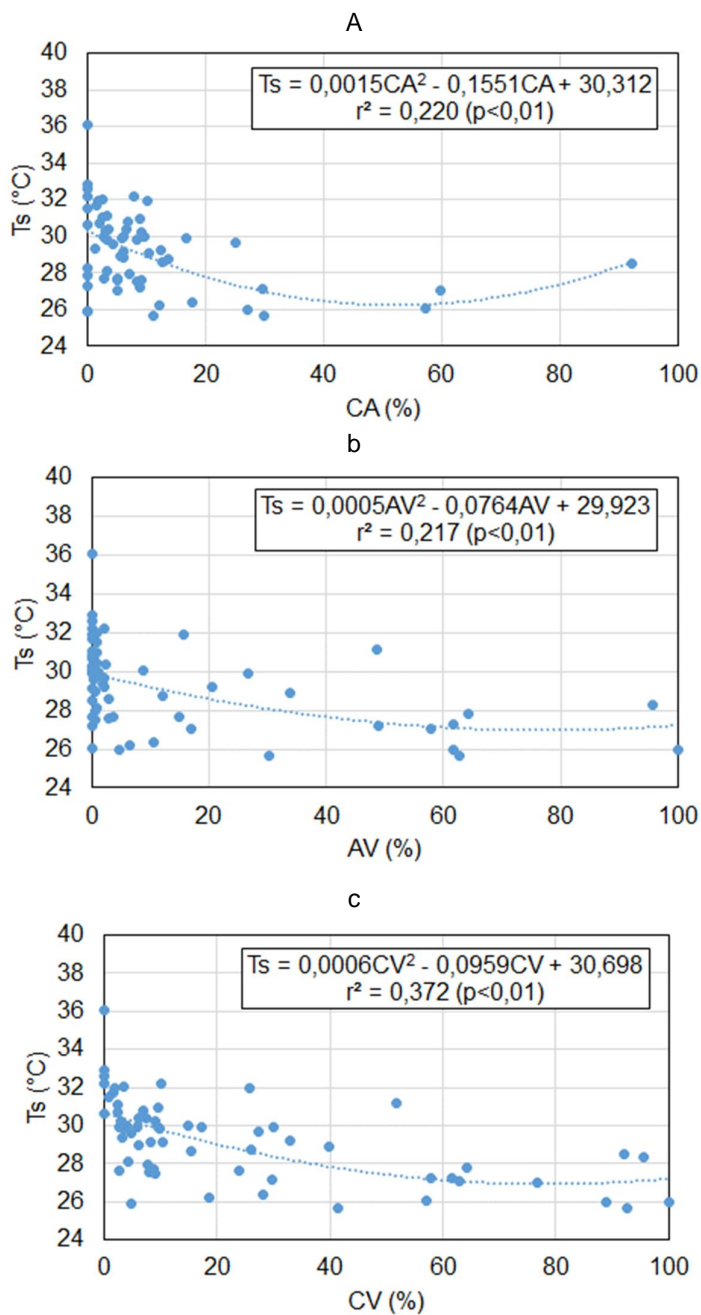
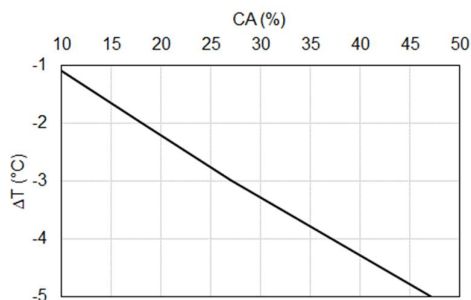


Figura 9. Modelos da temperatura da superfície ( $T_s$ ) em função do percentual de cobertura arbórea (CA), área verde (AV) e cobertura vegetal (CV) no extrato populacional acima de 500.000 habitantes.

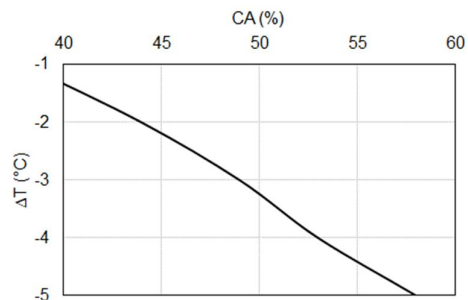
Portanto, apenas nos extratos populacionais, 100.001 a 500.000 e acima de 500.001 habitantes, valores relacionados à porcentagem de AV mostraram correlação positiva com a  $T_s$ , indicando que AV ou não impermeabilizadas e sem a presença de CA não são tão efetivas na redução da temperatura quanto a presença das árvores em si.

Da mesma forma que para a AV, a CV não se mostrou tão eficiente na mitigação da temperatura quanto a CA. Segundo os modelos propostos neste trabalho, 50 a 70% de CA ou 70% de CV em cidades do estado de São Paulo, seriam capazes de reduzir em 4,0 a 8,6°C e 2,6 a 5,0°C respectivamente, a  $T_s$  urbana, onde valores menores ocorreriam nos municípios com até 20.000 habitantes. Para a quantificação da porcentagem de CA foram incluídas apenas árvores, enquanto para a CV foram selecionadas áreas com todos os tipos de CV do traçado viário, maciços e fragmentos de vegetação nativa, quintais, jardins de residências, praças, APP e as AV implantadas.

De acordo com os modelos propostos e partindo-se de um mínimo de 10% de CA em municípios do estado de São Paulo, para uma redução esperada de 4°C na temperatura da superfície urbana ( $\Delta T$ ), seria necessário uma CA de 37% para municípios com população de até 20 mil habitantes, 53% para municípios de 20.001 a 50.000 e de 50.001 a 100.000 habitantes, 47% para municípios de 100.001 a 500.000 habitantes e 50% para municípios com mais de 500.000 habitantes (Figura 10). O que sugere que localidades com mais de 20.000 habitantes necessitam de um maior percentual de CA para uma efetiva redução na  $T_s$  urbana.



(A) até 20.000 habitantes



(B) de 20.001 a 50.000 habitantes

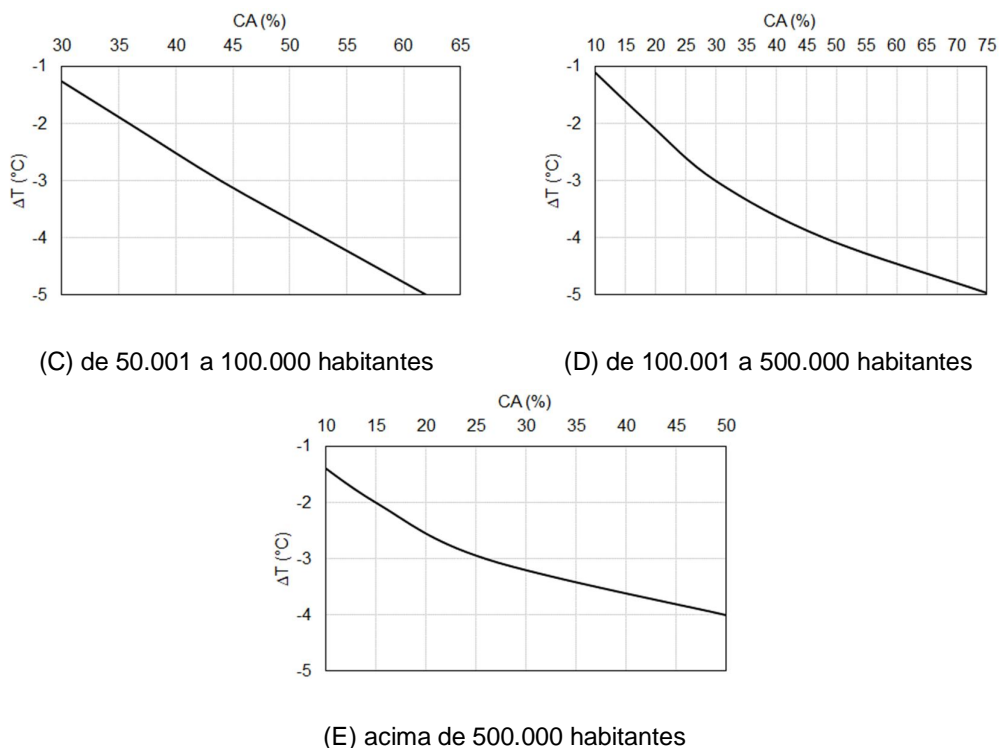


Figura 10. Redução esperada na temperatura ( $\Delta T$ ) da superfície em função do percentual de cobertura arbórea (CA) e do extrato populacional de municípios do estado de São Paulo.

O percentual de CA é a proporção de área coberta com vegetação (copas das árvores) em função da área total de uma cidade ou de um setor urbano, e para o seu cálculo, toda a CA da área urbana de um município ( $m^2$ ) deve ser mensurada e dividida pela área urbana total do município ( $m^2$ ), obtendo-se o resultado em porcentagem (GONÇALVES; TEIXEIRA, 2017).

Sabe-se que a vegetação diminui a temperatura do ar devido ao sombreamento direto e à sua evapotranspiração, convertendo radiação solar incidente em calor latente, que não contribui para o aquecimento (McPHERSON, 1994).

Cidades com densidades populacionais mais elevadas exibem sinais mais extremos de urbanização, e com isso, maiores modificações térmicas. O aumento da população leva a um aumento das emissões de poluentes e construção de edificações cada vez maiores, o que reduz o espaço disponível para liberação do calor absorvido pelos materiais para a atmosfera (OKE, 1976). Resultados obtidos por Karl, Diaz e Kukla (1988) mostraram que áreas com população de 10.000 habitantes ou mais, são mais quentes que as áreas rurais, com população menor que 2.000 habitantes.

Centros urbanos normalmente apresentam CV entre 5% a 20% da superfície total, em contraste com 75% dos ambientes rurais (McPHERSON, 1994). Em Munique, o aumento de 10% na CV durante o verão foi capaz de diminuir até 1,4°C a  $T_s$  (PAULEIT; DUHME, 2000).

Já segundo Oke (1973), valores de CV na faixa de 30% seriam o recomendável para proporcionar um adequado balanço térmico em áreas urbanas. Por sua vez, a Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SIMA) estabelece como meta ideal em uma cidade, uma porcentagem de 50% de CV no perímetro urbano (SÃO PAULO, 2018).

Trowbridge e Bassuk (2004) também relacionam a diminuição da temperatura pela vegetação urbana, principalmente árvores. Segundo os autores, quando as temperaturas de verão se apresentam muito elevadas, a diminuição de temperatura pode ser de até 20°F (-6,67 °C). Enquanto Sukopp e Werner (1991) recomendam que, para a conservação da natureza e da paisagem, uma cidade ideal deveria possuir 33% da área central permeável e não edificada.

As modificações no fluxo energético causado pela expansão dos centros urbanos resultam em aumentos na temperatura das cidades, sendo a CV das cidades uma estratégia viável para minimizar o fenômeno das “ilhas de calor. Na região metropolitana de São Paulo entre 1936 e 2005, a temperatura média foi elevada em 2,1°C, pelo efeito “ilha de calor” (SOUZA et al., 2019).

Barbosa (2016) comparando mapas termal e de uso do solo, obtidos por meio de imagens de satélite Rapideye e LANDSAT 8 da Ilha do Fundão no Rio de Janeiro - RJ, evidenciou uma correlação espacial da distribuição das  $T_s$  com a presença de espaços verdes. Áreas urbanas e sem vegetação apresentaram uma média de 18,3°C, enquanto, nos locais vegetados, essa média foi de 15,3°. Além da diferença média de 3,0°C, foi observada uma diferença máxima de até 7,0°C a mais nos espaços urbanos, contemplando uma possível relação entre o efeito das “ilhas de calor” e a ausência da vegetação na composição urbana.

Por sua vez, Barbosa (2005) em Maceió/AL, registrou significativas diferenças na temperatura do ar, na ordem de 3,3°C, ocorrendo pela manhã, e em torno das 15:00 horas. Contudo, no período noturno, todas as amostras apresentaram pouca diferença nos valores de temperatura do ar.

Gill et al. (2007) analisaram a influência de espaços verdes em ambientes urbanos na Grande Manchester, Inglaterra, com o uso de modelos matemáticos e



concluíram que a retirada de 10% da vegetação em grandes centros urbanos induziria a uma elevação entre 7°C e 8,2°C na temperatura de superfície para a década de 2080, se comparadas com patamares entre 1961 e 1990. Por outro lado, a manutenção dessas áreas, levaria a um aumento entre 3,3°C e 3,9°C para o mesmo modelo.

O efeito de resfriamento é determinado pela quantidade de sombreamento proporcionado pela copa das árvores (SHASHUA-BAR; HOFFMAN, 2000), além da evapotranspiração.

O sombreamento da vegetação, ao impedir a incidência solar direta sobre edifícios e pedestres, reduz o brilho intenso e bloqueia a luz difusa refletida pela atmosfera nas superfícies do entorno, alterando a troca de calor entre os edifícios e as áreas adjacentes (AKBARI, 2002).

Embora a determinação da extensão do sombreamento pleno de uma copa dependa da espécie, árvores com a forma e densidade apropriadas, podem bloquear até 95% da radiação incidente. Esse valor é relativamente, alto até mesmo no caso de árvores sem folhas, no qual a interceptação é de até 50% da energia solar (AKBARI et al., 1992). Porém, este efeito é localizado, sendo que a região embaixo das copas das árvores apresenta menores temperaturas, o que sugere que, as árvores devem ser distribuídas pela paisagem urbana, não sendo isoladas em ruas ou concentradas em parques e jardins (COUTTS et al., 2014).

Segundo Silva (2009), toda a configuração urbana contribui para a formação dos microclimas diferenciados no contexto da cidade. Quanto maior a área de concreto, asfalto e pavimentação (materiais com maiores coeficientes de absorção da radiação solar e emissão de energia térmica), e menor a CV, maiores são os ganhos de calor da massa edificada e maior emissividade da mesma para o espaço urbano, o que contribui para a existência de temperaturas mais elevadas, causando um maior desconforto para o usuário dos espaços urbanos.

Por sua vez, Gouvêa (2002), na estação seca, comparou a temperatura entre a superfície exposta à insolação direta e à sombra (sob as árvores), encontrando uma diferença de 10°C a 1,20 m do solo, e de até 23°C sobre o piso de grama.

Na maior parte das circunstâncias, o impacto do sombreamento é mais importante que a evapotranspiração das plantas, no resfriamento da atmosfera (McPHERSON, 1994), sendo a junção dos dois fatores fundamental para a melhoria do microclima e conforto térmico. Em locais de clima muito quente e seco, por

exemplo, ocorre pouca atividade de transpiração das folhas, havendo baixa conversão de energia radiante absorvida em calor latente, e alta dissipação por calor sensível, aquecendo o ar. O oposto ocorre em superfícies cobertas com vegetação, como um campo de grama irrigada, que reduzem a  $T_s$ , melhorando a temperatura do ar. No entanto, devido à ausência de sombra, essas áreas, ainda que bem irrigadas, podem resultar em altos níveis de estresse térmico (COUTTS et al., 2014).

Normalmente, quanto maior a área e o tamanho das plantas, maiores são os benefícios, sendo que, de acordo com Dimoudi e Nikolopoulou (2003) a cada adição de 100 m<sup>2</sup> de vegetação, ocorre uma redução de aproximadamente 1K (1°C) na temperatura média local. Esse mesmo resultado foi observado para a introdução de uma fila de árvores em uma estrutura urbana como, por exemplo, em uma rua.

Além dos fatores citados, o tamanho da cidade (OKE, 1973) e a velocidade do vento (OKE, 1982) podem interferir na temperatura do ar e na incidência de “ilhas de calor”. Nas áreas menos urbanizadas, onde há menos edificações, o vento flui com mais facilidade, existem mais áreas com vegetação e menos impermeabilização do solo, o que facilita a evapotranspiração. À medida que se desloca para a área central da cidade essas características vão se invertendo, onde existem mais edificações, menos quantidade de vegetação, maior impermeabilização do solo e obstáculos para reduzir a circulação dos ventos (OKE, 1987).

Pelas imagens de satélite e suas respectivas imagens termais de alguns municípios do estado de São Paulo avaliados neste experimento, é possível verificar a importância da CA na mitigação da  $T_s$  (Figura 11) urbana. Comparando-se uma área com 100% de CA (Figura 11A) com outra com 99% de área construída/pavimentada (Figura 11E), nota-se a redução de 4°C na temperatura média ( $T_{med}$ ) superficial. Também se destaca a superioridade da CA em relação as AV na atenuação da  $T_s$ . Áreas com 48% de pavimentação e 49% de AV (Figura 11D) apresentam um acréscimo na  $T_{med}$  de 2,6°C em relação a áreas com 45% de pavimentação e 45% de CA (Figura 11C).

Além disso, uma área com 45% de pavimentação, mas com uma CA de 45% (Figura 11C), praticamente mantém inalterada a  $T_s$  urbana, quando comparada com outras com 100% de CV (53% de AV + 47% de CA) (Figura 11B) ou 100% de CA (Figura 11A). O que sugere o valor de 50% de CA como ideal em municípios de São Paulo, corroborando o recomendado pela Resolução n.º 33/2018 da Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2018). Porém,

neste caso, deve-se destacar a superioridade da CA em atenuar a temperatura do ar e melhorar o conforto térmico urbano, devendo ser a Resolução SMA n.º 33/2018 mais precisa em recomendar o valor de 50%, quantificando apenas áreas com CA, visto que em seu texto original quantifica áreas com CV de forma geral.

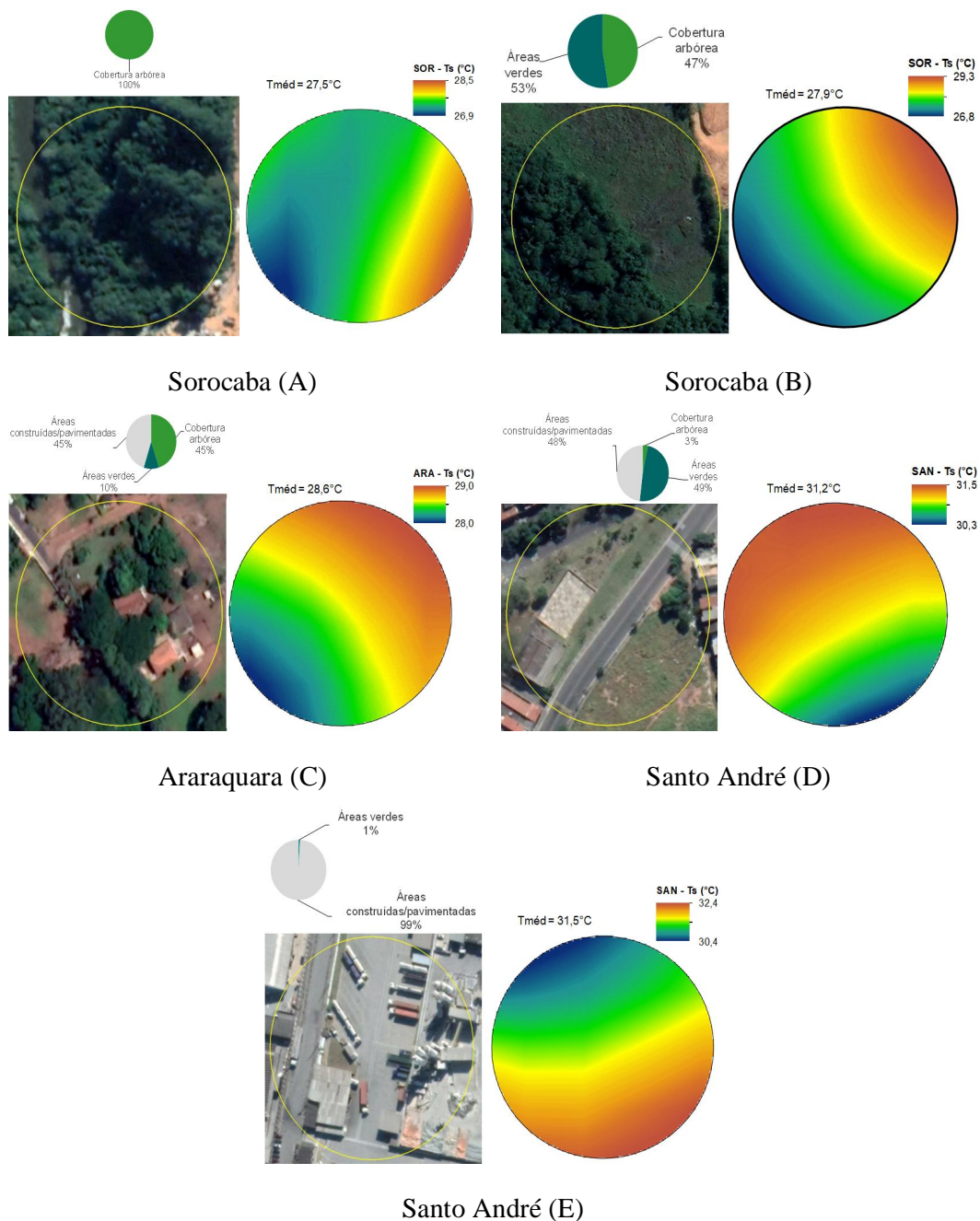


Figura 11. Temperaturas médias (Tméd) e imagens termais de campos amostrais e suas respectivas porcentagens de áreas construídas/pavimentadas, áreas verdes (AV) e cobertura arbórea (CV) nos municípios de Sorocaba (A e B), Araraquara (C) e Santo André (D e E).

De qualquer forma, aqui vale lembrar que a Resolução SMA n.º 33/2018 recomenda 50% de CV, levando em conta que as áreas de insolação também são importantes para a saúde da população, para atividades esportivas, fonte de vitamina D, calor em ambientes/épocas mais frias etc., além de propiciar o desenvolvimento de outros extratos de vegetação, que não só o arbóreo.

As árvores reduzem a aridez, a poluição, adicionam umidade ao ar, são um elemento natural na paisagem, barram os raios refletidos pelas superfícies das construções e, assim, auxiliam na melhoria da qualidade de vida do homem urbano (AGUIRRE JR; LIMA, 2007).

A distribuição da CA também é importante e deve ser pensada no momento do planejamento urbano. Jauregui (1990), ao estudar a área de influência de um grande parque no México, encontrou área de influência no resfriamento igual a uma vez a largura do parque, com o que se conclui que é melhor distribuir as AV ao longo da malha urbana do que concentrá-las.

Árvores aumentam o sombreamento, o que, aliado à evapotranspiração, reduz a quantidade de calor na atmosfera. A evaporação de 1 mm de água (= 1 L/m<sup>2</sup>) requer 59 cal/cm<sup>2</sup> (1 cal = 4,184 J). Quanto maior for a superfície foliar, tanto maior será a capacidade de transpiração das árvores, desde que haja água disponível no solo para permitir essa troca. Por essa razão, um metro quadrado ocupado com vegetação é mais eficiente do que um metro quadrado de lâmina d'água na umidificação e na redução de temperatura do ar. Estima-se que a superfície evapotranspirante da lâmina foliar seja de quatro a dez vezes maior do que a da mesma superfície coberta por água (HEISLER, 1974; PRIMAVESI et al., 2007). Uma árvore de grande porte pode transpirar 450 L de água por dia e para tanto requer 1.000 MJ de energia calorífica (HOUGH, 1989, citado por BOLUND; HUNHAMMAR, 1999).

Basicamente, os efeitos da vegetação no ambiente construído decorrem da interceptação da radiação solar direta e da luz (sombreamento), da evapotranspiração e da fotossíntese. A evapotranspiração é definida como o efeito conjugado da evaporação da água do solo e da transpiração das folhas das plantas na presença de radiação solar (OMETTO, 1981). O efeito de resfriamento se dá quando a água na superfície da folha, ao passar do estado líquido para o gasoso, carrega consigo, para a atmosfera, energia intrínseca necessária à evaporação, a qual é subtraída do ar que circunda a folha. Em climas quentes e secos, o efeito oásis proporcionado pela

evapotranspiração pode diminuir as temperaturas de 2 a 5°C em relação ao entorno (TAHA, 1997).

O resfriamento do ar não é somente resultado do sombreamento proporcionado pelas árvores, mas principalmente, do seu consumo de energia para evaporação e outros processos fisiológicos, e que em média 60% a 75% da energia solar incidente na vegetação são consumidos nos processos fisiológicos. Assim, o equilíbrio nas trocas de calor por radiação nas regiões onde a vegetação está presente não ocorre, pois esta não armazena calor nas células. Como efeito adicional, consequência da evapotranspiração, tem-se o aumento da umidade relativa. O resfriamento e a filtração do ar, realizados pela vegetação arbórea, produzem melhores resultados do que aqueles realizados pelos gramados, pois quem controla esses efeitos é o volume foliar e não o tamanho das áreas verdes (BERNATZKY, 1982).

## 5. CONCLUSÕES

- A cobertura arbórea se mostrou mais eficiente na redução da temperatura superficial urbana do que a porcentagem de área verde ou de cobertura vegetal;
- De acordo com os modelos propostos, no estado de São Paulo, a porcentagem de cobertura arbórea de 50% seria capaz de reduzir em 4°C a temperatura de municípios com mais de 20.000 habitantes, devendo ser distribuída ao longo da malha urbana;
- A média geral da porcentagem de área verde, cobertura arbórea e cobertura vegetal em todos os extratos populacionais foi de 11,9%, 13,5% e 25,2% respectivamente, não havendo diferenças significativas entre os extratos;
- O índice de 50% de cobertura vegetal proposto pela Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo pode ser considerado adequado na redução da temperatura urbana, desde que se quantifique apenas as copas das árvores.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIRRE JR., J. H.; LIMA, A. M. L. P. Uso de árvores e arbustos em cidades brasileiras. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 2, n. 4, p. 50-66, 2007. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revsbau/article/view/66337/38188>. Acesso em: 15 fev. 2020.

AKBARI, H. Shade Trees Reduce Building Energy Use and CO<sub>2</sub> Emissions from Power Plants. **Environmental Studies**, v. 116, p. 119-126, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(01\)00264-0](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(01)00264-0). Acesso em: 21 fev. 2020.

AKBARI, H.; DAVIS, S.; DORSANO, S. et al. **Cooling Our Communities: A Guidebook on Tree Planting and Light-Colored Surfacing**, United States Environmental Protection Agency (EPA), Washington, DC., 1992. Disponível em: <https://escholarship.org/content/qt98z8p10x/qt98z8p10x.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2020.

ALMEIDA, A. L. B. dos S. de S. S. L. **Arvores e floresta urbana: condições que a cidade oferece**. In: O valor das árvores: Arvore e floresta urbana de Lisboa. Tese (Doutorado em Arquitetura Paisagista) – Instituto Superior de Agronomia. Lisboa. 2006. p. 5-45. Disponível em: <https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/469/5/CAPITULO2.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2020.

BAPTISTA, G. M. M. **Aquecimento global: ciência ou religião?** Brasília: Hinterlândia Editorial, 2009.

BARBOSA, E. C. **Influência da Vegetação nas Condições Microclimáticas em Ambientes Urbanos - Estudo de Caso Ilha do Fundão**, Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <http://www.drhima.poli.ufrj.br/images/documentos/tcc/2016/erica-caverzam-2016.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2020.

BARBOSA, R. V. R. **Áreas Verdes e Qualidade Térmica em Ambientes Urbanos: Estudos em Microclimas de Maceió (AL)**. Tese, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP. 2005. Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-03062006-142516/publico/diss\\_Barbosa2005.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-03062006-142516/publico/diss_Barbosa2005.pdf). Acesso em: 20 fev. 2020.

BARROS, H. R.; LOMBARDO, M. A. A Ilha de Calor Urbana e o Uso e Cobertura do Solo em São Paulo/SP. **GEOUSP Espaço e Tempo (Online)**, v. 20, n. 1, p. 160-177, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2016.97783>. Acesso em: 20 fev. 2020

BARROS, H. S.; SOUSA, L. V.; SOUZA, L. Aquecimento Global: Mitos sobre o Aceleração Antropogênico. **Química: ciência, tecnologia e sociedade**, v. 3, n. 1, p. 56-66, 2014. Disponível em: <http://periodicos.uern.br/index.php/gcts/article/view/1410/802>. Acesso em: 20 fev. 2020.

BENINI, S. M.; MARTIN, E. S. Decifrando as Áreas Verdes Públicas. **Revista Formação Online**, v. 2, n. 17, p. 63-80, 2010. DOI: <https://doi.org/10.33081/formacao>. Acesso em: 03 mar. 2020.

BERNATZKY, A. The contribution of trees and green spaces to a town climate. **Energy and Building**, v. 5, p. 1-10, 1982. Disponível em: <https://kundoc.com/pdf-the-contribution-of-tress-and-green-spaces-to-a-town-climate-.html>. Acesso em: 20 fev. 2020.

BIAS, E. S.; BAPTISTA G. M. M.; LOMBARDO M. A. **Análise do Fenômeno de Ilhas de Calor Urbanas, por Meio de Combinação de Dados Landsat e Ikonos**, Anais XI SBRS, Belo Horizonte, Brasil, 05 – 10 de abril de 2003, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, p. 1.741 - 1.748, 2003. Disponível em: [http://marte.sid.inpe.br/col/Itid.inpe.br/sbsr/2002/09.12.18.52/doc/14\\_005.pdf](http://marte.sid.inpe.br/col/Itid.inpe.br/sbsr/2002/09.12.18.52/doc/14_005.pdf). Acesso em: 20 fev. 2020.



BOLUND, P.; HUNHAMMAR, S. Ecosystem services in urban areas. **Ecological Economics**, v. 29, p. 293-301, 1999. Disponível em:

[http://www.fao.org/uploads/media/Ecosystem\\_services\\_in\\_urban\\_areas.pdf](http://www.fao.org/uploads/media/Ecosystem_services_in_urban_areas.pdf). Acesso em: 20 fev. 2020.

BOQNEWS. **Soma de fatores provoca “ilha de calor” em Santos e eleva temperaturas**, 2005. Disponível em:

<https://www.boqnews.com/cidades/soma-de-fatores-provoca-ilha-de-calor-em-santos-e-eleva-temperaturas/>. Acesso em: 20 fev. 2020.

BRASIL. **Lei Federal n.º 8.078, de 11 de setembro de 1990**. Dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências. Disponível em:

<https://www.defesadoconsumidor.gov.br/images/manuais/codigo-de-protecao-e-defesa-do-consumidor.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2020.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil, de 05 de outubro de 1988**. Disponível em:

[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Constituicao/Constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm). Acesso em: 18 jan. 2020.

BRASIL. **Lei Federal n.º 10.257, de 10 de julho do 2001**. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Disponível em:

<https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/70317/000070317.pdf?sequencia=6%20Calizaya>. Acesso em: 18 jan. 2020.

BRASIL. **Lei Federal n.º 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em:

[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm). Acesso em: 18 jan. 2020.

BRASIL. **Lei Federal n.º 6.766, de 19 de dezembro de 1979.** Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6766.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6766.htm). Acesso em: 18 jan. 2020.

BRASIL. **Resolução CONAMA n.º 369, de 28 de março de 2006.** Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente-APP. Acesso em: 13 dez. 2019. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=489>. Acesso em: 18 jan. 2020.

BRUN, F. G. K.; FUCHS, R. H.; BRUN, E. J. et al. Legislações Municipais do Rio Grande do Sul Referentes à Arborização Urbana – Estudo de Casos. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 3, n. 3, p. 44-64, 2008.

CAVALHEIRO, F.; DEL PICCHIA, P. C. D. Áreas verdes: conceitos, objetivos e diretrizes para o planejamento. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 4, 1992, Vitória - ES. **Anais...** Vitória, 1992, p. 29-38.

CAVALHEIRO, F.; NUCCI, J. C.; GUZZO, P. et al. Proposição de Terminologia para o Verde Urbano. **Boletim Informativo da SBAU**, ano VII, n. 3, jul/ago/set de 1999. Disponível em: <https://tgpusp.files.wordpress.com/2018/05/cavalheiro-et-al-1999.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2020.

COLTRI, P. P. **Influência do uso e cobertura do solo no clima de Piracicaba, São Paulo: análises de séries históricas, ilhas de calor e técnicas de sensoriamento remoto.** Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Piracicaba, São Paulo, 2006. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-25102006-123617/publico/PriscilaColtri.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2020.

COUTO, H. T. Z. Métodos de amostragem para avaliação de árvores de ruas. In: Congresso Brasileiro de Arborização Urbana, 2, 1994, São Luis. **Anais...** São Luis: SBAU, 1994. p.169- 179.

COUTTS, A., LOUGHNAN, M., TAPPER, N. et al. **The impacts of WSUD solutions on human thermal comfort. Green Cities and Micro-climate** - B3.1 -2-2014. Cooperative Research Centre for Water Sensitive Cities, Monash University, 2014. Disponível em: [https://watersensitivecities.org.au/wp-content/uploads/2016/07/TMR\\_B3-1\\_WSUD\\_thermal\\_comfort\\_no2.pdf](https://watersensitivecities.org.au/wp-content/uploads/2016/07/TMR_B3-1_WSUD_thermal_comfort_no2.pdf). Acesso em: 10 jan. 2020.

DICIO. **Dicionário Online de Português**, 2020. Disponível em: <https://www.dicio.com.br/>. Acesso em: 10 jan. 2020.

DIMOUDI, A., NIKOLOPOULOU, M. Vegetation in the Urban Environment: Microclimatic Analysis and Benefits. **Energy and Buildings**, v. 35, n. 1, p. 69- 76, 2003. Disponível em: [http://repository.edulll.gr/edulll/retrieve/10408/3461\\_1\\_Vegetation\\_EB.pdf](http://repository.edulll.gr/edulll/retrieve/10408/3461_1_Vegetation_EB.pdf). Acesso em: 20 fev. 2020.

FADIGAS, L. S. **A Natureza na Cidade, uma perspectiva para a sua integração no tecido urbano**. Tese de Doutorado, Faculdade de Arquitectura, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 1993. 116 p.

FERREIRA, A. B. de. H. **Novo Dicionário da Língua Portuguesa**. 5. ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2014. 2275 p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência & Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

GARTLAND, L. **Heat Island — Understanding and mitigating heat in urban areas**. London: Earthscan, 2008.

GILL, S.; HANDLEY, J.; ENNOS, A. et al. Adapting Cities for Climate Change: The Role of The Green Infrastructure. **Built Environment**, v. 3, n. 1, p. 115-133, 2007. DOI: [10.2148/benv.33.1.115](https://doi.org/10.2148/benv.33.1.115). Acesso em: 12 fev. 2020.

GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. 12.ed. São Paulo: Nobel, 1990. 467p.

GONÇALVES, E. B.; TEIXEIRA, I. F. Percentual e Índice de Cobertura Arbórea para a Área Urbana de São Gabriel/RS. 9º SALÃO INTERNACIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO – SIEPE, **Anais...** Universidade Federal do Pampa, Santana do Livramento, 21 a 23 de novembro de 2017. Disponível em: [https://guri.unipampa.edu.br/uploads/evt/arq\\_trabalhos/13548/seer\\_13548.pdf](https://guri.unipampa.edu.br/uploads/evt/arq_trabalhos/13548/seer_13548.pdf). Acesso em: 10 jan. 2020.

GOOGLE Inc. **Google Earth Pro versão 7.3.3.7699**. Mountain View: Google Inc., 2020.

GOUVÊA, I. Cobertura Vegetal Urbana. **Revista Assentamentos Humanos**, v. 3, n. 1, p. 17-24, 2001.

GOUVÊA, L. A. C. **Biocidade: conceitos e critérios para um desenho ambiental urbano, em localidades de clima tropical de planalto**. São Paulo: Nobel, 2002. 174p.

GREY, G. W. **The Urban Forest: Comprehensive Management**. New York: John Wiley & Sons Inc., 1996. 156p.

GREY, G. W.; DENEKE, F. J. **Urban Forestry**. New York: John Wiley, 1978. 279 p.

HARDER, I. C. F.; RIBEIROS, R. C. S.; TAVARES, A. R. Índices de Área Verde e Cobertura Vegetal para as Praças do Município de Vinhedo/SP. **Revista Árvore**, Viçosa/MG, v. 30, n. 2, p. 277-282, 2006.

HEISLER, G. M. Trees and human comfort in urban areas. **Journal of Forestry**, v. 72, n. 8, p. 466- 469, 1974.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Cidades**. 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 29 mar. 2020.

IPCC - Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas. IPCC-TAR 2001. **Climate Change 2001: the scientific basis**. Contribution of working group I to the third assessment report of the intergovernmental Panel on climate Change. Cambridge University Press, 2001.

IPCC - Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas. **Alterações Climáticas – a base científica**. Parte da Contribuição do Grupo de Trabalho I para o Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas, 2013. 210 p. Disponível em: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar5\\_wg1\\_spmportuguese.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar5_wg1_spmportuguese.pdf). Acesso em: 29 mar. 2020.

JAUREGUI, E. Influence of a Large Urban Park on Temperature and Convective Precipitation in a Tropical City. **Energy and Buildings**, v. 15, n. 3-4, p. 457-463, 1990.

KAPLAN, S. The restorative benefits of nature: toward an integrative framework. **Journal of Environmental Psychology**, v. 15, p. 169- 182, 1995. Acesso em: 25 jan. 2020.

KARL, T. R.; DIAZ, H. F.; KUKLA, G. Urbanization: its detection and effect in the United States climate record. **Journal of Climate**, v.1, p. 1099-1123, 1988. Disponível em: [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1988\)001<1099:UIDAEI>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1988)001<1099:UIDAEI>2.0.CO;2). Acesso em: 25 jan. 2020.

LEIVAS, J.; FONTANA, D.; BERLATO, M.; CARDOSO, L. Variação Diária do Albedo Sobre Uma Superfície Vegetada e Sobre um Lago na Estação Experimental da UFRGS/RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15., 2007, Aracaju – SE. **Anais...** Disponível em: <http://sbagro.org/files/biblioteca/2628.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2020.

LEWIS, C. A. Human health and well-being: the psychological, physiological, and sociological effects of plants on people. **Acta Horticulturae**, v. 391, p. 31-40, 1995.

Disponível em: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1995.391.2> Acesso em: 12 mar. 2020.

LINO, G. L. **A fraude do aquecimento global: como um fenômeno natural foi convertido numa falsa emergência mundial**. 3 ed. Rio de Janeiro: Capax Dei editora, 2009. 168 p.

LOBODA, C. R.; DE ANGELIS, B. L. D. Áreas Verdes Públicas Urbanas: Conceitos, Usos e Funções. *Revista Ambiência*, v. 1, n. 1, p. 125-139, 2005. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/157/185>. Acesso em: 22 jan. 2020.

LOPES, A. O sobreaquecimento das cidades. Causas e medidas para a mitigação da Ilha de Calor de Lisboa. **Territorium**, n. 15, p. 39-52, 2008. DOI: [https://doi.org/10.14195/1647-7723\\_15\\_4](https://doi.org/10.14195/1647-7723_15_4) Acesso em: 12 mar. 2020.

LUCON, T. N.; PRADO FILHO, J. F.; SOBREIRA, F. G. Índice e percentual de áreas verdes para o perímetro urbano de Ouro Preto – MG. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 8, n. 3, p. 63-78, 2013.

MAGALHÃES, L. M. S. Arborização e Florestas Urbanas – Terminologia Adotada para a Cobertura Arbóreas das Cidades Brasileiras. *Floresta e Ambiente*, p. 23-26, 2006. Disponível em: <http://www.if.ufrj.br/st/pdf/arboriza.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2020.

MAGALHÃES, R. M. **Espaços verdes urbanos**. DGOT, Direcção-Geral do Ordenamento do Território, Ministério do Planeamento e da Administração do Território, Lisboa, 1992. p. 9.

MAGALHÃES FILHO, L. C. A. **Ilha de calor urbana, metodologia para mensuração: Belo Horizonte, uma análise exploratória**. Tese (Doutorado em Geografia). Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, PUC Minas Gerais, 2006. 145 f. Disponível em: [http://www.biblioteca.pucminas.br/teses/TratInfEspacial\\_MagalhaesFilhoLC\\_1.pdf](http://www.biblioteca.pucminas.br/teses/TratInfEspacial_MagalhaesFilhoLC_1.pdf) Acesso em: 22 jan. 2020.

MANUAL Técnico de Arborização Urbana do Município de São Paulo. São Paulo: Prefeitura de São Paulo; Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente, 2015. Disponível em: [https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/meio\\_ambiente/MARBOURB.pdf](https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/meio_ambiente/MARBOURB.pdf) Acesso em: 22 fev. 2020.

MASCARÓ, L. **Ambiência urbana**. Porto Alegre: Luzzatto, 1996.

McPHERSON, E. G. Cooling urban heat islands with sustainable landscapes. In: PLATT, R. H.; ROWNTREE, R. A.; MUICK, P. C. (eds). **The ecological city: preserving and restoring urban biodiversity**. Amherst: University of Massachusetts Press, p. 151-171, 1994. Disponível em: <https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/42252>. Acesso em: 18 mar. 2020.

MILLER, R.W. **Urban Forestry - Planning and Managing Urban Greenspaces**. 2ªEd. Prentice Hall. 1997. 502p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Áreas Verdes Urbanas-2**, 2012. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/areas-verdes-urbanas/itemlist/category/61-areas-verdes-urbanas.html>. Acesso em: 20 jan. 2020.

MOLION, L.C.B. Aquecimento Global, El Niños, manchas solares, vulcões e oscilação decadal do Pacífico. **Revista Climanalise**. ano 3, n. 1. 2005. p. 1-5.

MOLION, L. C. B. Aquecimento global: uma visão crítica. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 3, p. 7-24, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v3i0.25404>. Acesso em: 25 jan. 2020.

MOLION, L. C. B. Desmistificando o aquecimento global. **Intergeo**, v. 5, p. 13-20, 2007. Disponível em: [https://icat.ufal.br/laboratorio/clima/data/uploads/pdf/molion\\_desmist.pdf](https://icat.ufal.br/laboratorio/clima/data/uploads/pdf/molion_desmist.pdf). Acesso em: 25 jan. 2020.

NAIME, R. Ilha de Calor. **Ecodebate, Cidadania & Meio Ambiente**, 2016. Disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/2016/04/20/ilha-de-calor-artigo-de-roberto-naime/>. Acesso em: 25 jan. 2020.

NASCIMENTO, D. T. F.; OLIVEIRA, I. J. Análise da Evolução do Fenômeno de Ilhas de Calor no Município de Goiânia/GO (1986-2010). **Boletim Goiano de Geografia**, v. 31, n. 2, p. 113-127, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.5216/bgg.v31i2.16849> . Acesso em: 12 mar. 2020.

NG, E.; CHEN, L.; WANG, Y.; YUAN, C. A study on the cooling effects of greening in a high-density city: An experience from Hong Kong. **Building and Environment**, v. 47, p. 256-271, 2012.

NICODEMO, M. L. F.; PRIMAVESI, O. **Por que manter árvores na área urbana?** Documentos 89. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2009. 41p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/82803/1/Documentos89.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2020.

NOWAK, D. J.; ROWNTREE, R. A.; MCPERSHON, E. G.; SISINI, S.N.; KERKMANN, E.R.; ESTEVENS, J.C. Measuring and Analyzing Urban Tree Cover. **Landscape and urban Planning**, v. 36, p. 49-57, 1996.

NUCCI, J. C.; CAVALHEIRO, F. Cobertura Vegetal em Áreas Urbanas – Conceito e Método. **GEOUSP Espaço e Tempo (Online)**, v. 3, n. 2, p. 29-36, 2006. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.1999.123361> Acesso em: 12 mar. 2020.

OKE, T. R. **Boundary Layer Climates**. 2 ed. Methuen, London, Psychology Press. 1987. Disponível em: [https://www.academia.edu/16752781/T.\\_R.\\_Oke\\_-\\_Boundary\\_Layer\\_Climates\\_1988\\_.PDF](https://www.academia.edu/16752781/T._R._Oke_-_Boundary_Layer_Climates_1988_.PDF). Acesso em: 18 mar. 2020.

OKE, T. R. City size and the urban heat island. **Atmospheric Environment**, v. 7, p. 769-779, 1973. DOI: 10.1016/0004-6981(73)90140-6 Acesso em: 07 jan. 2020.



OKE, T. R. The Distinction Between Canopy and Boundary - Layer Urban Heat Islands. **Atmosphere**, v. 14, n. 4, p. 268-27, 1976. <https://doi.org/10.1080/00046973.1976.9648422> Acesso em: 07 jan. 2020.

OKE, T. R. The energetic basis of the urban heat island **Quarterly journal of the royal meteorological society**, v. 108, p. 1–24, 1982. <https://doi.org/10.1002/qj.49710845502>. Acesso em: 07 jan. 2020.

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

PAULEIT, S.; DUHME, F. Assessing the environmental performance of land cover types for urban planning. **Landscape and Urban Planning**, v. 52, n. 1, p. 1-20, 2000. DOI: [10.1016/S0169-2046\(00\)00109-2](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(00)00109-2) Acesso em: 12 mar. 2020.

PMVA – Programa Município VerdeAzul. 2020. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/verdeazuldigital/o-projeto/> Acesso em: 18 jan. 2020.

PRADELLA, D. Z. A.; SILVA, J. W. F.; NISI, T. C. C. **Cadernos de Educação Ambiental: Arborização Urbana**. 21. ed. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo - Secretaria do Meio Ambiente, 2015. 205 f. Disponível em: <https://smastr16.blob.core.windows.net/cea/2016/07/21-Caderno-educacao-ambiental-Arborizacao.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2020.

PRIMAVESI, O.; ARZABE, C.; PEDREIRA, M. S. **Aquecimento global e mudanças climáticas: uma visão integrada tropical**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2007. 213 p.

PRIORI JR., L. Mudanças climáticas e possíveis impactos nas cidades costeiras do nordeste brasileiro. XV Encontro da ANPUR – Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional – ENAMPUR, **Anais...** Recife, v. 15, n. 1, 2013. Disponível em: <http://anais.anpur.org.br/index.php/anaisenapur/article/view/248/240>. Acesso em: 15 fev. 2020.

RIBEIRO, S. K.; SANTOS, A. S. **PBMC, 2016: Mudanças Climáticas e Cidades. Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas.** PBMC, COPPE - UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil, 2016. 116 p. Disponível em: [http://www.pbmc.coppe.ufrj.br/documentos/Relatorio\\_UM\\_v10-2017-1.pdf](http://www.pbmc.coppe.ufrj.br/documentos/Relatorio_UM_v10-2017-1.pdf). Acesso em: 15 fev. 2020.

ROSSETTI, A. I. N.; PELLEGRINO, P. R. M. e TAVARES, A. R. As Árvores e Suas Interfaces no Meio Urbano. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba/SP, v. 5, n. 1, p. 1-24, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/revsbau.v5i1.66231> Acesso em: 17 jan. 2020.

SÃO PAULO. **Lei n.º 13.580, de 24 de julho de 2009.** Institui o Programa Permanente de Ampliação das Áreas Verdes Arborizadas Urbanas, e dá outras providências. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2009/lei-13580-24.07.2009.html> Acesso em: 15 fev. 2020.

SÃO PAULO. **Resolução SMA n.º 33, de 28 de março de 2018.** Estabelece procedimentos operacionais e os parâmetros de avaliação da Qualificação para a Certificação e Certificação no âmbito do Programa Município VerdeAzul. Publicada no DOE de 29-03-2018, Seção I, p. 68-72, 2018. Disponível em: <https://smastr16.blob.core.windows.net/legislacao/2018/03/resolucao-sma-033-2018-processo-1009-2013-programa-municipio-verde-azul-2018.pdf> Acesso em: 15 fev. 2020.

SHASHUA-BAR, L.; HOFFMAN, M. E. Vegetation as a Climatic Component in the Design of an Urban Street: An Empirical Model for Predicting the Cooling Effect of Urban Green Areas with Trees. **Energy and Buildings**, v. 31, n. 3, p. 221-235, 2000. Disponível em: <https://www.coolrooftoolkit.org/wp-content/uploads/2012/04/L.-Shashua%C2%81-Bar.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2020.

SMA - Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. **Cadernos de Educação Ambiental: Arborização Urbana**, São Paulo: SMA/CEA, 2015, 1ª edição, 200 p.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ARBORIZAÇÃO URBANA – SBAU. Carta a Londrina e Ibitiporã. **Boletim Informativo**, v. 3, n. 5, p. 3, 1996.

SILVA, C. F. **Caminhos bioclimáticos: desempenho ambiental de vias públicas na cidade de Teresina/PI**. 140 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2009. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/3869>. Acesso em: 24 mar. 2020.

SILVA, I. M. da. **Efeitos do uso e cobertura do solo sobre o conforto higrotérmico**. 2012. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012. DOI:10.11606/D.11.2012.tde-30102012-171253. Acesso em: 03 abr. 2020.

SILVA, J. S.; FERREIRA, H. S.; SANTOS, M. O. Considerações Sobre os Estudos em Clima Urbano. **Revista GEAMA**, v. 1, n. 2, 2015. Disponível em: <http://www.journals.ufrpe.br/index.php/geama/article/view/536>. Acesso em: 22 jan. 2020.

SILVA, L. F.; LIMA, A. M. L. P.; SILVA FILHO, D. F. et al. Interceptação da chuva em duas espécies em áreas verdes urbanas. **Cerne**, v. 16, n. 4, p. 547-555, out./dez. 2010. Disponível em: [https://repositorio.usp.br/bitstream/handle/BDPI/14778/art\\_SILVA\\_RAINFALL\\_INTERCEPTION\\_BY\\_TWO\\_ARBOREAL\\_SPECIES\\_IN\\_2010.pdf?sequence=1](https://repositorio.usp.br/bitstream/handle/BDPI/14778/art_SILVA_RAINFALL_INTERCEPTION_BY_TWO_ARBOREAL_SPECIES_IN_2010.pdf?sequence=1). Acesso em: 22 jan. 2020.

SILVA FILHO, D. F. Sombra também gera economia. **Gazeta de Piracicaba**, Piracicaba, 21 set. 2006. Dia da Árvore, p. 9.

SILVA FILHO, D. F.; PIZETTA, P. U. C.; ALMEIDA, J. B. S. A. et al. Banco de Dados Relacional para Cadastro, Avaliação e Manejo da Arborização em Vias Públicas. **Revista Árvore**, v. 26, n. 5, p. 629-642, 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rarv/v26n5/a14v26n5.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2020.

SOUZA, C. M. de; LEITE, L. P.; PERINI, P. et al. A vegetação urbana a serviço do conforto térmico. **Labor e Engenho**, v. 13, p. 1-11, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.20396/labore.v13i0.8654619>. Acesso em: 16 jan. 2020.

SUKOPP, H.; WERNER, P. **Naturaleza em las ciudades**. Madri: MOPT, 1991, 222p.

TAHA, H. Urban climates and heat islands: albedo, evapotranspiration and anthropogenic heat. **Energy and Buildings**, v. 25, n. 2, p. 99-103, 1997. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(96\)00999-1](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(96)00999-1) Acesso em: 02 mar. 2020.

TROWBRIDGE, P. J.; BASSUK, N. L. **Trees in Urban Landscapes: site assessment, design and installation**. Hoboken: Wiley & Sons, 2004. 207 p.

USGS. **USGS Global Visualization Viewer–Landsat 8**. [S.L.], september 2019 Disponível em: <https://www.researchgate.net/.../292931765>. Acesso em: 30 nov. 2019.

VEISSID, N.; PEREIRA, E. B. Estimativa do Albedo Planetário Empregando Dados do Experimento Célula Solar do Satélite Brasileiro SCD2. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 18, n. 1, 2000. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-261X2000000100003>. Acesso em: 12 mar. 2020.

WELLS, N. M. At home with nature: effects of “greenness” on children’s cognitive functioning. **Environment and Behavior**, v. 32, n. 6, p. 775-795, 2000.