

## **A vegetação urbana a serviço do conforto térmico: uma proposta para um bairro metropolitano de São Paulo, Brasil**

DOI: 10.20396/labore.v13i0.8654619

Submetido 11 fev. 2019.

Aceito 23 out. 2019.

Publicado 09 nov. 2019.

**Cleandho Marcos de Souza**

<<https://orcid.org/0000-0003-0860-1882>>

Universidade de São Paulo / São Paulo [SP] Brasil

**Laís Padilha Leite**

<<https://orcid.org/0000-0003-0404-3908>>

Universidade de São Paulo / São Paulo [SP] Brasil

**Priscilla Perini**

<<https://orcid.org/0000-0001-8324-9618>>

Universidade de São Paulo / São Paulo [SP] Brasil

**Laíssa Karmierczak**

<<https://orcid.org/0000-0003-0613-1696>>

Universidade de São Paulo / São Paulo [SP] Brasil

### RESUMO

Cidades têm sido destacadas pela elevada contribuição no aquecimento global, sendo a carência de áreas verdes um dos principais fatores. A vegetação promove melhoria ambiental e auxilia na regulação térmica, sendo assim um elemento importante no planejamento urbanístico. O objetivo desse trabalho é apresentar uma proposta de arborização para um bairro na cidade de São Paulo voltada para melhoria térmica. Foi medido o índice de cobertura vegetal do bairro e então foi proposto um projeto de arborização que aumentasse a cobertura vegetal da área. Como resultados, foi verificado 18% de índice de cobertura vegetal atual. O projeto de aumento de cobertura vegetal utilizou áreas públicas livres e a criação de novos espaços com a mudança da dinâmica da mobilidade do bairro. Utilizou-se espécies de diferentes estágios sucessionais para garantir o sombreamento das superfícies pavimentadas e conforto térmico em curto, médio e longo prazo. A proposta atingiu mais que o dobro (37%) da cobertura vegetal do bairro em relação ao atual. Outros trabalhos demonstram que o aumento da vegetação auxilia na redução da temperatura local e têm utilizado essa abordagem para o planejamento urbanístico. Conclui-se que a arborização urbana é uma estratégia funcional para melhorar o conforto térmico em áreas urbanas.

### PALAVRAS-CHAVE

Projeto de arborização de cidades. Cobertura vegetal. Temperatura local. Infraestrutura verde. Ilha de calor. Sucessão ecológica urbana.

### **The urban vegetation as thermal comfort service: a proposal for a metropolitan neighborhood in Sao Paulo, Brazil**

### ABSTRACT

Cities have been highlighted for its contribution to global warming whereas the lack of green areas is one of the main factors. Vegetation promotes environmental improvement and supports local thermal control, therefore, greening projects are important for urban planning. This project aims to present an urban forestation proposal for a neighborhood in Sao Paulo metropolitan region, Brazil focusing on thermal amelioration. Our methods involved green cover index measurement using geoprocessing tools and an urban forestation project proposal using mapping and drawing tools to increase the green cover area. As results, the area presented 18% of vegetation cover by the study time. The urban forestation planning utilized free public spaces and proposed new spaces throughout mobility changes. They were used tree species from a range of successional ecological stages to promote shading for paved surfaces over time. Tree allocation planning reached 37% of green cover, more than doubling the present green cover area in a homogeneous and well-distributed way. Other researches have been addressing the use of urban forestation process as an important approach for urban planning regarding local temperature mitigation. We conclude that forestation as urban green planning is a functional approach to address climate regulation in urban areas.

### KEYWORD

City forestation planning. Vegetation cover. Local temperature. Green infrastructure. Heat island. Urban ecological succession.

## 1. Introdução

Reconhecidas como um dos possíveis ecossistemas mais influentes da Terra, as cidades impactam diretamente seus habitantes e indiretamente outros ecossistemas por meio de várias atividades (Schatz & Kucharik, 2014). O Centro Regional de Informações das Nações Unidas (2018) apontou que 54% da população mundial vive em zonas urbanas e a expansão desses territórios provocam alterações, dentre elas os efeitos climáticos. O relatório AR5 divulgado pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, na sigla em inglês) revelou que o aquecimento global nos últimos 50 anos já é comprovado e pode ser atribuído principalmente às interferências humanas (Marengo, 2014).

A mudança de temperatura é um dos aspectos mais perceptíveis em regiões metropolitanas pelo mundo e geram efeitos como as ilhas de calor. O efeito da ilha de calor é definido como a característica mais evidente do clima urbano, provocando alterações no fluxo energético dos sistemas ecológicos urbanos (Yang, Qian, Song, & Zheng, 2016). Dentre as medidas para a amenização destes impactos estão a otimização da paisagem urbana com a implementação de áreas verdes (Yang et al., 2016).

Um estudo desenvolvido no departamento de Ciências Atmosféricas do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (IAG USP) revelou que, em um intervalo de quase 70 anos (1936 a 2005), a temperatura da Região Metropolitana de São Paulo aumentou 2,1°C caracterizando o efeito de ilhas de calor (Gartland, 2008). Dentre as causas diversas para o efeito das ilhas de calor, o principal aspecto é a baixa presença ou a total ausência de vegetação em muitas áreas na cidade de São Paulo (Barros & Lombardo, 2016).

Quando devidamente planejado em prol da qualidade ambiental das cidades, o sistema de vegetação reduz de forma significativa as ilhas de calor através do sombreamento e do processo de evapotranspiração (Livesley, McPherson, & Calfapietra, 2016). Ao promover sombra para edifícios, pavimentos e pessoas, as árvores reduzem o consumo de energia, mantêm as pessoas protegidas dos raios ultravioletas, oferecem sensação de frescor e evitam o excesso de armazenamento de energia térmica pelos materiais (Gartland, 2008). Estudos comprovam também que a temperatura do ar é amenizada por meio da evapotranspiração da vegetação (Ballinas & Barradas, 2016). Nesse processo, a vegetação utiliza a energia solar para evaporação da água, oferecendo benefícios de resfriamento para a área onde atua.

Diversos estudos em cidades pelo mundo têm comprovado os benefícios que a vegetação proporciona quando integrada no planejamento urbano. Diante do papel que as áreas verdes desempenham, instâncias públicas, comunitárias e privadas de cidades recentemente têm integrado esses componentes naturais, considerando-os como estratégias do planejamento urbano em prol da composição de uma infraestrutura verde (Benedict & McMahon, 2006). Em Sacramento (Califórnia/EUA) e Phoenix (Arizona/EUA), por exemplo, o aumento de 25% no número de árvores em zonas residenciais, o equivalente a três árvores por casa, proporcionou uma redução entre 3,3°C e 5,6°C na temperatura média do ar durante o verão (Akbari, 1992). Outra pesquisa relatou que nos subúrbios de Sacramento a temperatura média do ar sob a folhagem arbórea era de 1,7°C a 3,3°C menor quando comparada a regiões sem árvores (Taha, Akbari, & Rosenfeld, 1989). Portanto, 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.

Um outro aspecto importante para o planejamento da vegetação em áreas urbanas é o monitoramento da vegetação. Recentemente, um laboratório de pesquisa chamado Senseable City Lab do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT) localizado em Cambridge, Estados Unidos, desenvolveu o método Green View Index (Índice de Visão Verde) que trata da quantificação da copa das árvores presentes nas ruas (Li, Zhang, Li, Ricard, & Meng, 2015). No estudo por Li e colaboradores (2015), a cidade estudada com maior percentual de cobertura vegetal foi a cidade de Tampa (Flórida/EUA) com 36,1% enquanto a cidade de São Paulo apresentou um índice de vegetação de apenas 11,7% (MIT Senseable Lab, 2017). Dessa forma, o monitoramento é importante para saber o estado atual dos locais e decidir quais áreas necessitam prioritariamente de ações projetuais e de planejamento.

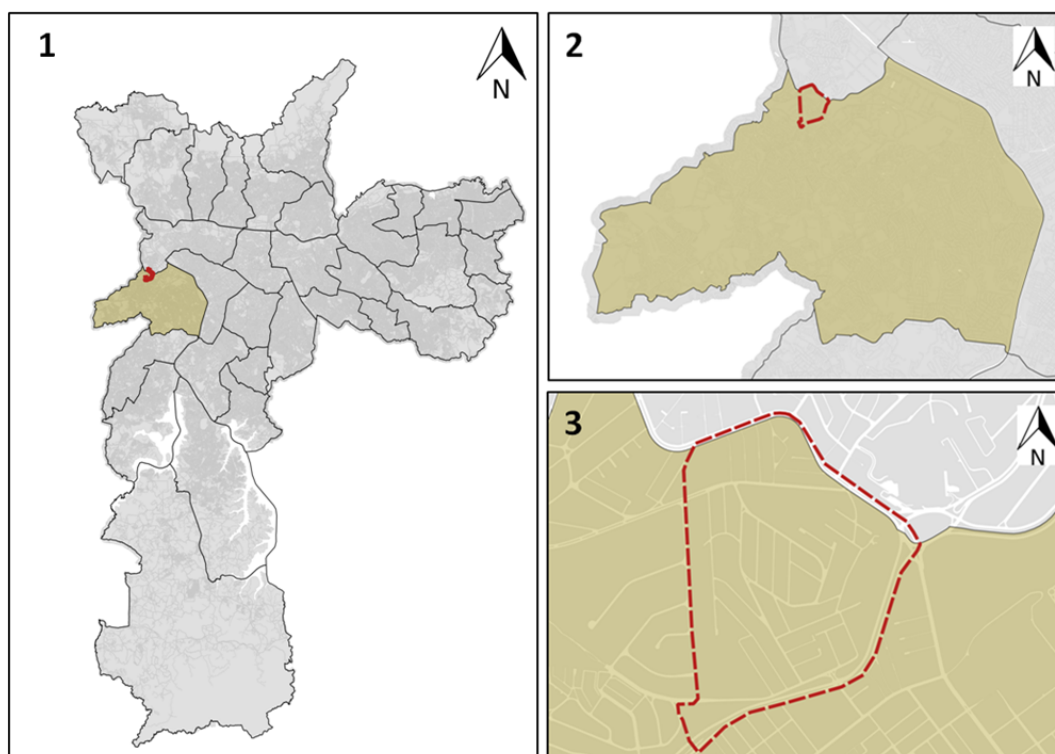
Diante da carência de cobertura vegetal e problemáticas relacionadas ao fenômeno de ilha de calor na cidade de São Paulo, o presente trabalho apresenta diretrizes voltadas à melhoria da cobertura vegetal em uma área localizada no Bairro Cidade São Francisco, no distrito do Butantã. O estudo tem a intenção de demonstrar a implementação de composições vegetais da área de forma que se integrem à infraestrutura da cidade, desempenhando funções ambientais e sociais de extrema importância para a comunidade local. O projeto apresenta como principais objetivos atingir o percentual de 30% de cobertura vegetada, melhorar a

distribuição da vegetação existente e propor novas composições arbóreas, criando uma identidade paisagística e melhorando o conforto térmico, especialmente nas áreas mais áridas.

## 2. Métodos e materiais

### 2.1. LOCAL DE ESTUDO

A área de estudo é um recorte do bairro Cidade São Francisco, localizado na subprefeitura do Butantã, zona oeste do município de São Paulo (Figura 1). A densidade demográfica é predominantemente baixa (92 hab/ha) em uma área total de 59,8288 ha. A área foi selecionada devido a um processo jurídico junto ao município de São Paulo por parte da associação dos moradores do bairro, onde a região sofria pressões para a ocupação das praças e adensamento pelo mercado imobiliário. Trata-se de uma região predominante de uso residencial, formada por três praças públicas e com estabelecimentos comerciais e de serviços localizados nas regiões próximas às vias de grande fluxo que circundam a área: Avenida Corifeu de Azevedo Marques, Rua Dr. Cândido Mota Filho e Rua José Franco Silva. O clima do local é do tipo Cwa segundo a categorização de Köppen (Alvares, Stape, Sentelhas, De Moraes Gonçalves, & Sparovek, 2013), sendo subtropical úmido com inverno seco e verão chuvoso, com temperatura média anual de 23°C e volume de precipitação superior a 1300 mm por ano, concentrado majoritariamente no verão.



**Figura 1.** Localização da área de estudo. (1) Município de São Paulo (São Paulo, Brasil) com destaque para (2) subprefeitura do Butantã. A área de estudo está delimitada em 3. Fonte: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (MDC) / Prefeitura de São Paulo (2018) com modificação dos autores.

### 2.2. QUANTIFICAÇÃO DA ÁREA DE COBERTURA VEGETAL

A cobertura vegetal existente na área foi mapeada utilizando fotos aéreas, visitas de campo e verificação através da ferramenta Google Street View. Para a medição do índice de cobertura vegetal foi utilizado software de georreferenciamento (QGIS) seguindo os critérios de somatório de áreas com cobertura de dossel arbóreo, áreas vegetadas sobre laje, áreas gramadas e com vegetação herbácea de forma análoga aos métodos apresentados em outros trabalhos (Li et al., 2015; Seiferling, Naik, Ratti, & Proulx, 2017). A contabilização incluiu espaços públicos e privados.

### 2.3. SELEÇÃO DE ÁREAS DE PARA PLANEJAMENTO DE PLANTIO

Para o plantio de novas árvores, foram selecionadas apenas áreas públicas como canteiros centrais de vias de circulação de veículos, calçadas e praças. Adicionalmente, foi proposto a conversão de áreas excedentes utilizadas para circulação de veículos em canteiros para plantio de vegetação. Nestes novos espaços, foram consideradas a proposição de tipologias de infraestrutura verde como canteiros pluviais, células de

biorretenção e biovaletas (vide Bonzi, 2015 para descrição detalhada das tipologias) aliando o plantio de vegetação, melhoria da drenagem urbana e tratamento de poluição difusa em nível local. As áreas de plantio foram então delimitadas utilizando software de desenho (AutoCAD).

## 2.4. CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DE ESPÉCIES E ESQUEMAS DE PLANTIO

A escolha das espécies para o projeto de arborização urbana da área baseou-se nos critérios do Departamento de Parques e Áreas Verdes (DEPAVE) da Secretaria do Verde e Meio Ambiente (SVMA) do município de São Paulo (São Paulo, 2011) e da Prefeitura Municipal de São Paulo (São Paulo, 2015). Foram consideradas para o projeto árvores nativas de grande porte, com copa larga e com características favoráveis para a arborização urbana (i.e. com frutos secos e/ou leves, ausência de espinhos e com raízes profundas para evitar danos em calçamentos) (São Paulo, 2015).

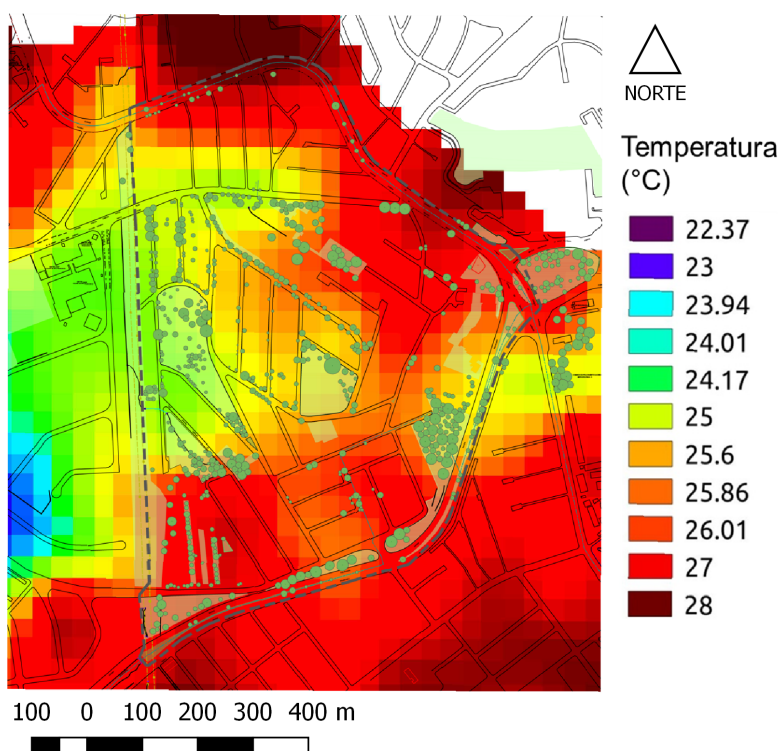
Adicionalmente, as espécies selecionadas apresentam categorias sucessionais distribuídas entre pioneiras, secundárias e clímax. As espécies pioneiras apresentam grande tolerância à radiação solar direta, crescem rapidamente e promovem sombreamento em curto prazo (Kageyama & Castro, 1989). As espécies secundárias possuem maior longevidade, geralmente com copas mais densas e porte maior que as espécies pioneiras, garantindo sombreamento amplo a médio prazo (Kageyama & Castro, 1989). As espécies clímax possuem desenvolvimento lento, com ciclo de vida longo (acima de 100 anos) e apresentam o maior porte dentre as três categorias sucessionais, garantindo maior prestação de serviços ecossistêmicos a longo prazo (Silva, Zorzaneli, Moreau, Abreu, & Kunz, 2017). O planejamento e detalhamento do plantio das espécies em cada categoria ao longo da área de estudo será apresentado na sessão de resultados.

Baseado nas características sucessionais distintas, o esquema de plantio em vias teve como finalidade garantir sombreamento parcial a curto prazo através do uso de espécies pioneiras com a formação de um dossel de maior densidade e sombreamento em médio e longo prazo por meio das espécies secundárias. O posicionamento e distribuição das árvores com diferentes estágios sucessionais levou em consideração a largura das ruas e presença de canteiro central existente ou proposto. Nas praças e em outras áreas amplas foi priorizado o plantio de espécies clímax associadas a espécies secundárias.

## 3. Resultados

Os resultados obtidos durante o estudo envolvem mapeamento e mensurações da cobertura vegetal da área atual e proposições de plantio através de projeto.

### 3.1. ÍNDICE DE VEGETAÇÃO E MAPA TÉRMICO LOCAL



A área apresentou o percentual de 18% de cobertura vegetal (aproximadamente 10,7691 ha). A vegetação se encontra distribuída de forma heterogênea, com adensamentos localizados principalmente em praças, no interior de condomínios, em terrenos vagos e em algumas ruas a centro-norte e noroeste próximo à Rua Dr. Candido Mota Filho conforme apresentado no mapeamento da Figura 2.

**Figura 2.** Sobreposição de mapa térmico e mapa de cobertura vegetal. A área de estudo está delimitada pelo traçado preto. As superfícies com cobertura gramada estão representadas em verde claro e as superfícies com cobertura de dossel arbóreo estão representadas por círculos verdes. A graduação de cores em pixels do mapa térmico indica a temperatura ao longo da área de estudo. Fonte: Mapa térmico cedido por Amanda Fruehauf, 2018 e edição dos autores.

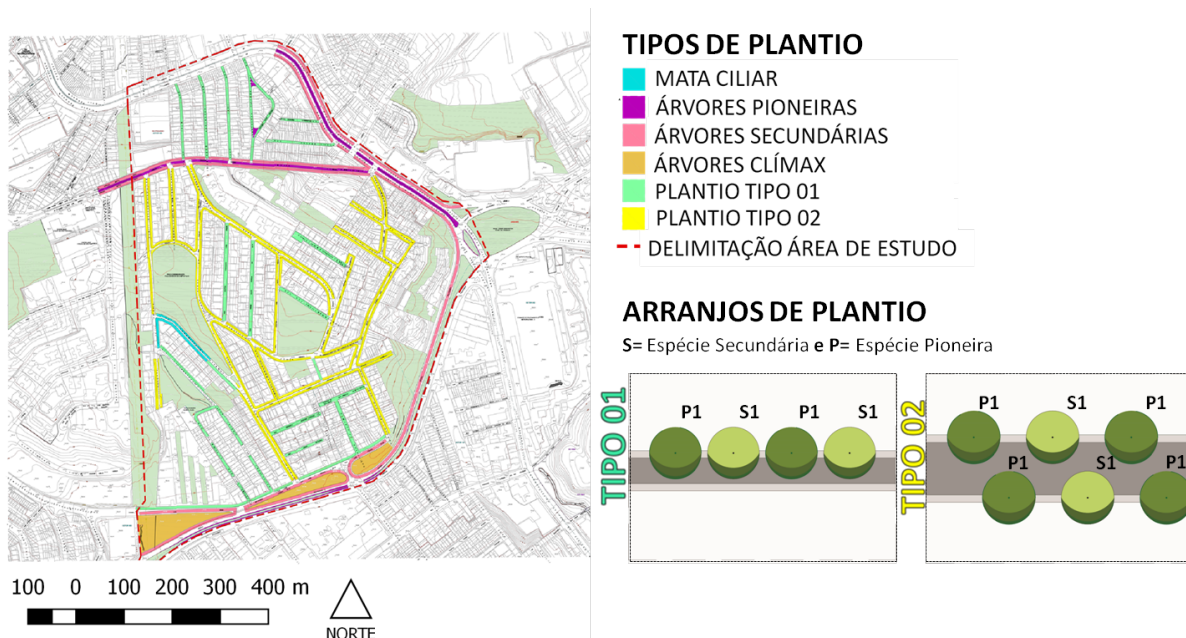
## 3.2. POSICIONAMENTO DAS ÁRVORES E PADRÕES DE PLANTIO

De maneira a garantir um planejamento de arborização urbana que cobrisse as áreas pavimentadas e promovesse o sombreamento em curto espaço de tempo, foram considerados diferentes modelos de plantio conforme Figura 3. Esses modelos de plantio incluem a utilização composta de espécies de estágio sucessional pioneiro e secundário em ruas e avenidas e incluem espécies clímax em áreas amplas como praças e rotatórias.

Nas ruas estreitas (i.e. menor que 7 metros) foi utilizado o plantio denominado tipo 1, caracterizado pela alternância de espécies pioneiras e secundárias em linha em um dos lados da via. O plantio tipo 2 planejado para ruas de médio porte (entre 7 e 10 m), é caracterizado pela alternância entre espécies pioneiras e secundárias, as quais foram implantadas no projeto seguindo o padrão da triangulação com fileiras em ambos os lados da via. Pelo porte das vias, os modelos de plantio tipo 1 e 2 são capazes de promover sombreamento do pavimento asfaltado e calçada de forma concomitante, aliando a promoção de sombreamento a curto prazo através das espécies pioneiras e com cobertura mais densa e ampla em médio e longo prazo com as espécies secundárias.

Nas vias mais largas (acima de 10 m) foi planejado plantio de espécies pioneiras no canteiro central existente ou a ser criado, garantindo sombreamento em curto prazo, enquanto no calçamento das laterais da via foi planejado o plantio de espécies secundárias, que oferecem maior sombreamento em médio prazo. Nesse tipo de via, as espécies pioneiras promoverão o sombreamento da superfície asfaltada que possui menor albedo (i.e. com coeficiente de reflexão entre de 0,04 e 0,12 para asfalto novo e antigo respectivamente (Pon, 1999)) em ambos os lados. As espécies secundárias oferecerão consecutivamente maior conforto térmico aos pedestres a médio prazo e ampliação do sombreamento da área pavimentada. Esse sistema também foi planejado considerando a manutenção das espécies pioneiras em um intervalo entre 30 e 50 anos, podendo ser substituídas ao longo do tempo por espécies pioneiras ou secundárias, dado que as laterais já estarão oferecendo sombreamento amplo no momento futuro.

Em áreas alagadas, brejosas ou com predominância de água na maior parte do ano, como é o caso da região centro-oeste da área de estudo (delimitação azul da Figura 3), foram consideradas espécies arbóreas e herbáceas apropriadas para ambientes encharcados (Tabela 1). Esse padrão de plantio favorece o aumento do frescor local associando corpos hídricos pela evaporação com a evapotranspiração da vegetação.



**Figura 3.** Localização dos tipos de plantio na área de estudo e arranjo das árvores em vista aérea. Mata ciliar indica o local para plantio de espécies tolerantes à alagados, próximo a cursos de água ou regiões paludosas. Pioneiras, secundárias e clímax indicam locais planejados para o plantio de árvores em cada uma dessas categorias. Em detalhe, esquema de plantio tipo 01 com alternância entre espécies pioneiras e secundárias alinhadas em um mesmo lado da rua e plantio tipo 02 com triangulação entre espécies pioneiras e secundárias em ambos os lados da rua, formando duas linhas de vegetação. Fonte: Produção dos autores.

**Tabela 1.** Relação de espécies indicadas para plantio em ambientes alagados. São apresentadas espécies de porte arbóreo (A) e herbáceo (H) tolerantes e/ou específicas de áreas paludosas. Fonte: Departamento de Parques e Áreas Verdes (DEPAVE) e Pinheiro (2017) com compilação dos autores.

Nome popular	Nome científico	Família	Porte
Açoita-cavalo	<i>Luebea divaricate</i> Mart.	MALVACEAE	A
Faveiro	<i>Peltophorumdubium</i> (Spreng.) Taub.	FABACEAE	A
Guarantã	<i>Esenbeckia leiocarpa</i> Engl.	RUTACEAE	A
Jequitibá-branco	<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze	LECYTHIDACEAE	A
Louro-pardo	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arrab. Ex Steud.	BORAGINACEAE	A
Marinheiro	<i>Gnarea guidonia</i> (L.) Sleumer	MELIACEAE	A
Sacambu	<i>Platymiscium floribundum</i> Vogel	FABACEAE	A
Saraguagi	<i>Colubrina glandulosa</i> (Perkins)	RHAMNACEAE	A
Cana-de-macaco	<i>Costus spiralis</i> (Jacq.) Roscoe	COSTACEAE	H
Filodendro	<i>Philodendron renauxii</i> Reitz	ARACEAE	H
Heliconia-papagaio	<i>Heliconia psittacorum</i> L. f.	MUSACEAE	H
Papiro-brasileiro	<i>Cyperus giganteus</i> Vahl	CYPERACEAE	H
Taboa	<i>Typha</i> spp	TYPHACEAE	H
Vedélia	<i>Wedelia paludosa</i> DC.	ASTERACEAE	H

Uma seleção de espécies recomendadas para utilização no projeto de arborização urbana é apresentada na Tabela 2, com base nos critérios estabelecidos pelo Departamento de Parques e Áreas Verdes (DEPAVE) e pelo Manual de Arborização Urbana do município de São Paulo. Priorizou-se espécies nativas indicadas para zona urbana, que atingem grandes alturas e com copa de diâmetro largo de forma a garantir amplo sombreamento na área e consequentemente diminuir a temperatura local. Com relação à seleção de espécies feita, têm-se como valores máximos a altura de 60 m e diâmetro de copa de 25 m. Como valores mínimos de cobertura de altura e copa têm-se 10 m e 6 m, respectivamente (Ver Tabela 2). Dentro do aspecto do porte das árvores, é considerada como uma premissa do projeto a criação de um sistema subterrâneo de distribuição elétrica, que permita o desenvolvimento da vegetação de forma natural, evitando podas agressivas que danifiquem a estrutura da copa e problemas de interrompimento de energia em casos excepcionais de queda de galhos, comuns em períodos de chuva intensa.

**Tabela 2.** Relação de espécies selecionadas para o projeto de arborização urbana da área. É indicado o estágio sucessional (ES) como pioneira (P), secundária (S) e clímax (S). Diâmetro máximo da copa (DMC) e altura máxima (AM) são apresentados em metros. Asteriscos (\*) indicam espécies citadas na tabela 1 indicadas também para áreas alagáveis. Fonte: Departamento de Parques e Áreas Verdes (DEPAVE) com compilação dos autores.

Nome popular	Nome científico	Família	ES	DMC (m)	AM (m)
Açoita-cavalo*	<i>Luebea divaricate</i> Mart.	MALVACEAE	P	15	30
Angelim-Doce	<i>Andira fraxinifolia</i> Benth.	ANACARDIACEAE	C	10	18
Copaíba	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	FABACEAE	S	10	35
Faveiro*	<i>Peltophorumdubium</i> (Spreng.) Taub.	FABACEAE	P	12	35
Guarantã*	<i>Esenbeckia leiocarpa</i> Engl.	RUTACEAE	C	6	30
Jangada-brava	<i>Heliocarpus popayanensis</i> Kunth.	MALVACEAE	P	12	30
Louro-pardo *	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arrab. ex Steud.	BORAGINACEAE	P	6	35
Marinheiro*	<i>Gnarea guidonia</i> (L.) Sleumer	MELIACEAE	S	7	20
Paineira	<i>Ceiba speciosa</i> (A.St.-Hil.) Ravenna	MALVACEAE	S	15	30
Sacambu*	<i>Platymiscium floribundum</i> Vogel	FABACEAE	S	9	21

Saraguagi*	<i>Colubrina glandulosa</i> (Perkins)	RHAMNACEAE	S	10	25
Tamanqueira	<i>Pera glabrata</i> (Schott) Poepp. ex Baill.	PERACEAE	P	12	10

Cada rua de pequeno e médio porte receberá diversos exemplares em pares formados por uma espécie pioneira e uma espécie secundária dentre as apresentadas na Tabela 2 com a finalidade de criar uma identidade paisagística. Com a escolha dos pares, é possível formar conformações uniformes na escala da rua, porém diversas na escala do bairro. Esse tipo de composição paisagística cria um senso de apropriação e identidade por parte dos moradores e que quando associada às mudanças ao longo das estações, como floração e frutificação, incrementam o apelo estético das ruas. Concomitantemente, a diferenciação dos pares de espécies entre as ruas garante um aumento da biodiversidade dentro do bairro, melhorando as chances de utilização da vegetação por espécies representantes da fauna.

Após a determinação de critérios quanto ao posicionamento das árvores, padrões de plantios e escolha das espécies a serem utilizadas no projeto, realizou-se a implantação de toda vegetação no território, conformando uma área de cobertura arbórea de 37,37% (aproximadamente 22,358 ha) distribuída de forma ampla e homogênea em toda a área delimitada, mais do que dobrando a área de cobertura vegetal atualmente presente no bairro (18%, 10,7691 ha) (ver Figura 4).



**Figura 4.** Planta baixa com a distribuição das árvores ao longo da área de estudo seguida de fotos da área com simulações após a arborização. As letras de A a D indicam a localização das fotos e simulações apresentadas na parte inferior da figura. Fonte: Produção dos autores.

## 4. Discussão

Com a proposta de planejamento arbóreo para o bairro Cidade São Francisco, a cobertura vegetal deixaria de ter os 18% atuais e passaria para 37,37%, mais do que dobrando área arborizada e atingindo o objetivo proposto. Adicionalmente, o percentual de arborização de 37,37% para a área de estudo ultrapassaria o índice de cobertura vegetal da cidade de Tampa (Flórida/EUA) mensurado em 36,1% (Li et al., 2015), com a ressalva de que as escalas de projeto são diferentes, sendo Tampa uma cidade de 45.381 ha e a área de estudo possui 59 ha. O percentual comparativo entre Tampa e a área de estudo indica que o conceito de planejamento arbóreo e infraestrutura verde em regiões metropolitanas conseguem aumentar significativamente a cobertura vegetal. A proposta de planejamento também promoveu uma distribuição mais ampla e homogênea em toda a área de estudo, cobrindo inclusive áreas antes áridas e sem árvores (vide mapas nas figuras 2 e 4 para comparação). Com base na proposta de arborização para o bairro, seria possível diminuir a temperatura geral, criando ilhas de frescor em diversos pontos.

### 4.1. EFEITO DA ARBORIZAÇÃO NA TEMPERATURA

O percentual de 37,37% atingido com o planejamento de plantio arbóreo gera inúmeros benefícios para o bairro, dentre os quais destaca-se primeiramente as implicações com relação ao conforto térmico. Grey e Deneke (1978) e Schubert (1979) afirmam que embora uma árvore sozinha não afete uma área em termos climáticos, um grupo de árvores ou uma grande quantidade de árvores espalhadas podem ser muito eficientes na melhoria climática contribuindo para o conforto humano. A folhagem da vegetação intercepta, reflete e absorve radiação solar, de forma a melhorar a temperatura do ar no ambiente urbano (Milano & Dalcin, 2000), bem como dissipa energia térmica através da evapotranspiração. Um estudo comprovou que uma única árvore pode transpirar em média 380 litros de água por dia enquanto que maciços arbóreos ou conjunto de árvores distribuídos ao longo da cidade podem ser muito efetivos na regulação térmica do ar (Grey & Deneke, 1978; Schubert, 1979). Estudos realizados por Lombardo (1990) evidenciam a influência da arborização na temperatura, ao indicar uma diferença térmica de até 10°C entre regiões bem arborizadas na periferia rural e mal arborizadas no centro da cidade de São Paulo. Trowbridge e Bassuk (2004) associam a diminuição da temperatura principalmente pelas árvores e, de acordo com os mesmos autores, as temperaturas de verão podem variar até 6,67°C com a arborização.

### 4.2. BENEFÍCIOS GERAIS DA ARBORIZAÇÃO

O planejamento urbanístico que leva em conta o aumento da arborização além de reduzir a temperatura local, traz diversos benefícios associados, como a economia de energia e bem-estar. Com o aumento da temperatura global, é predito através de estudos o aumento da demanda energética pelo uso de ar condicionado e sistemas de resfriamento, com alguns estudos apontando para acréscimos de mais de 70% (Isaac & van Vuuren, 2009). Em contrapartida, o aumento da vegetação pode garantir a diminuição da necessidade e dos custos ligados ao resfriamento de ambientes. McPherson e colaboradores (1997) apontam que o aumento de 10% na cobertura vegetal pode diminuir entre 5 e 10% os custos com ar condicionado, a depender do material utilizado nas construções. As áreas verdes urbanas também garantem a diminuição da poluição atmosférica e sonora, melhoria estética e impactos na saúde humana, além de influenciar os campos sociais e econômicos ao oferecer uma ampla gama de serviços e melhorias substanciais no bem-estar comunitário e individual (Locatelli, Arantes, Polizel, Silva-Filho, & Franco, 2018; Milano & Dalcin, 2000). Diante de todos os benefícios já citados, a implementação da vegetação inserida no projeto de arborização urbana na área de estudo, se implementada, desempenhará um papel vital para o bem-estar dos moradores. Com capacidade única de controlar muitos efeitos adversos do meio urbano, a arborização, seguindo o planejamento indicado, contribuirá para a qualidade de vida em prol de toda a comunidade local.

### 4.3. DISTRIBUIÇÃO DA VEGETAÇÃO

Embora a área de estudo já possua uma arborização considerável (18%) quando comparada a outros bairros na cidade de São Paulo como apresentado por Locatelli e colaboradores (2018), não há uma distribuição homogênea como visualizado na Figura 2, com diversas ruas com pouca ou nenhuma árvore. É natural que a cobertura vegetal não seja equitativa entre todas as áreas da cidade e mesmo dentro de um mesmo bairro é possível perceber diferenças, porém a proposta de melhoria da distribuição da cobertura arbórea de toda a área de estudo e implementação de vegetação em áreas áridas garante a eficiência nos benefícios em nível regional. Maciços vegetais conseguem criar zonas de ilhas de frescor, como o apresentado por Barros e Lombardo (2016). Em contrapartida, no trabalho realizado por Armson e colegas (2012) foi demonstrado que o sombreamento da copa das árvores garante benefícios maiores quando analisados em escala local ou microclimática, sendo que a sombra garante uma redução muito mais significativa na superfície logo abaixo da área coberta do



que em seu efeito global. O fato de que o sombreamento local traz benefícios mais significativos e diretos é um argumento a favor do aumento da distribuição da vegetação ao longo de todo o bairro e que deveria ser incluído até mesmo para as áreas privadas e não ser apenas delegado à presença de parques, praças e áreas públicas no geral. É importante também considerar que os modelos de ocupação das cidades que privilegiam apenas os veículos devem ser revistos de forma a permitir uma arborização urbana massiva e integrada à malha viária, aumentando o sombreamento de superfícies pavimentadas.

#### 4.4. IDENTIDADE PAISAGÍSTICA DAS RUAS E DO BAIRRO

O projeto da paisagem urbana também possui importantes elementos de identidade pelos moradores com as áreas naturais e composições paisagísticas que criam uma sensação de pertencimento. Exemplos do senso de identificação ligados aos elementos naturais da paisagem urbana podem ser vistos na capital do Rio de Janeiro na relação das pessoas com a praia relatado no trabalho de Andreatta e colaboradores (2009) e em Teresina, Piauí quanto a ligação com os parques no trabalho de Lopes e colaboradores (2014). Lopes (2014) aponta que as áreas verdes promovem não apenas benefícios ambientais, mas criam valores de referência para a população. Outro estudo aponta que os moradores valorizam mais a vizinhança de acordo com a qualidade dos espaços verdes, criando relação de vínculo e pertencimento (Burgess, Harrison, & Limb, 1988). O planejamento do plantio arbóreo no bairro Cidade São Francisco teve a estética paisagística como diretriz-chave, pensando na criação de uma identidade por parte dos moradores, o que auxiliaria em relação a manutenção, valorização e percepção dos benefícios associados, mesmo quando em detrimento de ceder espaço dos carros para as árvores.

Um aspecto importante dos trabalhos de Burle Marx é a utilização de espécies regionais (Lopes et al., 2014), que também foi considerado para o presente projeto. O projeto usa como base as diretrizes do DEPAVE e do manual de arborização urbana da cidade de São Paulo (São Paulo, 2015), bem como a perspectiva ecológica de sucessão das espécies (Silva et al., 2017). O enriquecimento da biodiversidade da área e o aumento da complexidade ecológica favorecem o ambiente dentro de um planejamento de infraestrutura verde que visa criar redes interconectadas de áreas vegetadas. Dessa forma, percebe-se que é possível aliar benefícios múltiplos como a melhoria ambiental, térmica e estética dentro do planejamento da vegetação.

## 5. Conclusão

Concluimos com o presente trabalho que o mapeamento da vegetação em áreas urbanas é essencial para verificarmos o estado atual e propormos melhorias no planejamento. A utilização de princípios sucessionais para espécies arbóreas pode garantir cobertura vegetal a curto prazo e melhorias e adensamento a médio e longo prazo com espécies de desenvolvimento mais longos. É possível através do mapeamento das áreas livres e da revisão dos espaços públicos e das vias de circulação ampliar áreas de plantio, garantindo assim melhoria do conforto térmico. Finalmente, o trabalho apresentou uma perspectiva de que o aumento da vegetação pode gerar uma diminuição da temperatura local e amenizar o impacto gerado pelo fenômeno de ilha de calor.

#### 5.1. AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos pesquisadores Prof. Dr. Paulo Renato Mesquita Pellegrino e a Profa. Dra. Magda Adelaide Lombardo pelas valiosas sugestões e direcionamentos ao longo da pesquisa. Agradecemos a Associação dos Moradores do Bairro Cidade São Francisco pelas informações e contribuições para o desenvolvimento do trabalho. Agradecemos a Amanda Lombardo Fruehauf pela contribuição referente ao mapa termal.

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

## 6. Referências

- Akbari, H. (1992). *Cooling our Communities. A Guidebook on Tree Planting and Light-Colored Surfacing*. (H. Akbari, S. Davis, S. Dorsano, J. Huang, & S. Winnett, Orgs.). Washington, D.C.: U.S. Environmental Protection Agency. Recuperado de <https://escholarship.org/uc/item/98z8p10x>
- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., De Moraes Gonçalves, J. L., & Sparovek, G. (2013). Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711-728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Andreatta, V., Chiavari, M., & Rego, H. O. (2009). Rio de Janeiro e a sua orla: história, projetos e identidade carioca. *Coleção Estudos Cariocas*, 12(1), 1-16. Recuperado de [http://portalgeo.rio.rj.gov.br/estudoscariocas/download/2418\\_O Rio de Janeiro e sua orla.pdf](http://portalgeo.rio.rj.gov.br/estudoscariocas/download/2418_O%20Rio%20de%20Janeiro%20e%20sua%20orla.pdf)

- Armson, D., Stringer, P., & Ennos, A. R. (2012). The effect of tree shade and grass on surface and globe temperatures in an urban area. *Urban Forestry & Urban Greening*, 11(3), 245-255. <https://doi.org/10.1016/J.UFUG.2012.05.002>
- Ballinas, M., & Barradas, V. L. (2016). The Urban Tree as a Tool to Mitigate the Urban Heat Island in Mexico City: A Simple Phenomenological Model. *Journal of Environment Quality*, 45(1), 157. <https://doi.org/10.2134/jeq2015.01.0056>
- Barros, H. R., & Lombardo, M. A. (2016). A ilha de calor urbana e o uso e cobertura do solo em São Paulo-SP. *Geosp – Espaço e Tempo*, 20(1), 160–177. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2009.00583.x>
- Benedict, M. A., & McMahon, E. T. (2006). *Green Infrastructure - Linking Landscapes and Communities*. Washington, D.C.: Island Press.
- Bonzi, R. S. (2015). O Zoneamento Ambiental Geomorfológico como Método para Planejar a Infraestrutura Verde em Áreas Densamente Urbanizadas. *Revista Labverde*, 10, 62-82.
- Burgess, J., Harrison, C. M., & Limb, M. (1988). People, Parks and the Urban Green: A Study of Popular Meanings and Values for Open Spaces in the City. *Urban Studies*, 25(6), 455-473. <https://doi.org/10.1080/00420988820080631>
- Centro Regional de Informação das Nações Unidas. (2018). Relatório da ONU mostra população mundial cada vez mais urbanizada, mais de metade vive em zonas urbanizadas ao que se podem juntar 2,5 mil milhões em 2050. Recuperado 20 de dezembro de 2018, de <https://www.unric.org/pt/actualidade/31537-relatorio-da-onu-mostra-populacao-mundial-cada-vez-mais-urbanizada-mais-de-metade-vive-em-zonas-urbanizadas-ao-que-se-podem-juntar-25-mil-milhoes-em-2050>
- Gartland, L. (2008). *Heat Island — Understanding and mitigating heat in urban areas*. London: Earthscan.
- Grey, G. W., & Deneke, F. J. (1978). *Urban Forestry*. New York: John Wiley.
- Isaac, M., & van Vuuren, D. P. (2009). Modeling global residential sector energy demand for heating and air conditioning in the context of climate change. *Energy Policy*, 37(2), 507-521.
- Kageyama, P. Y., & Castro, C. F. de A. (1989). Sucessão secundária, estrutura genética e plantações de espécies arbóreas nativas. *Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais*, 42, 83-93.
- Li, X., Zhang, C., Li, W., Ricard, R., & Meng, Q. (2015). Assessing street-level urban greenery using Google Street View and a modified green view index. *Urban Forestry & Urban Greening*, 14(3), 675-685. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.06.006>
- Livesley, S. J., McPherson, G. M., & Calafapietra, C. (2016). The Urban Forest and Ecosystem Services: Impacts on Urban Water, Heat, and Pollution Cycles at the Tree, Street, and City Scale. *Journal of Environment Quality*, 45(1), 119. <https://doi.org/10.2134/jeq2015.11.0567>
- Locatelli, M. M., Arantes, B. L., Polizel, J. L., Silva-Filho, D. F. da, & Franco, M. de A. R. (2018). Panorama atual da cobertura arbórea da cidade de São Paulo. *Revista Labverde*, 9(1), 29-48.
- Lombardo, M. A. (1990). O Processo de Urbanização e a Qualidade Ambiental: Efeitos Adversos do Clima. *Revista Brasileira de Geografia*, 52(4), 161-166.
- Lopes, W., Matos, K., Leal Junior, J., Vieira, G., & Costa, N. (2014). A presença de Roberto Burle Marx na cidade de Teresina, PI. *Cadernos de Arquitetura*, 21(29), 79-101. Recuperado de: <https://doi.org/10.5752/P.23161752.2014v21n29p62>
- Marengo, J. A. (2014). O futuro clima do Brasil. *Revista USP*, (103), 25. Recuperado de: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i103p25-32>
- McPherson, E. G., Nowak, D., Heisler, G., Grimmond, S., Souch, C., Grant, R., & Rowntree, R. (1997). Quantifying urban forest structure, function, and value: the Chicago urban forest project. *Urban Ecosystems*, 1, 49-61. Recuperado de: <https://doi.org/10.1023/A:1014350822458>
- Milano, M. S., & Dalcin, E. C. (2000). *Arborização de vias públicas*. Rio de Janeiro: Light.
- MIT Senseable Lab. (2017). Treepedia. Recuperado 20 de novembro de 2018. Recuperado de: <http://senseable.mit.edu/treepedia>
- Pinheiro, M. B. (2017). *Plantas para Infraestrutura Verde e o Papel da Vegetação no Tratamento das Águas Urbanas de São Paulo: Identificação de Critérios para Seleção de Espécies*. Universidade de São Paulo.

- Pon, B. (1999). Pavement Albedo. Recuperado 20 de novembro de 2018, de Recuperado de: <https://web.archive.org/web/20070829153207/http://eetd.lbl.gov/HeatIsland/Pavements/Albedo/>
- São Paulo. Portaria SVMA N° 61 de 2011, Pub. L. No. N. 61 de 2011, 49 (2011). Secretaria do Verde e Meio Ambiente de São Paulo.
- São Paulo. (2015). *Manual Técnico de Arborização Urbana (3º)*. São Paulo. Recuperado de [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)
- Schatz, J., & Kucharik, C. J. (2014). Seasonality of the urban heat island effect in Madison, Wisconsin. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 53(10), 2371-2386. Recuperado de: <https://doi.org/10.1175/JAMC-D-14-0107.1>
- Schubert, T. H. (1979). *Trees for urban use in Puerto Rico and the Virgin Islands. Institute of Tropical Forestry* (1st ed., Vol. 2). Porto Rico: U.S. Department of Agriculture. Recuperado de: <https://doi.org/10.1002/aheh.19740020603>
- Seiferling, I., Naik, N., Ratti, C., & Proulx, R. (2017). Green streets — Quantifying and mapping urban trees with street-level imagery and computer vision. *Landscape and Urban Planning*, 165, 93-101. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.05.010>
- Silva, W. M., Zorzanelli, J. P. F., Moreau, J. S., Abreu, K. M. P. de, & Kunz, S. H. (2017). Estrutura e sucessão ecológica de uma comunidade florestal urbana no sul do Espírito Santo. *Rodriguesia*, 68(2), 301-314. Recuperado de: <https://doi.org/10.1590/2175-7860201768202>
- Taha, H., Akbari, H., & Rosenfeld, A. (1989). Vegetation Canopy Micro-Climature: A Field-Project in Davis, California. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 12. Recuperado de: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-46448-0>
- Trowbridge, P. J., & Bassuk, N. L. (2004). *Trees in the Urban Landscape: Site Assessment, Design, and Installation*. Hoboken: Wiley & Sons.
- Yang, L., Qian, F., Song, D. X., & Zheng, K. J. (2016). Research on Urban Heat-Island Effect. *Procedia Engineering*, 169, 11-18. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.10.002>