

Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Critérios de seleção de espécies arbóreas potenciais para sistemas viários na
cidade global de São Paulo – SP

Henrique Curi Penna

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências, Programa: Recursos Florestais.
Opção em: Conservação de Ecossistemas Florestais

Piracicaba
2022

Henrique Curi Penna
Engenheiro Agrônomo

Critérios de seleção de espécies arbóreas potenciais para sistemas viários na cidade
global de São Paulo – SP
versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **DEMÓSTENES FERREIRA DA SILVA FILHO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências, Programa: Recursos Florestais.
Opção em: Conservação de Ecossistemas Florestais

Piracicaba
2022

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP**

Penna, Henrique Curi

Critérios de seleção de espécies arbóreas potenciais para sistemas viários na cidade global de São Paulo – SP / Henrique Curi Penna. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2022.

98p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

1. Silvicultura urbana 2. Análise Hierárquica 3. Matriz de seleção 4. Árvores de calçada 5. Metr pole brasileira I. Título

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pela oportunidade de viver esta existência, com todas suas graças e suas provações.

Agradeço aos meus pais, Christina e Mauro, pelo apoio desde sempre e pelo amor incondicional. As minhas irmãs, Marina e Helena, por estarem ao meu lado nesta divertida caminhada que é a vida. Aos meus cunhados, Eduardo e Roney, pelas trocas de experiência e pelo incentivo. Ao meu amado afilhado, Eduardo, pelo olhar carinhoso e gentil. Aos meus sobrinhos, Daniel, Marília, Elisa e Otávio (ainda na barriga da sua mãe), por me lembrarem sempre da esperança na vida e no amor puro.

A minha amada companheira de longa data, de idas e vindas, de outras vidas. Fernanda, quem divide comigo as maiores alegrias da vida, oferece seu ombro nos momentos difíceis e não mede esforços para me ajudar. Obrigado, meu amor.

Aos meus tios, Regina e José Flávio, que me incentivaram a seguir na profissão e me ofereceram casa, comida e muito carinho durante o mestrado (e desde muito antes). Ao meu primo, Marcelo Leão, e a sua esposa, Giovanna, que me convenceram a tentar o mestrado e deram o pontapé inicial para minha vida acadêmica. Aos primos, Maria e Marcelo Gomes, pela companhia generosa. Serei eternamente grato!

Aos meus queridos tios, Sylvia e José Eduardo Mello Ayres, pelas boas experiências em Piracicaba e pelo aconchego que só a família pode oferecer quando estamos distantes de casa.

Ao Professor Demóstenes, por ter me aberto às portas para Esalq e para carreira acadêmica. Pelos aprendizados e pela orientação durante o mestrado, agradeço de coração!

A Giovana, amiga que o mestrado me apresentou e que ficará para o resto da vida. Pelas felizes e promissoras experiências que compartilhamos juntos, meu eterno obrigado!

Aos amigos que a Esalq me proporcionou: Marcela, Raíssa, Luís, Karinne, Taís, Luã, Magda, Silvio, Rafaela, Lukão, Isabella e tantos outros. Gratidão!

A Mari e ao Flávio, por terem dividido comigo a sala (ainda que por pouco tempo) no laboratório.

Aos colegas do Laboratório de Silvicultura Urbana da Esalq/USP: Jefferson, Caio, Rafaela, Patrícia, Bárbara, Bruna, Isabela e Gustavo. Obrigado.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro.

A todos aqueles que posso ter me esquecido de escrever aqui, mas que moram no meu coração. Gratidão.

EPÍGRAFE

“Falhei em tudo.

Como não fiz propósito nenhum, talvez tudo fosse nada.

A aprendizagem que me deram,

Desci dela pela janela das traseiras da casa.

Fui até ao campo com grandes propósitos.

Mas lá encontrei só ervas e árvores,

E quando havia gente era igual à outra.

Saio da janela, sento-me numa cadeira.

Em que hei de pensar?”

Fernando Pessoa, Tabacaria.

SUMÁRIO

RESUMO	6
ABSTRACT	7
1. INTRODUÇÃO.....	13
2. OBJETIVOS.....	15
2.1. OBJETIVO GERAL	15
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1. HISTÓRICO DA ARBORIZAÇÃO URBANA NO BRASIL: POR QUE AS ÁRVORES CAUSAM TANTOS PROBLEMAS NAS CIDADES?	17
3.2. FUNÇÕES E ATRIBUTOS DAS ÁRVORES NO AMBIENTE URBANO: A GAMA DE BENEFÍCIOS POR TRÁS DA SELEÇÃO DA ESPÉCIE MAIS ADEQUADA PARA PLANTIO EM VIAS PÚBLICAS	19
3.2.1. <i>Funções ambientais</i>	20
3.2.2. <i>Funções sociais</i>	24
3.2.3. <i>Funções econômicas</i>	25
3.2.4. <i>Atributos</i>	25
3.3. REVISÃO GERAL SOBRE OS CRITÉRIOS PARA ESCOLHA DE ESPÉCIES ARBÓREAS NOS SISTEMAS VIÁRIOS URBANOS: PADRÕES GLOBAIS E PECULIARIDADES BRASILEIRAS	28
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	33
4.1. DEFINIÇÃO DA ESCALA DE VALORES DOS PRINCIPAIS FATORES DETERMINANTES NA ESCOLHA DAS ESPÉCIES ARBÓREAS POTENCIAIS.....	33
4.2. ESTABELECIMENTO DAS PRIORIDADES: ATRIBUIÇÃO DE PESOS PARA OS FATORES POR MEIO DA ANÁLISE HIERÁRQUICA (AHP).....	37
4.3. CÁLCULO DAS PONTUAÇÕES: APLICAÇÃO DA MATRIZ GERADA PARA SELEÇÃO DE ESPÉCIES POTENCIAIS EM SISTEMAS VIÁRIOS DA CIDADE DE SÃO PAULO – SP	39
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
5.1. ESCALA DE VALORES PARA SELEÇÃO DE ESPÉCIES POTENCIAIS PARA USO NA ARBORIZAÇÃO DE SISTEMAS VIÁRIOS	43
5.2. DADOS GLOBAIS COLETADOS NOS QUESTIONÁRIOS ELETRÔNICOS APLICADOS AOS PROFISSIONAIS DE ARBORIZAÇÃO URBANA	46
5.3. MATRIZ DE SELEÇÃO DE ESPÉCIES ARBÓREAS POTENCIAIS PARA SISTEMAS VIÁRIOS BRASILEIROS	48
5.3.1. <i>Cálculo das razões de consistência (CR) para cada decisor em todos os parâmetros avaliados</i>	51
5.3.2. <i>Aplicação das análises de sensibilidade para os fatores prioritários mensurados</i>	52
5.4. LISTA DE ESPÉCIES ARBÓREAS COM POTENCIAL DE PLANTIO AO LONGO DO SISTEMA VIÁRIO DA CIDADE-GLOBAL DE SÃO PAULO - SP	54
6. CONCLUSÕES	61
REFERÊNCIAS	63
APÊNDICES	67

RESUMO

Crêterios de sele o de espécies arbóreas potenciais para sistemas viários na cidade global de São Paulo – SP

A arboriza o urbana representa um importante fator para melhorar a qualidade de vida dos habitantes das cidades,   medida que as árvores contribuem na promo o de serviços ecossistêmicos essenciais para sustentabilidade das metrópoles mundiais. No entanto, essa situa o benéfica pode se transformar em s rios problemas para a comunidade urbana com o uso de espécies não compatíveis com a infraestrutura das cidades, que se traduzem em danos ao patrimônio, interrup es de energia e de comunica o, interferências no trânsito e, até mesmo acidentes com pessoas das mais variadas propor es. Muitos desses problemas podem ser minimizados com a escolha de plantas com atributos específicos para adapta o às adversidades das condi es urbanas. Nesse contexto, a presente pesquisa teve como principal objetivo definir um protocolo padrão para novos estudos em arboriza o urbana relacionados aos critérios para sele o de espécies arbóreas com potencial de uso ao longo dos sistemas viários urbanos. Para tanto, primeiramente foram estabelecidos fatores eliminatórios e classificatórios a serem considerados na tomada de decisão. Na sequência, foram aplicadas entrevistas com especialistas em arboriza o urbana via questionários eletrônicos e, por meio do método da análise hierárquica (AHP, em inglês), foram atribuídas prioridades aos critérios e fatores previamente classificados em uma escala de valores. Ao final, obteve-se um matriz de sele o que foi aplicada para trinta espécies arbóreas potenciais presentes no Manual de Arboriza o Urbana de São Paulo. Em rela o aos critérios analisados, plasticidade foi considerado o mais relevante (40,53%), seguido do critério ecológico (37,38%), do paisagístico (12,46%) e, por fim, do critério econômico (9,63%). Sobre os fatores-chave para sele o, resistência a pragas e doenças, altura e diâmetro da copa, respectivamente, foram avaliados como mais importantes, enquanto que valor histórico-cultural, disponibilidade de propágulos e flora o foram considerados menos importantes na escolha das árvores potenciais. Das trinta espécies avaliadas nesta pesquisa para uso no município de São Paulo, as três com maior potencialidade teórica foram, em ordem decrescente, *Copaifera langsdorffii*, *Dalbergia nigra* e *Lonchocarpus cultratus*; enquanto as três espécies arbóreas que receberam menores pontua es finais foram, em ordem crescente, *Jacaranda puberula*, *Aspidosperma riedelii* e *Bauhinia longifolia*, respectivamente. Espera-se que os tomadores de decisão que atuam nos setores de arboriza o urbana façam uso deste trabalho como estratégia inicial para sele o das árvores potenciais para uso em calçadas e canteiros centrais e que, posteriormente, avaliem todos os aspectos ligados aos locais de plantio. Alguns fatores e critérios devem ser revistos e adaptados para cada uma das diferentes realidades regionais de nosso país.

Palavras-chave: Silvicultura urbana, Análise Hierárquica, Matriz de sele o, árvores de calçada, Metr pole brasileira

ABSTRACT

Criteria for selection of potential street tree species for the global city of São Paulo – Brazil

Urban forestry represents an important factor in improving the quality of life of citizens as trees contribute to numerous environmental services, such as reducing "urban heat islands", enhancing the landscape and minimising the impact of rainwater, as well as providing shelter and food for local fauna. This beneficial situation can turn into serious problems for the urban community with the use of species that are not compatible with the infrastructure of the cities, causing damage to the patrimony, damage with power and communication interruptions, traffic interference and even accidents of the most varied proportions. Many of these problems can be reduced by choosing tree species with appropriate characteristics to survive in adverse urban conditions. Thus, this project aims to study, analyze and prospect new native, non-conventional tree species for planting along streets, avenues, central and roundabouts of cities to meet the increasing demand of the population for an improvement of environmental and landscape conditions in urban centers and consequently a better quality of life for people. It is hoped that this project can be an important instrument to facilitate and support the technicians, professionals and public agents responsible for making decisions regarding the choice of arboreal individuals to be planted along public roads, thus reducing property damage, economic losses and contributing to increase the well-being and, especially, the safety of the urban population.

Keywords: Urban forestry, Urban roadways, Landscaping, Street trees

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. EXEMPLOS DE ÁRVORES QUE ATENDEM ÀS FUNÇÕES DE PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS AMBIENTAIS. FONTE: ACERVO PESSOAL DO AUTOR (2021).....	20
FIGURA 2. ESTUDO REALIZADO QUE MOSTRA A VARIAÇÃO DE TEMPERATURAS EM DIFERENTES SUPERFÍCIES COMUNS EM ÁREAS URBANAS. FONTE: MASCARÓ (2005).	23
FIGURA 3. FATORES IMPORTANTES PARA UM MODELO DE SELEÇÃO DE ESPÉCIES DIRECIONADAS A ÁREAS URBANAS. FONTE: ADAPTADO DE MILLER (1997).....	29
FIGURA 4. DIFERENTES SITUAÇÕES PROBLEMÁTICAS ENFRENTADAS PELAS ÁRVORES NO SISTEMA VIÁRIO URBANO EM DIVERSAS CIDADES BRASILEIRAS. FONTE: MARCELO LEÃO (2019).....	32
FIGURA 5. EXEMPLOS DE ESPÉCIES ARBÓREAS INAPROPRIADAS PARA O AMBIENTE URBANO SENDO UTILIZADAS EM DISTINTOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS. FONTE: ACERVO PESSOAL DO AUTOR (2021).....	34
FIGURA 6. ESCALA DE RAZÃO OU ESCALA FUNDAMENTAL DE SAATY. FONTE: ADAPTADO DE SAATY (2008).	37
FIGURA 7. ESTRUTURA HIERÁRQUICA DO PROCESSO DE SELEÇÃO DE ESPÉCIES ARBÓREAS POTENCIAIS PARA SISTEMAS VIÁRIOS URBANOS. FONTE: ADAPTADO DE LI, WANG & HUANG (2011).....	38
FIGURA 8. BANCO DE DADOS DO LABORATÓRIO DE SILVICULTURA URBANA CONTENDO O CADASTRO DAS 4867 ÁRVORES DO <i>CAMPUS</i> DA ESALQ/USP EM PIRACICABA – SP. FONTE: MENDES ET AL. (2015).....	40
FIGURA 9. GÊNERO DOS ENTREVISTADOS EM PORCENTAGEM (%).	46
FIGURA 10. FAIXA ETÁRIA DOS ENTREVISTADOS EM PORCENTAGEM (%).	46
FIGURA 11. GRAU DE ESCOLARIDADE DOS ENTREVISTADOS EM PORCENTAGEM (%).	47
FIGURA 12. SETOR DE ATUAÇÃO DOS ENTREVISTADOS EM PORCENTAGEM (%).	

FIGURA 13. TEMPO DE EXPERIÊNCIA DOS ENTREVISTADOS NAS ÁREAS DE PAISAGISMO E/OU ARBORIZAÇÃO URBANA, EM PORCENTAGEM (%).....	48
FIGURA 14. AUTOAVALIAÇÃO DOS ENTREVISTADOS SOBRE SEU GRAU DE CONHECIMENTO EM RELAÇÃO AOS CRITÉRIOS PARA ESCOLHA DE ESPÉCIES PARA ARBORIZAÇÃO URBANA.....	48
FIGURA 15. PRIORIDADES GERAIS DOS CRITÉRIOS DE SELEÇÃO PARA ESPÉCIES POTENCIAIS PARA ARBORIZAÇÃO DO VIÁRIO. VALORES CALCULADOS A PARTIR DAS RESPOSTAS FORNECIDAS PELOS ESPECIALISTAS EM ARBORIZAÇÃO URBANA VIA QUESTIONÁRIOS ELETRÔNICOS.....	49
FIGURA 16. PESOS FINAIS OBTIDOS PARA CADA UM DOS DEZOITO FATORES AVALIADOS PELOS DECISORES ENTREVISTADOS VIA <i>GOOGLE</i> FORMULÁRIOS.	

51

FIGURA 17. RAZÕES DE CONSISTÊNCIA (CR) PARA CADA GRUPO DE CRITÉRIOS E FATORES AVALIADOS PELOS DOZE DECISORES ENTREVISTADOS, EM PORCENTAGEM (%).	52
FIGURA 18. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DOS FATORES PARA TRÊS MÉTODOS DE MEDIÇÃO DAS PRIORIDADES PARA SELEÇÃO DE ESPÉCIES ARBÓREAS DESTINADAS AO PLANTIO AO LONGO DE SISTEMA VIÁRIO.....	54
FIGURA 19. LISTA DAS 10 (DEZ) ESPÉCIES ARBÓREAS POTENCIAIS PRESENTES NO MANUAL DE ARBORIZAÇÃO URBANA DA PREFEITURA DE SÃO PAULO QUE OBTIVERAM MAIORES PONTUAÇÕES FINAIS QUANTO A SUA POTENCIALIDADE TEÓRICA PARA USO EM CALÇADAS E CANTEIROS CENTRAIS DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO – SP, CONFORME PROTOCOLO DEFINIDO NO PRESENTE TRABALHO DE PESQUISA.....	56
FIGURA 20. LISTA DAS 10 (DEZ) ESPÉCIES ARBÓREAS POTENCIAIS PRESENTES NO MANUAL DE ARBORIZAÇÃO URBANA DA PREFEITURA DE SÃO PAULO QUE OBTIVERAM MENORES PONTUAÇÕES FINAIS QUANTO A SUA POTENCIALIDADE TEÓRICA PARA USO AO LONGO DO SISTEMA VIÁRIO DA CIDADE DE SÃO PAULO - SP, CONFORME PROTOCOLO ESTRUTURADO NO PRESENTE TRABALHO DE PESQUISA À PARTIR DE CRITÉRIOS E FATORES DE SELEÇÃO DEFINIDOS PELO GRUPO DE PESQUISA DO LABORATÓRIO DE SILVICULURA URBANA DA ESALQ/USP E DAS PRIORIDADES AVALIADAS POR ESPECIALISTAS EM ARBORIZAÇÃO URBANA ENTREVISTADOS VIA QUESTIONÁRIOS ELETRÔNICOS.....	57

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. ALGUNS REQUISITOS E ATRIBUTOS DESEJÁVEIS PARA AS ESPÉCIES ARBÓREAS EMPREGADAS NA ARBORIZAÇÃO URBANA. FONTE: ADAPTADO DE PIVETTA & FILHO (2002).	26
TABELA 2. ÍNDICES DE CONSISTÊNCIA RANDÔMICO (RI) COM BASE NA ORDEM DA MATRIZ UTILIZADA (N). FONTE: SAATY (2008).	39
TABELA 3. ESCALA DE VALORES PARA SELEÇÃO DE ESPÉCIES POTENCIAIS PARA USO NA ARBORIZAÇÃO DE SISTEMAS VIÁRIOS, COM A CLASSIFICAÇÃO E A ATRIBUIÇÃO DE PONTUAÇÕES PARA CADA UM DOS FATORES ADOTADOS..	44
TABELA 4. MATRIZ CONFECCIONADA PARA SELEÇÃO DE ESPÉCIES ARBÓREAS POTENCIAIS PARA SISTEMAS VIÁRIOS BRASILEIROS.....	50
TABELA 5. ANÁLISE DAS RAZÕES DE CONSISTÊNCIA (CR) PARA TODOS OS CRITÉRIOS E FATORES AVALIADOS NESTE ESTUDO PRELIMINAR PELOS DECISORES ENTREVISTADOS (EM PORCENTAGEM).	51
TABELA 6. EXEMPLO DE ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DAS PRIORIDADES GERAIS PARA SELEÇÃO DE ÁRVORES PARA PLANTIO AO LONGO DE SISTEMA VIÁRIO, DE CADA UM DOS FATORES PREVIAMENTE AVALIADOS PELO DECISOR N. 12.	53
TABELA 7. LISTA DE ESPÉCIES ARBÓREAS COM DIFERENTES POTENCIAIS TEÓRICOS PARA PLANTIO AO LONGO DAS CALÇADAS E CANTEIROS CENTRAIS DA CIDADE DE SÃO PAULO – SP, COM BASE NA MATRIZ DE SELEÇÃO PRODUZIDA NESSE TRABALHO. NA COLUNA À DIREITA (P_{TOTAL}), ESTÃO DESTACADAS AS PONTUAÇÕES FINAIS OBTIDAS POR CADA UMA DAS ÁRVORES ESTUDADAS, CALCULADAS PELA SOMA DOS CRITÉRIOS PAISAGÍSTICO, ECOLÓGICO, PLASTICIDADE E ECONÔMICO.	55

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a arborização urbana é uma das atividades mais pertinentes na gestão das cidades, sendo necessária sua participação nos planos, programas e projetos urbanísticos (SANTOS; BERGALLO; ROCHA, 2008). O planejamento e manejo da vegetação presente nas cidades são essenciais para não haver competição de espaço com equipamentos urbanos, danos e falta de nutrição aos exemplares vegetais e, ainda, oferecer riscos à comunidade (TOSETTI, 2012).

Segundo Andrade (2002), “a escolha das espécies arbóreas mais adequadas e o cumprimento da legislação sobre a ocupação urbana e proteção da natureza são fatores primordiais da coexistência pacífica e harmoniosa entre os elementos construídos e os naturais”. Observa-se, no entanto, a ocorrência cada vez mais frequente de problemas relacionados à seleção inadequada de indivíduos arbóreos plantados no ambiente urbano, principalmente, aqueles situados ao longo do sistema viário das cidades.

Muitas espécies selecionadas não apresentam qualidades e requisitos necessários para essa finalidade e acabam causando inúmeros prejuízos, devido à incompatibilidade com as adversidades do meio urbano (variações de temperatura, ventos canalizados, altos índices de vandalismo etc.), somados à excessiva quantidade de equipamentos, tais como postes, transformadores, fiação aérea e placas de sinalização, além de calçadas estreitas, canalizações subterrâneas, entre outros.

Por outro lado, entre as árvores existentes nas ruas, calçadas, avenidas e rotatórias na maioria dos municípios brasileiros, constata-se a baixa diversidade de espécies vegetais e o alto número de espécies exóticas em detrimento das nativas regionais – apesar da flora brasileira ser uma das maiores e mais diversificadas do mundo.

Verifica-se, ainda, em muitas cidades brasileiras, a ocorrência de espécies vegetais exóticas invasoras (EVEI's), como a leucena (*Leucaena leucocephala*), em vários estágios de desenvolvimento, que ameaçam a biodiversidade de nossas florestas urbanas (LEÃO et al., 2020).

As espécies exóticas com potencial invasor ocorrem em todos os maiores grupos taxonômicos e são consideradas a segunda maior ameaça à diversidade biológica global, podendo afetar a saúde humana e contribuir para a instabilidade social e econômica (MCNEELY et al., 2001).

Os impactos ambientais das espécies exóticas invasoras variam de acordo com as características biológicas de cada uma delas, que definem a sua capacidade de adaptação às condições físicas e biológicas do local para que foram levadas. O efeito mais frequente decorre da sua dominância no meio invadido, expulsando espécies nativas, reduzindo populações naturais, e, por vezes, colocando-as em risco. Podem também ocasionar a quebra de cadeias tróficas e a alteração dos ciclos naturais e das características químicas e físicas do solo, além de afetarem o equilíbrio hídrico (ZILLER; DE SÁ DECHOUM, 2009).

Para Ziller (2001), as consequências principais são a perda da biodiversidade e a modificação dos ciclos e das características naturais dos ecossistemas atingidos, além da alteração fisionômica da paisagem natural, com vultosos prejuízos econômicos. Segundo Heiden et al. (2006) em núcleos urbanos consolidados, onde a presença de espécies exóticas é expressiva, resta como alternativa a reposição por espécimes autóctones.

De forma geral as prefeituras, encarregadas de gerir o patrimônio arbóreo das cidades, não dispõem de recursos operacionais e financeiros, e, muitas vezes, não demonstram vontade política para investirem na arborização urbana. O levantamento efetuado junto a 183 prefeituras do estado de São Paulo (LEÃO et al., 2018) demonstrou a reduzida importância dada ao tema. Constatou-se, na pesquisa, que 75,2% dos municípios não inventariaram os

indivíduos arbóreos, o que demonstra a grande limitação em relação ao planejamento e ao manejo da arborização urbana.

O estudo realizado por Leão et al. (2018) registrou ainda baixa diversidade entre as espécies mais empregadas na arborização das vias públicas, sendo que, as seis espécies arbóreas mais comuns nos espaços públicos dos 183 municípios participantes da pesquisa foram: oiti (*Licania tomentosa*), existente em 65,6% das cidades; quaresmeira (*Tibouchina* sp.), observada em 63,4% das cidades; resedá (*Lagerstroemia indica*) presente em 61,2% das cidades; ipê-amarelo (*Handroanthus* sp.), cultivada em 57,9% das cidades; aroeira-salsa (*Schinus molle*) observada em 56,3% das cidades e sibipiruna (*Cenostigma pluviosum* var. *peltophoroides*), presente em 50,3% dos municípios.

Dados de inventários realizados em diferentes municípios de São Paulo também refletem esse quadro. Em um levantamento realizado por Aguirre Junior (2008) para um bairro de Campinas-SP, três espécies correspondem a cerca de 26% da arborização: 12% de sibipiruna (*Cenostigma pluviosum* var. *peltophoroides*); 8% de alecrim-de-Campinas (*Holocalyx balansae*); e 6% de pata-de-vaca (*Bauhinia variegata*).

Ainda mais expressivos são os resultados encontrados por Silva (2005) em um levantamento realizado em dois bairros de Americana – SP, onde cerca de 47% dos indivíduos correspondem a apenas três espécies: 18% de falsa-murta (*Murraya paniculata*); 16% de ligustro (*Ligustrum lucidum*); e 12% de oiti (*Licania tomentosa*). Esses valores são similares aos resultados do inventário conduzido por Rossetti et al. (2010) para dois bairros da subprefeitura do Ipiranga em São Paulo – SP: 24% de sibipiruna (*Cenostigma pluviosum* var. *peltophoroides*); 17% de ligustro (*Ligustrum lucidum*); e 8% de resedá (*Lagerstroemia indica*), totalizando 50% dos indivíduos arbóreos. Em Campos do Jordão – SP, somente uma espécie, o plátano (*Platanus × hispanica*) representa 57% da arborização, conforme Andrade (2002).

Goebel et al. (2019), referindo-se ao uso de espécies nativas na arborização urbana, informam que essas árvores podem promover maior conectividade entre a malha urbana e as áreas naturais próximas, favorecendo a conservação de espécies de nossa fauna e flora. O que se observa, no entanto, na maior parte das cidades, é a exaustiva repetição de poucas espécies consagradas e aceitas pela população, muitas delas inadequadas às condições do meio ou pouco atraentes à fauna (CHAMAS; MATTHES, 2000).

Segundo Heiden et al. (2006), grande parte das plantas ornamentais cultivadas nos mais diversos locais do mundo não é nativa dessas regiões, o que pode acarretar consequências negativas, tanto nos ambientes naturais quanto nas florestas plantadas. Carrion & Brack (2012) constataram ainda o baixo número de espécies nativas cultivadas em viveiros e floriculturas brasileiras.

Assim, a prospecção de novas possibilidades na produção de plantas ornamentais tem um amplo caminho a partir das espécies nativas, com grande potencial de produção e comercialização (JÚNIOR; JOSÉ FERNANDES; SILVA, 2013). Em face da situação apresentada, torna-se relevante a realização de estudos mais aprofundados para selecionar os requisitos recomendados para as espécies arbóreas destinadas ao plantio ao longo do sistema viário dos centros urbanos, principalmente aquelas nativas não convencionais, que poderão incrementar a diversidade de nossas florestas urbanas, garantindo melhor equilíbrio entre as áreas verdes e construídas nas cidades brasileiras, ao mesmo tempo em que se ampliarão os diversos serviços ecossistêmicos proporcionados pelas árvores urbanas.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

O presente trabalho de pesquisa teve como objetivo geral definir um protocolo padrão para novos estudos em arborização urbana relacionados com os critérios para seleção de espécies arbóreas com potencial de uso ao longo dos sistemas viários urbanos, levando em conta a grande lacuna de conhecimento nesse tema e, em especial, a inexistência de estudos direcionados à realidade brasileira.

2.2. Objetivos específicos

Paralelamente, a presente pesquisa objetivou ainda:

- Embasar, com conceitos técnicos, a revisão dos manuais de arborização urbana atualmente em uso pelas prefeituras, permitindo que espécies com potencial de emprego nas ruas, com elevados atributos ecológicos, paisagísticos e econômicos, possam ser introduzidas nesses manuais, como novas alternativas de plantio ao longo do sistema viário, com foco na região metropolitana de São Paulo – SP;
- Incentivar a adoção de critérios técnicos pelos gestores públicos envolvidos com a arborização urbana no momento da seleção dos indivíduos arbóreas a serem plantados nas calçadas dos municípios brasileiros, de forma a diminuir os gastos públicos com podas, remoções inapropriadas de árvores, além de minimizar os eventuais prejuízos decorrentes da queda desses indivíduos;
- Incrementar os benefícios proporcionados pelas árvores no ambiente urbano, em detrimento aos desserviços ecossistêmicos frequentemente observados em nossos municípios, por meio da introdução de espécies arbóreas nativas mais adaptadas e com elevados potenciais de promoção de serviços ecossistêmicos;
- Desenvolver uma matriz de seleção de espécies arbóreas destinadas para plantio ao longo dos sistemas viários urbanos, utilizando a ferramenta experimental do processo analítico hierárquico (AHP, em inglês), e inicialmente adaptada à cidade global de São Paulo – SP, mas que possa ser usada como referência para outras metrópoles brasileiras.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Histórico da arborização urbana no Brasil: por que as árvores causam tantos problemas nas cidades?

Pode-se afirmar que o início da arborização urbana no Brasil coincidiu com a chegada do príncipe regente português, Dom João VI em 1808 ao país. Até então, a preocupação dos primeiros colonizadores era adentrar nas densas florestas que cobriam a faixa litorânea, derrubando árvores para instalar os primeiros povoados, normalmente às margens dos cursos d'água (BLOSSFELD, 1965).

A fixação da corte real no Rio de Janeiro teve, como consequências imediatas, a urbanização da capital, o ajardinamento do paço, a formação de aleias e dos passeios públicos e a criação de praças e parques (BLOSSFELD, 1965). Segundo esse autor, muitas espécies ali introduzidas, a mando de D. João VI, vindas da Índia e da África, possuíam características ornamentais, além do seu valor econômico. Assim, chegaram no Brasil mudas de palmeiras, bambus e muitas árvores exóticas, hoje comuns nas praças, ruas e residências do país.

O entusiasmo de D. João VI pelas plantas foi herdado por seu filho e sucessor, D. Pedro I, que elegeu o Jardim Botânico como o lugar predileto para seus passeios. A arborização e a jardinagem no Brasil tomaram grande impulso por ocasião da chegada de uma comissão de cientistas da Áustria, que acompanhou o séquito da Arquiduquesa Leopoldina, noiva de D. Pedro I, entre os quais os célebres botânicos Carl von Martius (1794-1868), da Baviera, Georg Langsdorff (1774-1852), da antiga Prússia, e do alemão Friedrich Sellow (1789-1831), entre outros (BLOSSFELD, 1965).

Encantados com a riqueza da flora brasileira, esses cientistas promoveram o desenvolvimento da Botânica no Brasil, e durante sua longa permanência no país, empreenderam várias expedições no seu interior, em busca de novas espécies de plantas e estimularam a aplicação prática da sua ciência.

Assim, se deve à intervenção do Conde de Langsdorff, junto a D. Pedro I, a criação do Passeio Público e a nomeação do alemão Ludwig Riedel (1790-1861), como seu primeiro diretor. Este botânico, apaixonado pela flora brasileira, introduziu várias espécies nativas nos jardins e alamedas e iniciou o seu cultivo para propagação em viveiro, permitindo que seu sucessor, o famoso jardineiro-paisagista francês Auguste François Marie Glaziou (1828-1906), que chegou ao Brasil em 1867, empreendesse a grande obra de urbanização do Rio de Janeiro (AZEVEDO; ONO, 2018).

Segundo Hoehne, Kuhlmann & Handro (1941), “a introdução de plantas nativas na arborização foi iniciada por Glaziou, e, se hoje, no Rio de Janeiro, os oitizeiros são o encanto mais agradável das praças e ruas, deve-se isso a sua iniciativa”. O herbário organizado por ele chegou a ter cerca de 24.000 espécies de plantas, posteriormente encaminhadas ao Museu de História Natural de Paris (MARIANO, 2005).

Glaziou que foi o criador da Quinta da Boa Vista e criador da totalidade dos logradouros públicos, praças e avenidas arborizadas do Rio de Janeiro à época. Nesse trabalho, enfrentou muitos contratempos, procurando vencer a indiferença e a resistência que lhe opuseram, quando iniciou a plantação de árvores nas ruas, considerada absurda na época e condenada como anti-higiênica. “Havia preconceitos contra o arvoredo, que seria culpado pelos miasmas e emanações de que resultaria a febre amarela, o tipo de a maleita” (BLOSSFELD, 1965).

O movimento iniciado por Riedel e completado por Auguste François Marie Glaziou acabou por repercutir benéficamente em vários pontos do país. Aos poucos, a opinião pública se modificou e nas cidades do

interior que prosperavam, passou a ser motivo de orgulho arborizar algumas de suas ruas, transformando-as em alamedas e a instalação de uma praça para o convívio das pessoas era considerada indispensável.

Assim muitos municípios brasileiros se esforçaram então para sair do atraso administrativo, cuidando do embelezamento dos logradouros públicos e da arborização das suas praças e ruas. “Muitas vezes, no entanto, foram plantadas, nas ruas, árvores que não se prestavam para essa finalidade, e, mais tarde, tiveram de ser cortadas, pelas alegadas razões de saúde pública, e nem sempre foram substituídas” (BLOSSFELD, 1965).

Em São Paulo, na virada do século XX, já havia alguma preocupação de executar plantios sistemáticos de árvores ao longo das ruas de São Paulo. Esta atitude aproximava a capital do estado das maiores metrópoles mundiais e fazia parte de um esforço para valorizar e embelezar o espaço urbano (LEÃO et al., 2020).

Segundo Aragão (2011), a arborização urbana corresponde, talvez, ao ponto mais alto de valorização da rua. Resolvidas as necessidades básicas de calçamento, iluminação, água, esgoto, passou-se a investir no plantio de exemplares arbóreos na cidade. Ao findar o século XIX, a rua brasileira – ou, pelo menos, as de maior importância – era calçada, iluminada, percorrida pelos bondes, por vezes arborizada e ladeada por casas com jardim. Uma outra rua, a conformar uma nova paisagem.

O grande marco da arborização urbana em São Paulo foi a implantação da Avenida Paulista. A via, inaugurada em 1891, foi projetada pelo engenheiro Joaquim Eugênio de Lima (1845-1902) que, com dois sócios, comprou as terras situadas na crista de um morro – Caguaçú – nome indígena que significa “mata virgem”. Ali planejou um loteamento com uma larga via arborizada, ladeada de terrenos amplos, apropriados para receber mansões requintadas, com seus jardins e quintais (BRANDÃO, 1990).

Outro fator relevante para a arborização urbana em São Paulo foi o trabalho desenvolvido pela Cia. City, empresa imobiliária sediada em Londres, que se instalou em São Paulo em 1912 com a denominação *City of São Paulo Improvements and Freehold Land Company Ltda.*

A empresa ficou conhecida no mercado pela atuação no planejamento de bairros com o conceito de “cidade-jardim”. O primeiro lançamento foi o bairro do Jardim América, em 1915, seguido de inúmeros outros: Butantã (1918); Anhangabaú (1918); Alto da Lapa (1921); Pacaembu (1925); Alto de Pinheiros, entre outros. Ao longo do tempo, a empresa passou a atuar em outras cidades e urbanizou quase cinquenta bairros e cerca de 32 milhões de metros quadrados, em quatro estados brasileiros. Os primeiros bairros *City* fora de São Paulo foram construídos no interior paulista, em Piracicaba e Ribeirão Preto (CIA.CITY, 2018).

O conceito de “cidade-jardim” desenvolvido por arquitetos e paisagistas a serviço da *Cia. City* estabeleciam o emprego de desenho das ruas em curvas, calçadas com tratamento paisagístico, normas específicas para ocupação dos lotes, amplas ruas e avenidas muito bem arborizadas. Este modelo foi empregado na implantação de muitos bairros e hoje, alguns deles implantados por aquela empresa de desenvolvimento imobiliário em São Paulo, são tombados pelo patrimônio histórico (ANDRADE; COELHO JÚNIOR, 2013).

Tal exemplo urbanístico não foi empregado em grande escala nas cidades brasileiras, que a partir dos anos 1970, começaram a sofrer os impactos negativos do crescimento desordenado e rápido, da especulação imobiliária e do êxodo rural, que passou a ocupar os espaços periféricos aos núcleos urbanos instalados. Os serviços públicos básicos não conseguiram acompanhar esse desenvolvimento, criando problemas crônicos que até hoje prejudicam as populações que vivem nas cidades.

Além da carência de serviços básicos como saúde, educação e segurança, muitos bairros das grandes cidades brasileiras ainda sofrem com sérias deficiências de infraestrutura, tais como o fornecimento de energia, água e esgoto, pavimentação de ruas e arborização do sistema viário, entre outros. Nesse quesito, apesar dos inúmeros

benefícios que trazem, as árvores urbanas podem muitas vezes apresentar riscos de acidentes, ferindo pessoas ou causando danos ao patrimônio.

Essa situação se deve principalmente à seleção equivocada de espécies arbóreas para o plantio em cidades, incompatíveis com os espaços que ocupam em que não são levados em consideração os equipamentos urbanos já instalados, ou também pelo manejo inadequado ou deficiente dessa vegetação.

Tomando como exemplo a cidade de São Paulo, Buckeridge (2015) afirma que qualquer plano adequado de plantio de árvores deve levar em conta as características fisiológicas das espécies a serem plantadas. Isso é mais difícil no Brasil, porque em uma região tropical como a nossa, a diversidade de espécies é muito grande e há relativamente poucos estudos sobre elas.

Segundo esse autor, é necessário conscientizar a sociedade sobre a importância das árvores, de forma que ela possa demandar mais estudos sobre a biodiversidade na região em que a cidade se encontra. Tal fato é importante, porque quando se analisa o mapa do sudeste do estado de São Paulo, verifica-se claramente que a expansão das cidades promove a abertura de vazios na floresta original. Ou seja, os centros urbanos tendem a provocar o mesmo impacto provocado pela urbanização na metrópole paulistana, porém em uma escala maior. Assim, a definição de políticas cientificamente embasadas poderia ter impacto muito positivo no conjunto de cidades que se desenvolve paralelamente e tende a formar possivelmente uma supermetrópole no futuro. De fato, já se identificam claramente “corredores cinza” no triângulo formado por São Paulo-Campinas-Sorocaba (BUCKERIDGE, 2015).

3.2. Funções e atributos das árvores no ambiente urbano: a gama de benefícios por trás da seleção da espécie mais adequada para plantio em vias públicas

Visando distinguir as características intrínsecas dos indivíduos arbóreos das relações que estabelecem com a infraestrutura urbana, optou-se por adotar, nesse trabalho, os termos *atributos* e *funções*, respectivamente. De acordo com o Michaelis Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa (“Michaelis Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa”, 2020) tem-se que função é o “uso a que alguma coisa se destina; emprego; serventia, utilidade” e, ainda, “o conjunto dos processos de um ecossistema por meio dos quais os elementos interagem”. Dessa forma, entende-se que, no contexto da arborização urbana, a função do elemento arbóreo está relacionada aos diversos usos que podem ser feitos desse material vivo, ou ainda os serviços ecossistêmicos prestados pelas árvores nas cidades.

O conceito de atributo, por sua vez, é “aquilo que é característica de alguém ou de alguma coisa; qualquer qualidade positiva”, de acordo com o mesmo dicionário. Assim sendo, diferentemente das funções das árvores no ambiente urbano, os seus atributos estão dissociados a qualquer utilidade que possa ser adotada para esses indivíduos. Compreende-se, portanto, que os atributos das árvores, no contexto da arborização urbana, são todas as características intrínsecas das espécies vegetais, que podem vir a torná-las aptas ou inaptas para determinada função dentro de cada um dos ambientes urbanos.

As árvores contribuem significativamente para a sustentabilidade de uma cidade. Essa vegetação proporciona o equilíbrio entre as áreas construídas e o ambiente natural alterado e são parte integrante da história da cidade. Elas trazem inúmeros benefícios para a população, por meio de seus atributos característicos, exercendo assim múltiplas funções sociais, econômicas e, principalmente, ambientais.

3.2.1. Funções ambientais

Nas últimas décadas, com a expansão das cidades e o aumento do número de seus habitantes, as árvores urbanas ganharam ainda maior importância, não somente pelo seu valor paisagístico, ao proporcionarem mais beleza e conforto ao cenário, mas, principalmente, pelos serviços ambientais que oferecem. Tais serviços são definidos pelos pesquisadores como “bens públicos e componentes da natureza, diretamente usufruídos, consumidos ou utilizados para gerar bem-estar humano” (FISCHER; STEED, 2008).

Além desses benefícios, apresentam-se, a seguir, algumas das principais funções ambientais prestadas pelas árvores urbanas.

- **Sombreamento:** As sombras proporcionadas pela arborização protegem as pessoas da exposição direta dos raios solares. Esta qualidade se torna ainda mais importante em cidades que enfrentam períodos de altas temperaturas nas estações mais quentes do ano. As árvores podem cortar a incidência da luz significativamente, diminuindo a temperatura e a luz direta sobre quem caminha ou se exercita sob elas (BUCKERIDGE, 2015).

Na figura 1 observam-se dois exemplos de árvores nativas brasileiras em situação favorável à prestação de serviços ambientais: à esquerda, um exemplar de oiti (*Moquilea tomentosa*) e, à direita, um indivíduo de aroeira-salsa (*Schinus molle*).

Figura 1. Exemplos de árvores que atendem às funções de prestação de serviços ambientais. Fonte: acervo pessoal do autor



(2021).

- **Redução de temperaturas:** Em artigo publicado no *Journal of Arboriculture*, Klaus Scott, James Simpson e Gregory McPherson (1999) afirmam que as temperaturas das cidades também são influenciadas pela quantidade de árvores existentes. Segundo eles, a sombra das árvores pode reduzir consideravelmente a temperatura do asfalto, do

interior dos carros e edificações. Avalia-se que uma árvore de grande porte e saudável produz o mesmo efeito de dez aparelhos de ar-condicionado em funcionamento durante vinte horas por dia.

▪ Proteção de bacias hidrográficas locais: Com a redução da área permeável, causada pelo excesso de edificações e locais pavimentados existentes nas cidades, a bacia hidrográfica apresenta aumento expressivo de volume pelo escoamento superficial das águas pluviais pelas sarjetas, bocas de lobo, canalizações e galerias, até serem lançadas nos corpos hídricos.

As árvores ajudam a controlar o escoamento superficial das águas, possibilitando a sua melhor infiltração no solo e contribuindo de forma eficiente para reduzir as enchentes. Suas folhas e galhos armazenam temporariamente a água, servindo como filtros naturais, que dispersam gradualmente grandes volumes de água solo abaixo. Esse processo pode minimizar impactos negativos das chuvas volumosas, que geram inundações, principalmente durante o verão (FISCHER; STEED, 2008; KONRAD, 2003; XIAO; MCPHERSON, 2002).

Assim, a vegetação urbana pode contribuir para minimizar e controlar impactos negativos das ações antrópicas nas bacias hidrográficas, aumentando a drenagem das águas e reestabelecendo um ciclo mais próximo ao natural, de forma a amortecer as vazões críticas, além de promover a maior infiltração de água no solo. Dessa forma, ao permitir o aumento da infiltração da água no solo das áreas urbanas muito impermeabilizadas, as árvores favorecem a recarga do lençol freático (CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA E AGRONOMIA – CREA, 2018).

▪ Proteção do solo: As árvores protegem o solo do forte impacto das gotas das chuvas, reduzindo processos erosivos, e, conseqüentemente, conservam os cursos d'água e nascentes, pois, ao evitar o carreamento de partículas, impedem o seu assoreamento (PRADELLA; SILVA; NISI, 2015).

▪ Proteção contra ventos: Nas localidades sujeitas a ventos durante todo o ano, podem ser instaladas as cortinas vegetais formadas por linhas de árvores, com as funções de direcionar ou servir como bloqueadores ("quebra-ventos"), visando alterar o fluxo das massas de ar e minimizar sua intensidade, moderando, assim, seus eventuais efeitos negativos.

▪ Equilíbrio do balanço hídrico e umidificação: As folhas das árvores fixam o gás carbônico (CO_2) existente na atmosfera e, para tanto, mantêm abertos seus estômatos (orifícios situados na superfície inferior das folhas). Com esse mecanismo, as folhas perdem água ao longo de todo o dia, e, simultaneamente, absorvem a água existente no solo, formando uma coluna de ligação direta com a atmosfera. Para se ter uma ideia das implicações do processo, uma única árvore de grande porte pode movimentar 150 mil litros de água em um ano, ou seja, a média de 400 litros por dia (BUCKERIDGE, 2015; KLINE et al., 1970).

Segundo Buckeridge (2015), quando uma molécula de água é absorvida pela raiz da árvore, precisará seguir um caminho bem mais longo, através das células e dos tecidos da planta, até retornar à atmosfera por intermédio de um estômato aberto. Até que o processo se complete, a molécula de água permanecerá durante dias, ou até semanas no interior da planta, antes de ser liberada na atmosfera. Muitas moléculas de água ficarão retidas aos tecidos da planta pelo resto de sua vida, caso sejam utilizadas para efetuar as ligações entre açúcares, formando a celulose. Isso ilustra o fato de que a água é fundamental para o sequestro de carbono pelos vegetais. Em um terreno desprovido de árvores, o tempo de permanência de uma molécula de água na sua superfície pode ser de minutos ou dias. Mesmo que a água não penetre na árvore, ao ser absorvida pelo solo em seu entorno, a temperatura menor na superfície fará com que o tempo de permanência da água aumente significativamente.

Pode-se citar ainda a ocorrência de um "sequestro de água", pois, ao considerar-se que o teor de água nas plantas corresponde a mais de 90% de seu peso, existe um enorme e constante estoque de água nas árvores. Um

grande conjunto de árvores pode produzir um "rio aéreo", liberando, para a atmosfera, grande quantidade de vapor de água, em conjunto com compostos orgânicos voláteis que interferem na formação de nuvens (BUCKERIDGE, 2015).

Em resumo, as árvores são sinônimo de equilíbrio. Ao realizar a fotossíntese, elas produzem os hidrocarbonetos, usados para o seu próprio crescimento, e, ao longo da vida, armazenam água e carbono em seu tronco, copas e raízes (WOHLLEBEN, 2017).

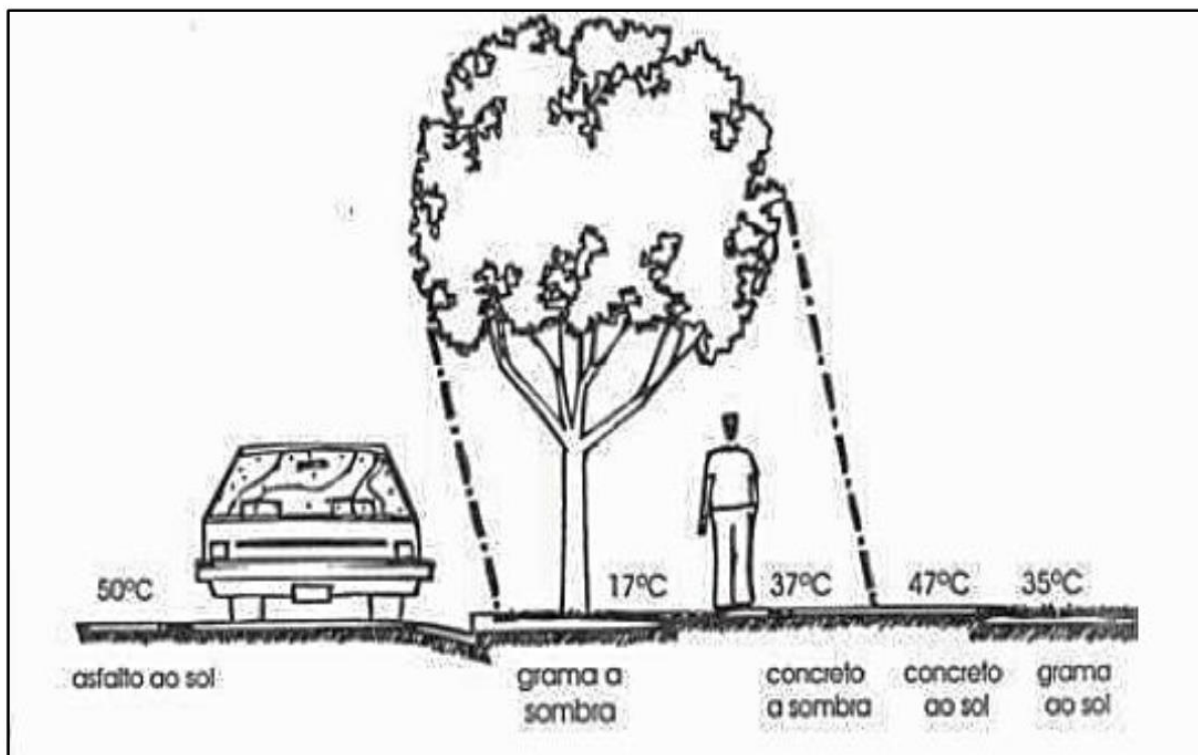
▪ Filtragem e melhoria da qualidade do ar: As árvores filtram os gases nocivos e indesejáveis existentes na atmosfera. Na presença de luz, ao iniciar a fotossíntese, as suas raízes retiram água do solo, distribuída para toda a planta durante o processo. Ao converter dióxido de carbono (um dos gases responsáveis pelo efeito estufa) em oxigênio, por meio da fotossíntese, as árvores contribuem para manter a qualidade do ar, retendo alguns gases nocivos que seriam liberados na atmosfera.

Segundo Vincent Cotrone, do *Massachusetts Department of Conservation and Recreation*, as árvores possuem capacidade de absorver entre 55 e 109 quilos de gases poluentes, como o dióxido de enxofre, decorrentes da queima do carvão; os óxidos nitrosos, vindos dos escapamentos de carros e caminhões; e partículas poluentes provenientes, principalmente, do diesel. Zonas urbanas arborizadas podem apresentar até 60% menos de partículas poluidoras, de acordo com a mesma fonte.

Saxe (1991), em sua revisão sobre os efeitos fisiológicos dos poluentes atmosféricos em diferentes espécies vegetais, explicita que a poluição atmosférica danifica as árvores de duas maneiras: pela absorção de poluentes químicos através de estômatos e pela deposição de partículas de poeira nas superfícies foliares. A deposição de poeira é especialmente danosa para plantas perenifólicas, devido ao seu efeito cumulativo, mas não se pode esquecer que a capacidade das árvores de remover partículas de poeira da atmosfera é uma das importantes funções da vegetação urbana.

▪ Diminuição dos efeitos das "ilhas de calor": As árvores, ao recobrirem superfícies acumuladoras e refletoras de calor, reduzem os efeitos negativos das chamadas "ilhas de calor". Esse conceito se refere a uma anomalia térmica resultante, entre outros fatores, das diferenças de absorção e armazenamento de energia solar pelos materiais constituintes da superfície urbana (FILHO, 2010; PIVETTA; FILHO, 2002). Essas "ilhas" são consideradas fenômenos climáticos artificiais que ocorrem a partir do maior aquecimento de um local, podendo intensificar-se, de acordo com características na qual estão inseridas, como o material empregado nas edificações e a ausência da cobertura vegetal.

Figura 2. Estudo realizado que mostra a variação de temperaturas em diferentes superfícies comuns em áreas urbanas. Fonte: Mascaró (2005).



Os especialistas destacam que as principais causas das "ilhas de calor" são: alterações no balanço de radiação dos raios solares; uso de materiais com grande capacidade de absorção de radiação solar e de baixa refletividade; poluição multiforme da atmosfera; emissões antrópicas de calor associadas à queima de combustíveis fósseis; redução das áreas verdes; existência de "cânions urbanos" formados pelas edificações mais altas (LOMBARDO, 1985; OKE, 1973).

As temperaturas mais altas geram desconforto térmico para as pessoas; agrava-se ao fato de que a umidade relativa nesses locais costuma ser mais baixa, e o ar contém menos oxigênio que o normal, devido a emissão de poluentes, obrigando os pulmões a bombear mais ar para obter a quantidade necessária de oxigênio para o corpo, aumentando também a sua atividade metabólica. Isto tudo gera fadiga constante para seres humanos e animais e é uma das consequências mais prejudiciais decorrentes das "ilhas de calor" (ARAÚJO JUNIOR, 2011).

Considera-se a "ilha de calor urbana" como o mais claro e o mais bem documentado exemplo de mudança climática provocado pela ação antrópica (BARROS; LOMBARDO, 2016; OKE, 1973). Sua natureza complexa se relaciona com outros importantes fatores, como poluição atmosférica, fortes precipitações com risco de inundações e alteração nas amplitudes térmicas, além da dinâmica de uso e cobertura do solo e outros conjuntos de variáveis, como habitação e saúde pública. Dessa forma, o aumento da vegetação arbórea é uma das principais medidas preconizadas para a diminuição das "ilhas de calor" nas cidades. Pode ser ainda mais eficaz, se aliada a outras ações, tais como: implantação de "telhados verdes"; maior controle da poluição; uso de materiais com alto índice de refletância solar (*Solar Reflectance Index*, SRI, em inglês); e aumento da área permeável do solo, com o emprego de pisos drenantes que favorecem a permeabilidade do solo, entre outras.

- Abrigo e alimentação para a fauna: A existência de árvores garante alimentação, principalmente, por meio de suas flores e frutos, bem como locais para o abrigo e a reprodução de muitos animais e, em especial, dos

pássaros. Algumas espécies, como as aves de rapina, podem contribuir para reduzir vetores nocivos como, por exemplo, a população de roedores. Em muitos locais, as árvores formam “corredores ecológicos”, de forma a permitir o livre deslocamento dos animais, a dispersão de sementes e o aumento da cobertura vegetal. Estudos revelam que diversas espécies de psitacídeos podem se alimentar exclusivamente de indivíduos arbóreos existentes nas cidades (PRADELLA; SILVA; NISI, 2015).

- Redução da poluição sonora: As árvores amortecem o excesso de ruídos existentes nos centros urbanos, melhorando a qualidade de vida da população. Elas podem se tornar verdadeiras barreiras acústicas que ajudam a diminuir a poluição sonora, pois servem de bloqueio natural às ondas de som, entre outros fatores benéficos.

- Aumento do conforto lúmico: As árvores podem atenuar os impactos causados pelas superfícies refletoras existentes nas cidades, que produzem o ofuscamento nas pessoas, gerando grande desconforto e prejudicando a visão.

- Mitigação dos efeitos das mudanças climáticas: Os pesquisadores consideram as árvores urbanas uma das principais estratégias para amenizar ao máximo os efeitos nocivos de temperaturas, que deverão ter o aumento médio acima de 1,5%, a partir de 2030. Elas são consideradas os “guarda-chuvas verdes” que protegerão as pessoas (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2014).

3.2.2. Funções sociais

A arborização proporciona melhores condições de saúde fisiológica e psicológica para os moradores das cidades, pois contribui para promover a sua integração com a natureza. Ajuda também a reduzir o estresse das pessoas, que normalmente ficam constantemente alertas aos variados estímulos do cotidiano. Um pequeno passeio por local arborizado ajuda o cérebro humano a se recuperar e ordenar seus pensamentos. Até mesmo, a simples visualização de um espaço verde por uma janela pode ser reconfortante para as pessoas.

As árvores exercem também funções estéticas, valorizando a paisagem, pois participam a composição do cenário devido a suas qualidades e diversidades visuais – cor, brilho, textura, forma da sua arquitetura – e, principalmente, em face de suas alterações sazonais e dinâmicas na foliação, floração e frutificação, que despertam motivações positivas nos habitantes da cidade, onde geralmente predominam o cinza do concreto e o preto do asfalto.

Nesse sentido, as árvores são consideradas marcadores do cenário urbano, indicando a passagem das diferentes estações do ano, pois reagem às variações climáticas para se preservar e se desenvolver, o que interfere diretamente no bem-estar humano. Essas mudanças, muitas vezes, passam despercebidas aos moradores das cidades. No inverno, por exemplo, as pessoas ficam mais introspectivas e recolhidas. É o tempo ideal para se fazer reflexões profundas e praticar atividades que exigem concentração.

Durante a primavera, estação mais florida, com cores e perfumes, as pessoas podem sentir a força da renovação, o que interfere no seu comportamento. No verão, os dias são mais longos e luminosos e tudo fica mais vivo, influenciando o desenvolvimento das plantas. As pessoas costumam reagir benéficamente a essas mudanças: aumenta a vontade de realizar atividades ao ar livre e praticar exercícios. As árvores, com as chuvas o calor e sol tornam-se ainda mais verdes e oferecem mais sombra e mais umidade, por isso são mais procuradas.

Estudos realizados nos Estados Unidos (Universidade de Temple, Pensilvânia) mostraram também que a vegetação bem cuidada em ruas, parques, praças e jardins ajuda a reduzir a violência e a criminalidade nas cidades.

Este efeito benéfico de desestimular práticas ilegais se relaciona ao fato de a vegetação incentivar a interação social nos espaços públicos, estimulando a difusão de uma cultura ao cidadão de pertencimento do ambiente urbano.

Além disso, está comprovado que as árvores reduzem a incidência de doenças, principalmente as cardiorrespiratórias. Um estudo recente realizado pelo Serviço Florestal dos Estados Unidos revela que cada árvore urbana pode salvar, em média, uma vida a cada ano. Elas atuam principalmente como filtro de dois poluentes extremamente prejudiciais para a saúde humana: o dióxido de nitrogênio (NO₂) e o chamado material particulado inalável, partículas microscópicas que resultam da combustão incompleta de combustíveis fósseis utilizados pelos veículos automotores e indústrias.

Em outra pesquisa, publicada na revista *Proceedings of the National Academy of Sciences* (PNAS), cientistas finlandeses concluíram que a falta de contato com a natureza torna as pessoas mais suscetíveis a desenvolver asma e alergias. O estudo indica que em espaços verdes existem várias bactérias e micro-organismos que ajudam a fortalecer o sistema imunológico dos seres humanos. Crianças e adultos que moram em regiões muito urbanizadas, carentes de um ambiente arborizado, teriam predisposição maior a desenvolver doenças inflamatórias crônicas e autoimunes (BARBOSA, 2013).

Há também estudos que revelam ser menor a porcentagem de pessoas obesas em regiões arborizadas. Além disso, essas regiões são apontadas como fator inibidor do risco de danos à pele e aos olhos, prevenindo alguns tipos de tumores de pele ocasionados pela exposição excessiva aos raios solares e à radiação ultravioleta (PRADELLA; SILVA; NISI, 2015).

3.2.3. Funções econômicas

Verifica-se que as propriedades existentes em áreas arborizadas possuem maior valor de mercado do que aquelas situadas em bairros menos vegetados. Além da valorização imobiliária, a existência de árvores adultas agrega valor aos locais em desenvolvimento e representa incentivo a novos investimentos, em face dos seus benefícios ambientais e paisagísticos.

Nesse contexto, a importância das árvores nas cidades é inequívoca. Elas são consideradas bens públicos de uso comum, nos termos do Artigo 66 do Código Civil brasileiro, estando à disposição da coletividade, o que implica na obrigação legal do município efetuar a sua gestão, devendo cuidar destes bens, de forma a manter as suas perfeitas condições.

Além disso, cabe às prefeituras municipais, responsáveis pela gestão do espaço público, fazer uma seleção adequada das espécies e locais em que as árvores são plantadas. “A escolha da árvore certa para o local certo” é fundamental para o sucesso de qualquer plantio, que se torna ainda mais importante nos dias atuais, quando se pretende mitigar os efeitos das mudanças climáticas, incrementar a biodiversidade, proteger as pessoas dos efeitos nocivos da poluição multiforme que provoca inúmeras doenças e, principalmente, melhorar a qualidade de vida das pessoas nas cidades.

3.2.4. Atributos

Normalmente, as prefeituras municipais brasileiras, principalmente aquelas de maior porte, disponibilizam mudas para o plantio nas vias públicas ou recomendam uma relação de espécies arbóreas que podem ser utilizadas

para essa finalidade. Dentre as qualidades desejáveis para uma árvore de rua, a Prefeitura de São Paulo destaca em seu Manual de Arborização (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2015) que a muda deve ser preferencialmente de espécie nativa, não tóxica e não invasora.

A Prefeitura de São Paulo recomenda ainda que para o plantio nas calçadas/passeios públicos, a escolha da espécie adequada deve permitir o pleno desenvolvimento da árvore, explorando o espaço aéreo disponível, sem causar interferências e danos aos demais equipamentos públicos, às construções e ao calçamento, e conseqüentemente, tendendo a diminuir as ações de manejo, especialmente, podas e transplantes, ao longo do tempo.

A tabela abaixo (Tabela 1) destaca os principais atributos desejáveis para as espécies a serem utilizadas na arborização urbana, a fim de que possa ser utilizadas sem acarretar inconvenientes, conforme apresentado por Pivetta & Filho (2002).

Tabela 1. Alguns requisitos e atributos desejáveis para as espécies arbóreas empregadas na arborização urbana. Fonte: adaptado de Pivetta & Filho (2002).

CARACTERÍSTICAS DESEJÁVEIS PARA AS ESPÉCIES ARBÓREAS EMPREGADAS NA ARBORIZAÇÃO URBANA NO SISTEMA VIÁRIO
Resistência a pragas e doenças, reduzindo o uso de produtos fitossanitários e o risco de queda de árvores em vias públicas.
Velocidade de desenvolvimento média para rápida (espécies pioneiras).
A árvore não deve produzir frutos grandes ou pesados.
Os troncos e ramos das árvores devem ter lenho resistente, bem como serem livres de acúleos ou espinhos.
As árvores não podem conter princípios tóxicos nem provocar reações alérgicas.
A árvore deve apresentar bom efeito estético.
As flores devem ser, de preferência, de tamanho pequeno e não devem exalar odores fortes.
A folhagem deve ser de renovação e tamanho favoráveis, ou seja, preferencialmente perenifólias e com elevada área foliar.
As copas das árvores devem ter forma e tamanho compatíveis com as estruturas dos locais onde serão plantadas.
As árvores devem ser susceptíveis a programas de podas e desbastes.
O sistema radicular deve ser profundo, pois, se for superficial, pode prejudicar as calçadas e as fundações de edificações e muros.

Para Sæbø, Benedikz & Randrup (2003) as árvores indicadas para plantio ao longo dos sistemas viários urbanos devem possuir elevado crescimento apical, maiores ângulos de ramificação, alto valor ornamental, taxas de crescimento mensuráveis e, em geral, elevada expectativa de vida.

Segundo esses autores, essas árvores não devem poluir as ruas com seus frutos e a liberação de pólen deve ser em quantidades moderadas e sem causar alergias aos habitantes locais. É necessário também que tenham ampla variedade de formatos, tamanhos e contornos, para contemplar os diversos tipos de paisagens urbanas. Tanto indivíduos arbóreos de grande porte como outros de menor porte e aqueles com arquiteturas de copa que variam de estreitas a relativamente largas são desejáveis. A fim de garantir o fornecimento de espécies vegetais mais adequadas

às condições do sistema viário urbano, tanto os viveiristas quanto aqueles que se usufruem dessa vegetação devem estar envolvidos no processo de seleção de espécies.

Sobre o local de origem das espécies, Sæbø, Benedikz & Randrup (2003) defendem que as árvores urbanas devem ser preferencialmente nativas regionais em detrimento às exóticas, por possuírem melhor capacidade de adaptação, e afirmam que mover plantas para locais distantes de seus centros de origem, em que a seleção natural já ocorreu, deveria ser evitado ou as possíveis consequências desse deslocamento devem ser, ao menos, analisadas.

Outro aspecto importante relacionado aos atributos desejáveis para as árvores urbanas é a capacidade de resiliência dessas espécies às adversidades do ambiente urbano. Essas árvores estão frequentemente submetidas à estresse devido ao limitado fornecimento de água, causado pela intensa perda de água pelas plantas em resposta às temperaturas mais altas dentro dos centros urbanos. Convém lembrar que as temperaturas médias nos centros urbanos são 1-3°C mais altas que as das áreas rurais (HARRIS; CLARK; MATHENY, 1999).

Além disso, as árvores urbanas sofrem pelas limitações de espaço impostas aos sistemas radiculares e/ou pelo menor volume de água das chuvas que chega até suas raízes, devido à impermeabilização ocorrida nas superfícies urbanas. Algumas árvores são, por natureza, eficazes na captação de água e suas raízes, extensas e bastante ramificadas, alcançam grandes volumes de solo (SÆBØ; BENEDIKZ; RANDRUP, 2003). Ainda, a água pode ser economizada dentro das plantas pelas adaptações nas aberturas estomatais, tanto por meio da diminuição do número de estômatos por unidade de área foliar, como por meio da resposta eficiente dos estômatos ao estresse hídrico (KOZLOWSKI; KRAMER; PALLARDY, 1991).

Árvores plantadas entre edifícios altos podem sofrer de baixos níveis de luz durante uma parte maior ou menor do dia ou do ano. Sob condições de altas temperaturas e elevadas taxas de transpiração, a baixa intensidade luminosa é um fator de estresse severo. Espécies com baixo ponto de compensação luminosa (plantas umbrófilas ou "de sombra") poderiam ser utilizadas nessas situações. A luz difundida pelos postes de luz, veículos, residências e edifícios também pode perturbar os processos naturais de resposta das árvores ao fotoperíodo (SÆBØ; BENEDIKZ; RANDRUP, 2003).

Em relação à resistência das árvores aos solos urbanos, Sæbø, Benedikz & Randrup (2003) afirmam que durante um programa de seleção a gama de condições edáficas que as espécies arbóreas podem tolerar, como diferentes pH, tipos de solo, demandas de nutrientes e disponibilidades hídricas devem ser testadas e descritas, a fim de auxiliar os tomadores de decisão na escolha das árvores ideais.

Sobre a resistência das espécies aos poluentes atmosféricos, Barnes, Hull & Davison (1996) demonstraram que a poluição por SO₂ e, possivelmente por O₃, predispõe as plantas aos danos causados pelas geadas. Sæbø, Benedikz & Randrup (2003) afirmam que os compostos antioxidantes presentes nas plantas parecem ser importantes para a sua defesa contra os poluentes atmosféricos e que a opção por espécies vegetais tolerantes aos poluentes gasosos é uma medida recomendada para locais com alta poluição atmosférica, ao exemplo das grandes cidades brasileiras, como São Paulo e Rio de Janeiro.

Em relação à resistência das plantas a pragas e doenças no ambiente urbano, Sæbø, Benedikz & Randrup (2003) citam três medidas de fácil aplicação para serem adotadas pelas prefeituras. Primeiramente, espécies consideradas hospedeiras de graves doenças ou pragas não devem ser usadas em áreas urbanas. Em segundo lugar, muitas espécies podem ser tolerantes a pragas e doenças se forem plantadas dentro da zona climática na qual já estão adaptadas. Por último, as plantas devem receber boas condições de crescimento por meio de práticas de plantio e programas de manejo adequados. Se estas precauções forem tomadas, as árvores geralmente permanecem saudáveis. Os programas de seleção, entretanto, devem incluir o cultivo de espécies resistentes a determinadas pragas e doenças.

Com relação à classe sucessional das espécies potenciais, Sæbø, Benedikz & Randrup (2003) afirmam que, sob condições severas, algumas espécies pioneiras podem possuir maior tolerância a certos estresses do que outras secundárias ou climáticas. Esses autores defendem ainda que tais árvores pioneiras podem ser experimentadas em ambientes urbanos, mas é necessário obter maiores conhecimentos sobre suas respostas fisiológicas aos estresses para que possam ser utilizadas de forma apropriada.

Acerca da arquitetura da copa das árvores urbanas e da resistência delas aos programas de podas e desbastes recomendados, Pivetta & Filho (2002) relatam que, em muitos casos, a espécie é escolhida pelo efeito ornamental do formato da sua copa e a poda descaracteriza totalmente sua arquitetura original, como ocorre com as coníferas e outras espécies. Sæbø, Benedikz & Randrup (2003) afirmam que, após receber poda severa, as árvores podem apresentar declínio rápido e irreversível. Tais resultados ilustram dois graves problemas na gestão da arborização urbana: a escolha equivocada da espécie ou cultivar de árvore para o local em questão e a decisão insatisfatória sobre o manejo a ser adotado para aquele indivíduo vegetal.

Por fim, a respeito dos padrões de qualidade das mudas que serão plantadas em ruas e avenidas, Pivetta & Filho (2002) afirmam que, de uma maneira geral, elas devem apresentar algumas características básicas:

- serem saudáveis e vigorosas;
- apresentarem tronco reto, sem ramificações laterais até uma altura mínima de 1,80;
- apresentarem ramificações principais (pernadas), em número de 3 a 4 dispostas de forma equilibrada.

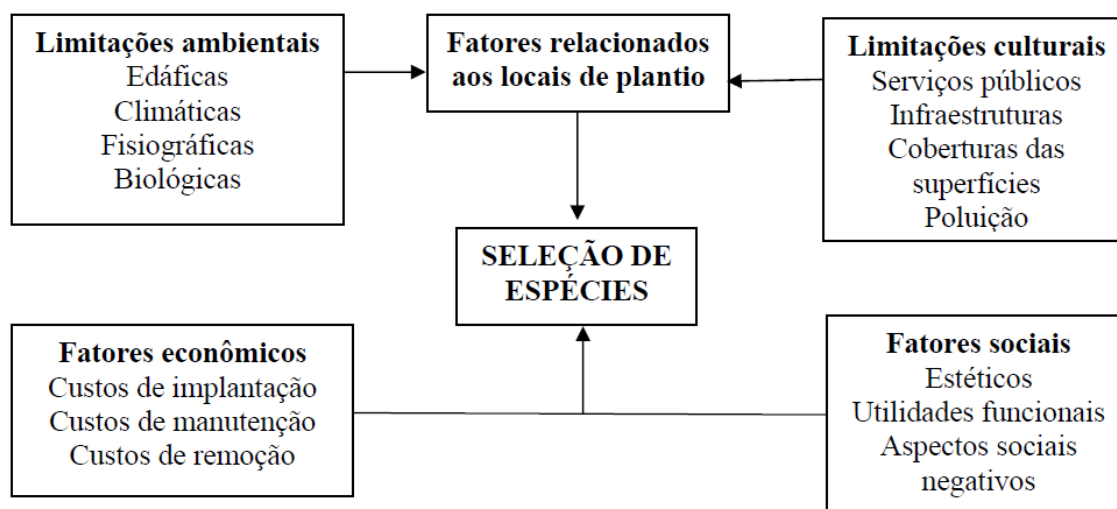
Após pesquisar sobre as funções e os atributos desejáveis para definição das espécies arbóreas a serem plantadas no sistema viário, faz-se necessário estabelecer os critérios de seleção das espécies com base em revisão de literatura e nos atributos e funções previamente estudados.

3.3. Revisão geral sobre os critérios para escolha de espécies arbóreas nos sistemas viários urbanos: padrões globais e peculiaridades brasileiras

Muitas são as listas de espécies arbóreas indicadas para uso no sistema viário urbano, mas poucos são os trabalhos científicos que se aprofundam nos critérios técnicos para escolha de tais espécies, explicitando as razões para seleção de determinadas árvores em detrimento de outras. Existe, portanto, uma lacuna do conhecimento quando se trata de critérios técnicos para elaboração das listas de espécies recomendadas, tanto em nível internacional como no âmbito das cidades brasileiras.

Em seu livro *Urban Forestry: Planning and Managing Urban Greenspaces*, Miller (1997) propôs um modelo de seleção de espécies arbóreas para uso em ambientes urbanos e levou em conta importantes fatores econômicos, sociais e outros relacionados aos locais de plantio para confecção de seu modelo de seleção. Não foram estabelecidas, no entanto, prioridades para os aspectos estipulados, como se observa na figura a seguir.

Figura 3. Fatores importantes para um modelo de seleção de espécies direcionadas a áreas urbanas. Fonte: adaptado de Miller (1997).



Pauleit (2003) destaca que os principais critérios a serem adotados na seleção de espécies adaptadas ao sistema viário urbano são:

- Qualidades arquitetônicas: valores estéticos como fisionomia, formato da copa, padrão de ramificação, textura, casca; cor, textura e coloração outonal das folhas; flores, frutos etc.;
- Longevidade:
 - a. Resistência ao estresse por calor, à seca e às condições de inverno; teor de calcário; pH e compactação do solo; pragas e doenças; sombreamento; poluentes; e sais de degelo;
 - b. Estabilidade física e segurança: altura da primeira ramificação; resistência a danos mecânicos, a ventos e ao descongelamento da neve; e efeitos alergênicos.
- Facilidade de cultivo e propagação em escala.

De acordo com Sæbø, Benedikz & Randrup (2003), além dos critérios básicos a serem cumpridos pelas árvores urbanas, deve-se focar na sua resistência às pressões ambientais e nas funções que realizam no ambiente urbano.

Segundo esses autores, os critérios básicos exigidos para as árvores urbanas são: a adaptação climática, a resistência a doenças e a ampla plasticidade fenotípica dos materiais vegetais escolhidos. Os critérios relacionados à situação urbana são as características estéticas, os fatores sociais, a conformação das raízes, o potencial de crescimento e a forma das árvores, a resistência ao vento, à seca, à ruptura de galhos e a tolerância à poluição atmosférica.

No caso específico da Grécia, a recomendação de árvores para utilização em sistemas viários urbanos baseia-se na análise de quais espécies vegetais ocorrem em áreas naturais nos arredores dos centros urbanos e nas condições de solo, temperatura e precipitação da área em questão, priorizando, portanto, os critérios ecológicos para escolha das espécies ideais (SÆBØ; BENEDIKZ; RANDRUP, 2003).

Por outro lado, na França, desenvolveu-se um sistema de classificação multicritério para ser aplicado pelos responsáveis pelo planejamento das cidades, com o objetivo de identificar espécies nativas com potencial para uso em áreas urbanas (SÆBØ; BENEDIKZ; RANDRUP, 2003). Para tanto, levou-se em conta os seguintes critérios:

- O ambiente natural de ocorrência das espécies e os locais de plantio nas cidades, assim como as respectivas funções das plantas (DUCATILLION; DUBOIS, 1997);
- Valores ornamentais e recreacionais;
- Limitações ambientais das plantas estudadas, como adaptabilidade climática, fatores edáficos, entre outros;
- Riscos à comunidade cidadina: toxicidade, alergenidade etc.;
- Ameaças ecológicas, como as espécies arbóreas com potencial invasor.

De acordo com Sæbø, Benedikz & Randrup (2003), muitos fatores devem ser considerados para escolha de materiais vegetais apropriados ao ambiente urbano, como as qualidades estéticas (formato, florescimento, frutificação, coloração das folhas, estrutura da casca) e aqueles fatores relacionados à resistência aos estresses urbanos.

Segundo Li, Wang & Huang (2011) outros fatores, como contato com poluentes atmosféricos; má drenagem e baixa fertilidade dos solos urbanos; danos mecânicos e vandalismo; alta oscilação da temperatura ambiente; e restrições de espaço para crescimento radicular devem ser levados em conta para seleção de espécies arbóreas para calçadas de ruas e avenidas.

Dentre o número limitado de trabalhos científicos que detalham os critérios técnicos para escolha das árvores urbanas, existem algumas pesquisas em desenvolvimento, com o intuito de definir prioridades e pontuações para os principais fatores determinantes na escolha de espécies arbóreas com potencial para uso em sistemas viários urbanos.

Sabe-se que a determinação das prioridades entre cada um dos fatores adotados no processo de seleção de espécies altera-se de acordo com a localização geográfica do município escolhido, uma vez que as condicionantes edafoclimáticas, culturais, históricas, florísticas e mercadológicas variam consideravelmente, assim como os próprios fatores determinantes.

Faz-se necessário, no entanto, definir padrões gerais de prioridades que possam ser subsequentemente adaptados às diferentes regiões do globo. Em relação às estimativas de pontuações para tais critérios e fatores, constitui-se um mecanismo de quantificação de variáveis, atualmente analisadas de forma bastante superficial e incompleta, quando não são ignoradas por completo nos processos de tomada de decisão sobre a seleção da espécie arbórea.

Li, Wang & Huang (2011) propuseram uma chave de seleção baseada na combinação dos diferentes fatores que interferem num programa de arborização urbana bem-sucedido. Para tanto, definiram cinco níveis de pontuação (Apêndice A).

No que tange à realidade dos municípios brasileiros, existem diferenças significativas a serem consideradas na seleção das espécies vegetais potenciais. Em grandes centros urbanos, como é o caso da cidade global de São Paulo, onde a pressão antrópica é elevada e crescente, o patrimônio arbóreo deve apresentar alta capacidade de resiliência às adversidades do meio urbano. Dessa forma, os critérios relacionados à resiliência das espécies ao ambiente urbano merecem uma atenção especial.

No entanto, muitas irregularidades frequentemente observadas em sistemas viários de municípios brasileiros, como São Paulo, extrapolam o âmbito da escolha inadequada das árvores plantadas e estão relacionadas à manutenção deficiente das florestas urbanas e da infraestrutura do viário. Entre os problemas enfrentados pelas árvores nas cidades brasileiras, a Prefeitura de São Paulo (2015) destaca os seguintes:

- Falta de espaços para o desenvolvimento radicular, no caso de abertura de covas de dimensões reduzidas;
- Solos compactados que dificultam a aeração e a infiltração de água;
- Pouca disponibilidade de nutrientes no solo;
- Fiação elétrica convencional de média e alta tensão não protegida e compactada;
- Danos causados por veículos, como atrito, colisões e emissões gasosas;
- Vandalismo e depredações;
- Déficit ou ausência de manejo agrônômico (podas, controles fitossanitários, adubações etc.);
- Queda de galhos e indivíduos arbóreos inteiros, principalmente nas estações chuvosas do ano.

Além disso, segundo Buckeridge (2015), qualquer plano adequado de plantio de árvores deve levar em conta as características fisiológicas das espécies a serem plantadas. Mas isso é mais difícil no Brasil, porque em uma região tropical como a nossa a diversidade de espécies é muito grande e há relativamente poucos estudos sobre elas.

Na imagem abaixo (Figura 4) é possível observar situações problemáticas comumente observadas no sistema viário de nossas cidades, como: canteiros com dimensões reduzidas, raízes compactadas e, conseqüentemente, má drenagem urbana (A); poda drástica decorrente da escolha inadequada de indivíduo arbóreo plantado em calçada (B); canteiros com dimensões bastante reduzidas e indivíduo arbóreo com raízes agressivas, ocasionando rompimento do calçamento (C); e expansão inapropriada de canteiro central com problemas estéticos e estruturais (D).

Figura 4. Diferentes situações problemáticas enfrentadas pelas árvores no sistema viário urbano em diversas cidades brasileiras.
Fonte: Marcelo Leão (2019).



4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Definição da escala de valores dos principais fatores determinantes na escolha das espécies arbóreas potenciais

Inicialmente, foi necessário definir quais seriam os critérios e os fatores-chave para compor a matriz de seleção de espécies arbóreas potenciais destinadas ao plantio ao longo do sistema viário em municípios brasileiros. Para tanto, definiu-se neste trabalho que existem fatores eliminatórios e classificatórios a serem considerados na tomada de decisão sobre qual espécie pode ser empregada e qual não é indicada para essa finalidade.

Segundo Green (2008), em seu *Método de seleção de espécies por exclusão*, defende que a seleção não se dá pela escolha da espécie que aparenta ter maior aptidão, mas, sim, excluindo aquelas que possuem atributos inadequados ao meio urbano. Tais atributos foram aqui denominados de fatores eliminatórios e, por si só, descartam determinada árvore da chave de seleção de espécies potenciais para sistemas viários, devido à gravidade dos danos que podem vir a ocasionar tanto à segurança e ao bem estar da população citadina, quanto à manutenção da biodiversidade e à integridade do patrimônio público e privado das cidades.

Os fatores eliminatórios, assim como os fatores classificatórios que serão apresentados na sequência, foram estabelecidos pelos autores do presente trabalho, com base em consultas a materiais bibliográficos, em trocas de informações com o grupo de pesquisadores do Laboratório de Silvicultura Urbana da ESALQ/USP e em nossa própria experiência profissional e acadêmica. Os fatores eliminatórios estão descritos a seguir.

- Potencial invasor ao meio ambiente, por exemplo, a leucena (*Leucaena leucocephala*) e o ipê-de-jardim (*Tecoma stans*);
- Presença de frutos grandes, como, por exemplo, a jaqueira (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) e o abricó-de-macaco (*Couroupita guianensis*);
- Ocorrência de espinhos ou acúleos em qualquer parte da planta, como a paineira-rosa [*Ceiba speciosa* (St.-Hill.) Ravenna] e a palmeira macaúba (*Acrocomia aculeata*);
- Presença de materiais vegetais tóxicos ou com potencial alergênico, por exemplo, a espirradeira (*Nerium oleander*) e o chapéu-de-napoleão (*Thevetia peruviana*), ambos da família botânica *Apocynaceae*;
- Ocorrência de sistema radicular agressivo, como as raízes tabulares ou as raízes aéreas presentes em espécies do gênero *Ficus*, como a figueira-benjamin (*Ficus benjamina*) e a figueira-asiática (*Ficus microcarpa*).

A seguir, apresentam-se (Figura 5), à esquerda superior, exemplar de abricó-de macaco (*Couroupita guianensis*), com destaque para os frutos de grande porte caídos ao chão; à direita superior, exemplar de chapéu-de-napoleão (*Thevetia peruviana*), cuja ingestão de qualquer parte da planta pode ocasionar grave intoxicação; à direita inferior, destaque do sistema radicular aéreo de espécie de figueira (*Ficus* sp.); e à esquerda inferior, conjunto de árvores da espécie exótica invasora conhecida como leucena (*Leucaena leucocephala*).

Figura 5. Exemplos de espécies arbóreas inapropriadas para o ambiente urbano sendo utilizadas em distintos municípios brasileiros. Fonte: acervo pessoal do autor (2021).



Após desconsiderar as espécies arbóreas inadequadas aos sistemas viários urbanos, procede-se com a atribuição das pontuações às demais espécies objeto deste estudo. Para tanto, foram definidos neste trabalho fatores classificatórios de acordo com as características de cada uma das espécies a serem analisadas.

Por fatores classificatórios compreende-se aqueles que podem ampliar ou reduzir a potencialidade de determinada espécie arbórea e que, em conjunto, facilitam a tomada de decisão sobre qual árvore deve ser plantada em cada local da calçada, porém, nenhum deles apresenta grau de risco tão elevado a ponto de desclassificar a adoção de certa espécie vegetal. Optou-se por dividir os fatores classificatórios de acordo com quatro critérios: paisagísticos, ecológicos, econômicos e de plasticidade.

Em relação aos critérios paisagísticos para seleção de espécies potenciais ao emprego na arborização urbana, e com base nos critérios de avaliação propostos por Li, Wang & Huang (2011), apêndice A, e no *Índice Composto de Potencial Ornamental de Espécies Tropicais*, apresentado por Chamas & Matthes (2000), apêndice B, definiu-se, como fatores paisagísticos os aspectos das flores, frutos, folhas, tronco e o valor histórico-cultural das árvores.

Entende-se que o potencial de atração de polinizadores, a duração da floração e o aroma exalado pelas flores, seja ele agradável ou não, devem ser valorados em uma espécie arbórea potencial.

Em relação aos frutos, a dimensão (pequeno ou médio porte), o potencial de atração para alimentação da fauna local, além da duração do período de frutificação devem ser valorados e classificados.

Quanto aos aspectos da folhagem, a deciduidade foliar e o tamanho das folhas devem também ser considerados. Nesse item, especificamente, entende-se que as folhas sempre verdes ou perenifólias possuem maiores vantagens em relação às semidecíduas e decíduas, ou caducas. Isso se dá em face da contribuição ecológica mais alta e uniforme, obtida ao longo do ano, no caso das espécies perenifólias, além do menor número de folhas depositadas no solo (como ocorre com as espécies decíduas e semidecíduas) que representam um inconveniente para a população citadina.

Ainda nesse item, com relação à dimensão das folhas das árvores, considerou-se ainda que as de maior porte trazem maior contribuição ecológica, ou funcional, e são melhor aceitas pela população urbana do que as folhas de pequeno porte. No que tange às características do tronco, tem-se que a retitude e a ornamentabilidade são fatores essenciais a serem adotados na seleção da espécie arbórea.

Outras características importantes, como ocorrência de casca inclusa, tipo de inserção do ramo primário e altura da primeira ramificação podem ser modificados ainda nos viveiros de produção de mudas, por meio da realização de podas de condução. Nesse sentido, até mesmo espécies com baixa altura média da primeira ramificação, como o pau-ferro (*Libidibia ferrea*) e o alecrim-de-campinas (*Holocalyx balansae*) podem ser utilizadas com êxito na arborização urbana, caso recebam tratamentos culturais adequados nos viveiros.

Considerou-se, ainda, aos fatores paisagísticos o valor histórico-cultural das árvores, partindo do entendimento de que aquelas espécies já consagradas pela população urbana, seja em escala local ou internacional, devem ser avaliadas com maior profundidade, para uso em calçadas e canteiros centrais das cidades brasileiras.

Em relação ao critério ecológico, utilizou-se como principal referência para definição dos fatores a escala de avaliação de Li, Wang & Huang (2011), apêndice A. Estipulou-se, portanto, que os fatores ecológicos são: diâmetro da copa, altura média, diâmetro à altura do peito (DAP), densidade do dossel e centro de origem da espécie arbórea.

Com exceção do centro de origem das espécies – fator adicionado posteriormente à escala de valores e cujas informações estão prontamente disponíveis na literatura –, para os demais fatores ecológicos foi utilizado, neste

trabalho, o banco de dados existente no Laboratório de Silvicultura Urbana da ESALQ/USP, contendo o cadastramento das 213 espécies ocorrentes no *Campus* Luiz de Queiroz.

Um terceiro critério incluído na escala de valores é o de plasticidade ou resistência às condições urbanas. Trata-se de um importante critério, porém, de difícil mensuração, dada a complexidade embutida em seus fatores-chave, a saber: resistência ao déficit hídrico, resistência a solos de baixa fertilidade, resistência a temperaturas extremas, resistência a pragas e doenças e densidade média da madeira.

Em relação aos parâmetros para classificação da resistência ao déficit hídrico, a solos de baixa fertilidade e resistência a temperaturas extremas optou-se por manter a valoração proposta por Li, Wang & Huang (2011) em: forte, relativamente forte, médio, relativamente fraco e fraco.

Para tanto, baseou-se nas informações encontradas na literatura científica para preencher a escala de valores, com o maior nível de precisão possível, tendo em conta que a quantidade de pesquisas realizadas e publicadas ainda é bastante escassa para algumas espécies arbóreas consideradas potenciais para o emprego na arborização urbana.

No caso do fator “resistência a pragas e doenças”, diante da sua expressiva importância e elevada complexidade, a relação patógeno-hospedeiro deve ser estudada caso a caso. Nesse sentido, está em andamento a realização de um estudo paralelo, em parceria com a doutoranda Mariana Saito, também pós-graduanda do Laboratório de Silvicultura Urbana da ESALQ/USP e mestre em fitopatologia pela mesma instituição, para estudar novas formas de se classificar a potencialidade das espécies para uso na arborização urbana, com base em suas susceptibilidades ou resistências determinadas pragas e doenças comuns nas cidades.

Dessa forma, uma nova classificação está sendo desenvolvida levando em conta a imunidade, tolerância ou susceptibilidade das árvores às pragas e doenças, subdividindo a pesquisa em patógenos de raízes, tronco, sementes e partes aéreas (folhas, flores e frutos) e suas respectivas gravidades aos indivíduos arbóreos.

Para o presente trabalho de pesquisa foram adotados os parâmetros definidos por Harri Lorenzi (1992, 1998) baseados na resistência das árvores ao ataque de organismos xilófagos.

Outra pesquisa paralela está sendo realizada sobre o fator de densidade da madeira, em parceria com a mestra Isabela Guardia, cuja dissertação explicitou os métodos de avaliação da integridade de troncos e raízes de árvores urbanas, com base em tomografias com amostras de madeira e comparações com densidades da madeira por espécie (GUARDIA, 2020).

Por fim, incluiu-se o critério econômico por se entender que é parte crucial do cultivo de uma espécie arbórea não convencional para emprego na arborização urbana e sua inserção no mercado de plantas. Nesse sentido, foram adicionados três fatores econômicos e mercadológicos: velocidade de crescimento, expectativa de vida e disponibilidade de propágulos da espécie.

Sobre os fatores de velocidade de crescimento e expectativa média de vida, utilizou-se como base para atribuição das pontuações os trabalhos científicos publicados sobre as espécies arbóreas em questão, enquanto para o fator de disponibilidade de mudas ou outras fontes de propágulos, o uso da escala de valores se dá pela busca rápida da presença da árvore potencial no mercado de produção de mudas e sementes.

A escala de valores confeccionada baseia-se nos quatro critérios previamente estabelecidos, que são: paisagístico, ecológico, econômico e de plasticidade. Buscou-se elaborar uma escala de pontuações acessível a todos os profissionais da área de arborização urbana, independentemente do seu grau de expertise ou facilidade para aquisição de dados e equipamentos. Sendo assim, o preenchimento das pontuações para determinada espécie pode ser realizado, a despeito do volume de informações acumulado sobre essa espécie, ou do grau de experiência do

avaliador e, para tanto, deve-se recorrer à alternativa que melhor se adapte às condições observadas para aquela árvore. Destaca-se, no entanto, que quanto maior o conhecimento sobre determinada espécie, maior a *expertise* do avaliador e mais elevado seja o acesso a recursos, dados e equipamentos técnicos para mensurações, maior será o grau de precisão da avaliação.

4.2. Estabelecimento das prioridades: atribuição de pesos para os fatores por meio da análise hierárquica (AHP)

A segunda etapa do processo de seleção de espécies potenciais consiste na atribuição de prioridades aos critérios e fatores previamente elencados na escala de valores, por meio do método da análise hierárquica, ou “*Analytic Hierarchy Process*” (AHP, em inglês), desenvolvido e implementado por Thomas Saaty (2008). Os cálculos foram operacionalizados no *Microsoft Excel 2016* e no *software R*, versão 3.6.1. (R CORE TEAM, 2019).

O AHP utiliza a matemática para processar as preferências subjetivas de indivíduos ou grupos que tomam decisões, visando solucionar um problema específico. Seu funcionamento consiste em transformar uma decisão complexa em algumas decisões mais simples, de maneira hierárquica.

A operação do método AHP tem como objetivo, a partir de um conjunto de alternativas, estimar prioridades para cada uma delas. O procedimento desenvolve-se pela geração e pela comparação das alternativas, duas a duas, em relação a determinados critérios, correlacionando os julgamentos em uma escala de 1 a 9 (Escala de Razão ou Escala Fundamental de Saaty). Assim, o resultado é o vetor de prioridade das alternativas, isto é, a ordenação de importância delas.

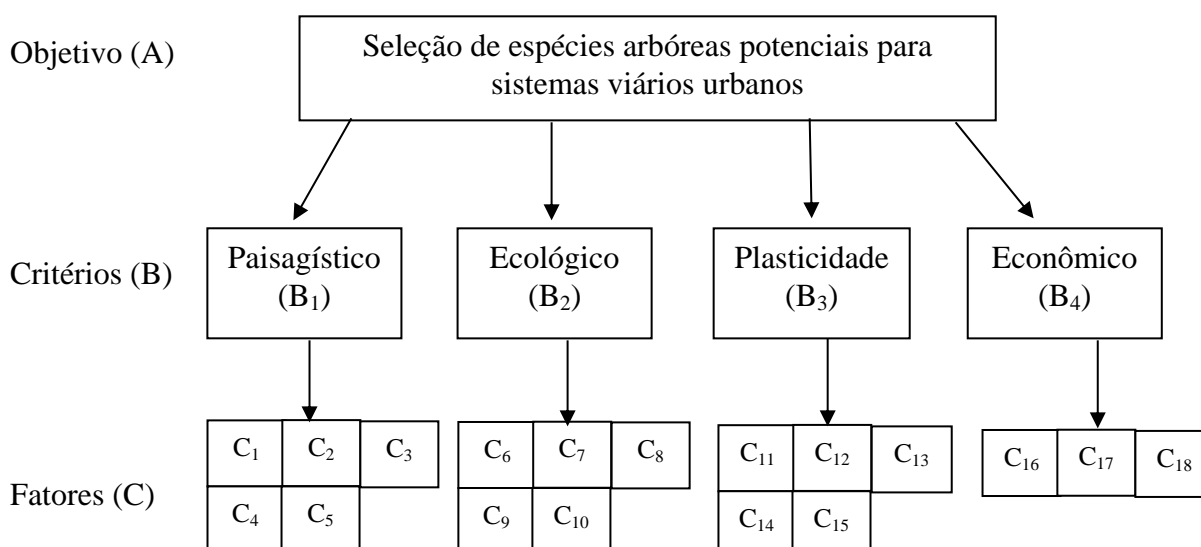
Figura 6. Escala de Razão ou Escala Fundamental de Saaty. Fonte: Adaptado de Saaty (2008).

ESCALA FUNDAMENTAL DE SAATY		
Grau de Importância	Recíproca	Definição
1	1	Iguais em importância
2	1/2	Intermediário
3	1/3	Importância moderada
4	1/4	Intermediário
5	1/5	Mais importante
6	1/6	Intermediário
7	1/7	Muito mais importante
8	1/8	Intermediário
9	1/9	Extremamente mais importante

Na análise hierárquica, o problema deve ser estruturado hierarquicamente e seguido de um processo de priorização das alternativas. As preferências do agente da decisão são então organizadas em uma matriz de decisão quadrada (recíproca e positiva) $n \times n$, denominada matriz de comparações par a par ou matriz dominante.

A seguir (Figura 7), apresenta-se a estrutura hierárquica do processo de seleção de espécies arbóreas potenciais para sistemas viários urbanos, contendo o objetivo (A), os critérios (B) e os respectivos fatores (C): Florescimento (C_1); Frutificação (C_2); Folhagem (C_3); Tronco (C_4); Valor histórico-cultural (C_5); Diâmetro da copa (C_6); Altura (C_7); DAP (C_8); Densidade do dossel (C_9); Centro de origem (C_{10}); Resistência ao déficit hídrico (C_{11}); Resistência a solos de baixa fertilidade (C_{12}); Resistência a temperaturas extremas (C_{13}); Resistência a pragas e doenças (C_{14}); Densidade da madeira (C_{15}); Velocidade de crescimento (C_{16}); Expectativa de vida (C_{17}); Disponibilidade de propágulos (C_{18}).

Figura 7. Estrutura hierárquica do processo de seleção de espécies arbóreas potenciais para sistemas viários urbanos. Fonte: adaptado de Li, Wang & Huang (2011).



Segundo Sæbø, Benedikz & Randrup (2003) a decisão sobre quais espécies utilizar e os critérios a serem adotados em cada programa de seleção devem ser discutidos com os gestores públicos, profissionais da área e viveiristas antes que os planos finais sejam definidos.

Dessa forma, nesse trabalho, a definição das prioridades, ou pesos, de cada um dos critérios e fatores elencados se deu pela aplicação de questionários eletrônicos com os profissionais envolvidos na arborização urbana das prefeituras, pesquisadores da área em instituições públicas e privadas e profissionais de empresas ligadas à prestação de serviços em paisagismo e arborização urbana. Ao todo, 12 profissionais receberam os questionários eletrônicos, por e-mail, via *Google* Formulários.

Na primeira seção do questionário, os profissionais foram convidados a responder seis questões de múltipla-escolha referentes ao seu perfil e a sua formação profissional: gênero, faixa etária, grau de escolaridade, setor em que atua, tempo de experiência em arborização urbana e/ou paisagismo e autoavaliação sobre grau de conhecimento acerca dos critérios para escolha de espécies para arborização urbana.

Na sequência, os entrevistados foram confrontados com 39 comparações par a par, sendo seis delas referentes aos critérios gerais para seleção de espécies, dez comparações pareadas entre os fatores paisagísticos, dez

comparações pareadas entre os fatores ecológicos, dez comparações pareadas entre os fatores de plasticidade e outras dez comparações par a par entre os fatores econômicos (Apêndice D). O tempo médio para preenchimento do questionário foi de vinte minutos e ao final foram coletados doze questionários válidos.

Para confecção da matriz de seleção de espécies potenciais para arborização do sistema viário urbano cada um dos fatores recebeu uma pontuação, que foi multiplicada pela sua prioridade por meio da seguinte fórmula:

$$T_1 = \sum_{i=1}^n (R_i \times W_i)$$

Onde T_i é a nota final obtida por determinada espécie arbórea, n é o número total de fatores, R e W são respectivamente a pontuação do fator i e a prioridade, ou peso, do fator i . As notas parciais de cada um dos fatores são somadas para indicar a potencialidade teórica daquela espécie arbórea e, quanto maior a nota final obtida, maior é a aptidão teórica da espécie para uso na arborização de sistemas viários.

Foram realizados ainda o cálculo das razões de consistência (CR) para cada avaliador e a análise de sensibilidade das prioridades finais. A razão de consistência (CR) diz respeito à consistência do julgamento do decisor e é calculada por meio da seguinte fórmula:

$$CR = \frac{CI}{RI}, \text{ onde } CI = \frac{(\lambda_{\max} - n)}{(n-1)}$$
 e RI é o índice de consistência randômico.

O índice de consistência randômico é proveniente de uma amostra aleatória de 500 matrizes recíprocas positivas de dimensão 11 por 11 e é fornecido por Saaty (2008), por meio de uma tabela de referência. Considera-se uma matriz consistente quando a CR é menor que 0,10, ou seja, menos de 10% de inconsistência no julgamento avaliado.

Tabela 2. Índices de consistência randômico (RI) com base na ordem da matriz utilizada (n). Fonte: Saaty (2008).

ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA DE UMA MATRIZ TIPO ALEATÓRIA (SAATY)										
Ordem da Matriz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

A análise de sensibilidade, por sua vez, visa verificar se o modelo criado para o problema é condizente com a realidade e nos possibilita perceber a resistência dos valores das alternativas a possíveis mudanças em partes do problema. Esta análise é importante, pois contribui para a compreensão da abrangência e das limitações do problema por parte do decisor.

Existem várias formas de analisar a sensibilidade de problemas de decisão. Dentre elas, podem-se alterar os pesos relativos dos critérios, a quantidade de critérios e de alternativas, por exemplo. Analisado o comportamento do modelo, ele pode ser validado ou então se percebe a necessidade de alterações em alguma etapa (COSTA; BELDERRAIN, 2009).

4.3. Cálculo das pontuações: aplicação da matriz gerada para seleção de espécies potenciais em sistemas viários da cidade de São Paulo – SP

Como estudo de caso para essa pesquisa e com a finalidade de promover uma aplicação teórica da matriz de seleção de espécies arbóreas para sistemas viários confeccionada neste trabalho, optou-se por direcionar os cálculos de pontuações das potencialidades teóricas para a cidade global de São Paulo – SP. A razão para escolha do município de São Paulo como estudo de caso é devido à contradição entre ser a mais rica cidade brasileira, onde

estão instaladas 96,6% das sedes dos bancos privados estrangeiros que atuam no país e 66,7% das sedes dos bancos comerciais privados brasileiros (PESQUISA FAPESP, 1997), e uma das metrópoles brasileiras com maiores índices de degradação ambiental.

Para tanto, utilizou-se como referência a lista de espécies arbóreas potenciais presente no Manual Técnico de Arborização Urbana de São Paulo (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2015), por se tratar de um dos materiais mais completos e amplamente utilizado quando se trata de arborização urbana no Brasil. Das 74 árvores potenciais listadas pela Prefeitura de São Paulo (2015), cinco delas não foram avaliadas, pois apresentam frutos considerados de grande porte. São elas: guatambu-amarelo (*Aspidosperma ramiflorum*), ipê-tabaco (*Zeyheria tuberculosa*), pacová-de-macaco (*Swartzia langsdorffii*), jatobá (*Hymenaea courbaril*) e sete-casca (*Samanea tubulosa*).

Com relação a outras duas espécies, pimenta-da-jamaica (*Pimenta dioica*) e freixo (*Fraxinus americana*), apesar de serem exóticas, não foram encontrados trabalhos científicos que indicam seu potencial invasor no meio ambiente e, tampouco, outros fatores que poderiam desaconselhar seu uso no ambiente urbano, portanto, foram avaliadas no presente estudo.

Dessa forma, foram classificadas e pontuadas na presente pesquisa 30 espécies arbóreas, escolhidas aleatoriamente a partir das 69 espécies inicialmente disponíveis para classificação, no que se refere ao seu potencial teórico para o plantio em calçadas e canteiros centrais da cidade de São Paulo (Apêndice C).

Além disso, para valoração dos fatores-chave da escala foram utilizadas informações contidas no banco de dados relacional do Laboratório de Silvicultura Urbana da ESALQ/USP (Figura 8), por meio do cadastramento das 4867 árvores, pertencentes a 213 espécies e 56 famílias botânicas, sediadas no Jardim da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, *campus* da Universidade de São Paulo, em Piracicaba – SP (MENDES et al., 2015).

Figura 8. Banco de dados do Laboratório de Silvicultura Urbana contendo o cadastro das 4867 árvores do *campus* da ESALQ/USP em Piracicaba – SP. Fonte: Mendes et al. (2015).

The image shows a web application window titled "Tela de Coleta" with the main heading "Cadastro das árvores do Parque ESALQ". The interface features several tabs: "Especificação", "Dimensões", "Interferências", "Canteiro", "Raízes", "Colo", "Tronco", "Copa", "Avaliação Geral", and "Ações". The "Especificação" tab is active, displaying a form with the following fields and values:

- Data:** 11/12/2013
- Código:** 100
- Coordenadas:**
 - LATITUDE: -22.708024
 - LONGITUDE: -47.631346
 - UTM X: 229692
 - UTM Y: 7486404
- Localização (área):** LSO/LPV/LCF
- no. placa:** 970
- placa antiga:** 4350
- Responsável:** Henrique Mendes
- Especificação:**
 - Nome comum: Sibipiruna
 - Nome científico: *Caesalpinia pluviosa*
 - Responsável: Flávio Henrique Mendes

At the bottom of the form, there is an "Observação" field and a status bar showing "Registro: 100 de 4867", "Não Filtrado", and a "Pesquisar" button.

As informações presentes nesse banco de dados e relativas às 74 espécies arbóreas potenciais listadas pelo Manual Técnico de Arborização Urbana de São Paulo (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2015) foram adicionadas à lista original da Prefeitura de São Paulo, assim como os dados adicionais sobre as espécies encontrados durante a revisão de literatura, obtendo-se, portanto, uma listagem mais completa das características de cada uma das espécies

potencias indicadas para plantio ao longo dos sistemas viários na cidade de São Paulo/SP, conforme pode ser observado no Apêndice C.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Escala de valores para seleção de espécies potenciais para uso na arborização de sistemas viários

A escala de valores confeccionada (Tabela 3) baseia-se nos quatro critérios previamente definidos, que são: paisagístico, ecológico, econômico e de plasticidade. Para cada um desses critérios de seleção foram relacionados fatores, de acordo com a classificação hierárquica anteriormente estruturada, resultando em um total de 18 fatores, sendo:

- a. Paisagístico: florescimento (C₁), frutificação (C₂), folhagem (C₃), tronco (C₄) e valor histórico-cultural (C₅);
- b. Ecológico: diâmetro da copa (C₆), altura (C₇), DAP (C₈), densidade do dossel (C₉) e centro de origem (C₁₀);
- c. Plasticidade: resistência ao déficit hídrico (C₁₁), resistência a solos de baixa fertilidade (C₁₂), resistência a temperaturas extremas (C₁₃), resistência a pragas e doenças (C₁₄) e densidade da madeira (C₁₅);
- d. Econômico: velocidade de crescimento (C₁₆), expectativa de vida (C₁₇) e disponibilidade de propágulos (C₁₈).

Alguns pontos importantes relacionados a escala de valores para classificação e pontuação das espécies potenciais seguem em discussão.

Sobre o critério paisagístico, o primeiro deles diz respeito à subjetividade intrínseca para valoração dos fatores ornamentais. É possível definir métodos de classificação mais objetivos para mensurar itens como tamanho das folhas e frutos e duração da floração e da frutificação? É pertinente buscar métodos mais mensuráveis para esses itens ou é válido manter suas classificações mais abertas?

Entende-se que a metodologia adotada para atribuição de pontuações às espécies botânicas e denominada de análise hierárquica (AHP), mostrou-se eficaz para converter processos decisórios subjetivos em resultados mais objetivos e mensuráveis que podem vir a auxiliar a tomada de decisão por parte dos profissionais da arborização urbana. No entanto, espera-se que a escala de valores aqui apresentada funcione como base para pesquisas posteriores e, por se tratar de um tema complexo e multidisciplinar, possa ser aprimorada a partir de estudos desenvolvidos por especialistas em cada um dos subtemas em questão.

Um segundo questionamento relativo aos critérios paisagísticos, refere-se ao peso dos frutos em relação ao seu tamanho. Existem espécies que apresentam frutos grandes, porém, relativamente leves, como é o caso do mulungu-do-litoral (*Erythrina speciosa*) e outros indivíduos da família *Fabaceae*, bastante ornamentais e que não apresentam risco aparente no ambiente urbano. Como estabelecer a relação tamanho *versus* peso dos frutos como critério de seleção das espécies?

Uma terceira questão a ser discutida relaciona-se com o potencial das flores em atrair polinizadores. Apesar de este ser um atributo altamente favorável do ponto de vista ecológico, e por esse motivo foi avaliado positivamente na escala de valores, pode se tornar uma ameaça para os cidadãos quando os polinizadores são abelhas com ferrão (*Apis mellifera*) ou mamangavas (*Bombus* spp.). Existem também as árvores, como a mirindiba (*Lafoensia glyptocarpa*) e o chapéu-de-sol (*Terminalia catappa*), cujos frutos atraem espécies de morcegos frugívoros. Apesar de não

serem uma ameaça para a população local, a presença de morcegos pode causar inconveniências pelos ruídos noturnos produzidos por eles e os frutos que são despejados nas calçadas.

Sugere-se, desta forma, que o potencial das árvores em atrair polinizadores seja sempre levado em consideração no momento da escolha das mudas a serem plantadas e, de acordo com as características dos locais onde serão instaladas, pondere-se sobre a adoção de tais espécies. Em locais em que o fluxo de pedestres ou ciclistas é intenso e os passeios públicos são estreitos, recomenda-se que não sejam utilizadas árvores que possam atrair abelhas, mamangavas ou morcegos.

Tabela 3. Escala de valores para seleção de espécies potenciais para uso na arborização de sistemas viários, com a classificação e a atribuição de pontuações para cada um dos fatores adotados.

CRITÉRIOS	FATORES	CLASSIFICAÇÃO E ATRIBUIÇÃO DE PONTUAÇÕES				
		10	8	6	4	2
PAISAGÍSTICO	Flor	Floração longa, atrativa para polinizadores	Floração longa, aroma agradável	Floração longa, aroma desagradável	Floração curta, aroma agradável	Floração curta, aroma desagradável
	Fruto	Pequeno, atrativo para fauna	Pequeno, frutificação longa	Pequeno, frutificação curta	Tamanho médio, frutificação longa	Tamanho médio, frutificação curta
	Folha	Folhas sempre-verdes, grandes	Folhas sempre-verdes, pequenas	Folhas semidecíduas, grandes	Folhas semidecíduas, pequenas	Folhas decíduas
	Tronco	Tronco retilíneo, bastante ornamental	Tronco retilíneo, ornamental	Tronco retilíneo, pouco ornamental	Tronco tortuoso, bastante ornamental	Tronco tortuoso, pouco ornamental
	Valor histórico-cultural	Consagrada internacionalmente	Consagrada nacionalmente	Consagrada regionalmente	Consagrada localmente	Valor histórico-cultural pouco representativo
ECOLÓGICO	Diâmetro da copa (metros)	>12	10-12	8-10	5-8	<5
	Altura (metros)	>15	12-15	8-12	5-8	<5
	DAP (Diâmetro à altura do peito em centímetros)	>40	30-40	20-30	10-20	<10
	Densidade do dossel (%)	>80	60-80	40-60	20-40	<20
	Centro de origem	Espécie nativa regional e ameaçada de extinção	Espécie nativa regional	Espécie nativa nacional e ameaçada de extinção	Espécie nativa nacional	Espécie exótica
PLASTICIDADE	Resistência ao déficit hídrico	Forte	Relativamente forte	Médio	Relativamente fraco	Fraco
	Resistência a solos de baixa fertilidade	Forte	Relativamente forte	Médio	Relativamente fraco	Fraco
	Resistência a temperaturas extremas	Forte	Relativamente forte	Médio	Relativamente fraco	Fraco
	Resistência a pragas e doenças	Extremamente resistente ao ataque de organismos xilófagos	Muito resistente ao ataque de organismos xilófagos	Moderadamente resistente ao ataque de organismos xilófagos	Pouco resistente ao ataque de organismos xilófagos	Bastante suscetível ao ataque de organismos xilófagos
	Densidade da madeira	Pesada	Moderadamente pesada	Madeira de média densidade	Relativamente leve	Leve
ECONÔMICO	Velocidade de crescimento	Rápida	Relativamente rápida	Moderada	Relativamente lenta	Lenta
	Expectativa de vida (anos)	>60	40-60	20-40	10-20	<10
	Disponibilidade de propágulos	Amplamente disponível no mercado	Disponível em poucos viveiros comerciais	Difícilmente encontrada no mercado	Propágulos disponíveis somente em áreas naturais, de fácil acesso	Propágulos disponíveis somente em áreas naturais, de difícil acesso

No que diz respeito aos fatores ecológicos, alguns questionamentos devem ser feitos. Seria mais apropriado utilizar o termo “funcional” ao invés de “ecológico”, tendo em conta as contribuições do paisagismo funcional na esfera urbana? As escalas de valores adotadas para os fatores densidade do dossel, diâmetro à altura do peito (DAP), altura média e diâmetro da copa das árvores são compatíveis com a realidade das cidades brasileiras? Caso o tomador de decisão não tenha condições de medir à campo os fatores ecológicos mensuráveis, é possível traçar uma relação entre às escalas de valores numéricas e uma classificação mais genérica, como, por exemplo, “copa densa” e “copa rala” em densidade do dossel?

Por se tratar de uma abordagem do ponto de vista ecológico, estabeleceu-se que maiores valores de diâmetro da copa, altura média, DAP e densidade do dossel das espécies receberiam maiores pontuações, pois suas contribuições ecológicas ao ambiente urbano, como na redução das temperaturas locais, no incremento da umidade relativa do ar e no estoque de carbono, serão conseqüentemente superiores.

Contudo, trata-se de uma abordagem estritamente ecológica e teórica, uma vez que a escolha da espécie adequada a ser plantada em sistemas viários deve considerar ainda as limitações físicas impostas pelos equipamentos públicos, como largura da calçada, presença de fiação elétrica, de recuo em frente ao imóvel e outras especificidades dos locais de plantio, como também os fatores estéticos, a citar a uniformidade das aleias e o efeito plástico da composição arbórea.

Recomenda-se que, para avaliação dos aspectos físicos referentes aos locais de plantio nos sistemas viários, seja utilizada a *Chave Arborizar* presente no Manual de Arborização Urbana da Prefeitura de São Paulo (2015), em que o tomador de decisão encontrará todas as informações sobre as eventuais limitações presentes no viário e quais são as subsequentes restrições em relação a escolha das espécies arbóreas.

Em relação ao critério de plasticidade, ou resistência das árvores às adversidades do meio urbano, evitou-se tratar do estágio sucessional das espécies por entender que a classificação em fatores de resistência contempla as características implícitas em cada uma das classes sucessionais. Contudo, na impossibilidade de adotar a escala de valores proposta nesta pesquisa, recomenda-se que sejam utilizadas espécies pioneiras em detrimento das secundárias ou climáticas, dada sua maior rusticidade e plasticidade, além de apresentarem, em geral, velocidade de crescimento superior às espécies arbóreas das outras duas categorias.

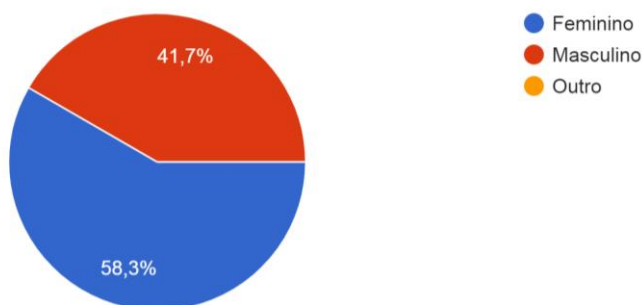
Vale ressaltar que todo o material apresentado neste trabalho, incluindo a escala de valores para atribuição de pontuações e a matriz de seleção de espécies arbóreas com as respectivas prioridades para os fatores, refere-se ao potencial teórico para as árvores estudadas e, para tanto, não são consideradas as limitações práticas da infraestrutura urbana.

Espera-se que os tomadores de decisão que atuam nos setores de arborização urbana, tanto na esfera pública como na privada façam uso desta pesquisa, como estratégia inicial para seleção das árvores potenciais para uso em calçadas e canteiros centrais e que, posteriormente, avaliem todos os aspectos ligados aos locais de plantio como: tamanho da cova, largura da calçada, altura da fiação elétrica aérea, elementos e mobiliário urbano nas calçadas, entre outros.

5.2. Dados globais coletados nos questionários eletrônicos aplicados aos profissionais de arborização urbana

Foram aplicados questionários eletrônicos para coleta de informações acerca dos critérios e fatores envolvidos na seleção de espécies para arborização dos sistemas viários urbanos, sendo entrevistados ao todo doze profissionais das áreas de paisagismo e arborização urbana, sendo 7 (sete) deles do gênero feminino (58,3%) e os outros 5 (cinco) entrevistados do gênero masculino (41,7%).

Figura 9. Gênero dos entrevistados em porcentagem (%).



Em relação à faixa etária dos entrevistados, quatro deles possuem entre 18 e 27 anos (33,3%), outros quatro entrevistados entre 28 e 37 anos (33,3%), um deles, entre 38 e 47 anos (8,3%) e três com 58 anos ou mais (25%).

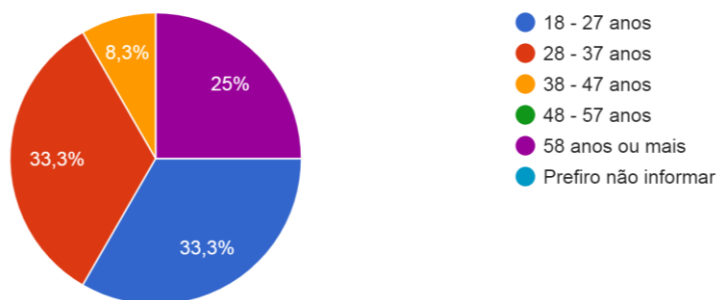
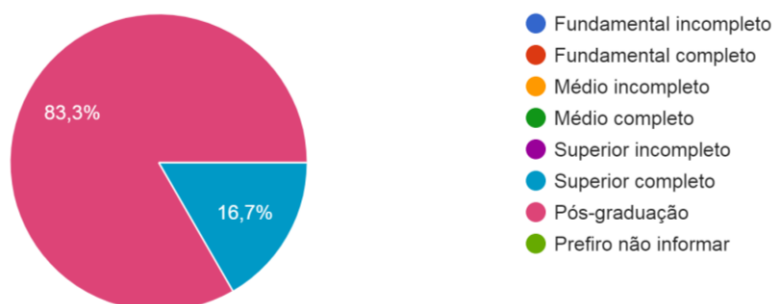


Figura 10. Faixa etária dos entrevistados em porcentagem (%).

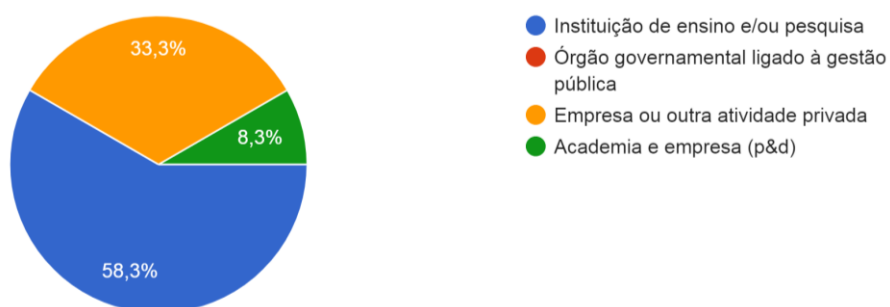
Em relação ao grau de escolaridade, dois entrevistados possuem nível superior completo (16,7%), enquanto os demais dez entrevistados estão cursando ou concluíram algum curso de pós-graduação (83,3%).

Figura 11. Grau de escolaridade dos entrevistados em porcentagem (%).



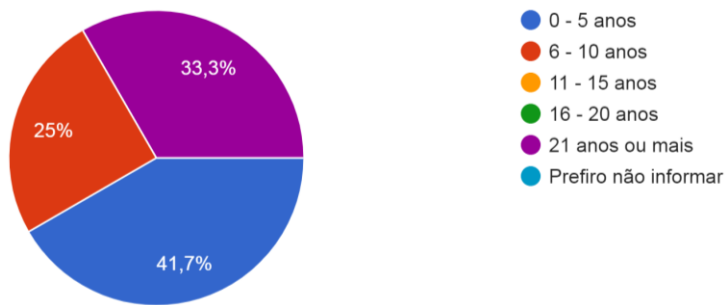
Quando interrogados sobre em qual setor atuavam, sete entrevistados responderam que atuam em alguma instituição de ensino e/ou pesquisa (58,3%); quatro deles em alguma empresa ou atividade privada (33,3%); e um entrevistado respondeu que atua na academia (universidade) e no setor de pesquisa e desenvolvimento (P&D) empresarial (8,3%).

Figura 12. Setor de atuação dos entrevistados em porcentagem (%).



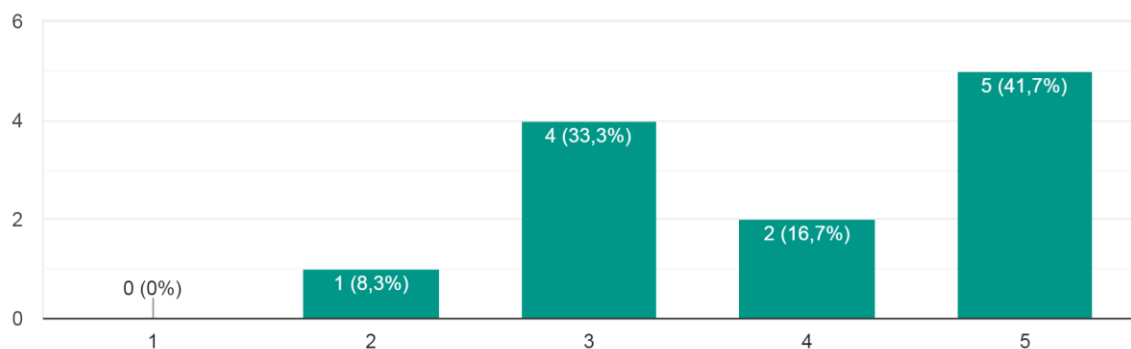
Ao serem interrogados sobre o tempo de experiência nas áreas de arborização urbana e/ou paisagismo, cinco entrevistados afirmaram terem até cinco anos de experiência em alguma das duas áreas de atuação (41,7%); três deles afirmaram terem entre seis e dez anos de experiência em alguma das duas áreas (25%); e outros quatro entrevistados responderam que possuem 21 anos ou mais de experiência em paisagismo e/ou arborização urbana (33,3%).

Figura 13. Tempo de experiência dos entrevistados nas áreas de paisagismo e/ou arborização urbana, em porcentagem (%).



Quando questionados sobre seu grau de conhecimento em relação aos critérios para escolha de espécies para arborização urbana, em uma escala de 1 a 5, em que 1 representa um conhecimento muito reduzido sobre o tema, e 5 conhecimento muito amplo acerca do tema, cinco entrevistados afirmaram possuir conhecimento muito amplo sobre o assunto (41,7%); dois deles afirmam ter amplo conhecimento sobre a temática (16,7%); quatro deles conhecimento mediano sobre o assunto (33,3%); e um deles respondeu ser reduzido o seu conhecimento sobre os critérios para escolha de espécies para arborização urbana (8,3%).

Figura 14. Autoavaliação dos entrevistados sobre seu grau de conhecimento em relação aos critérios para escolha de espécies para arborização urbana.

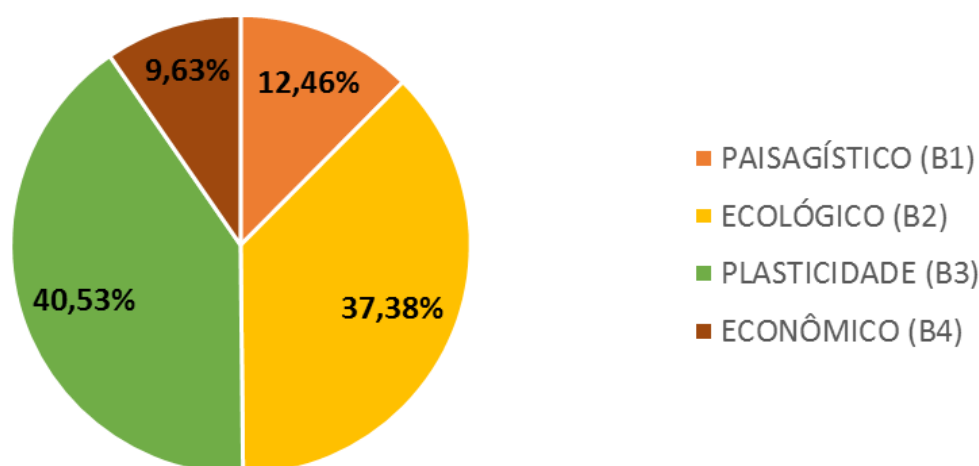


5.3. 5.2. Matriz de seleção de espécies arbóreas potenciais para sistemas viários brasileiros

Com os dados coletados nas entrevistas com doze profissionais que atuam na área de arborização urbana, efetuada por meio de questionários eletrônicos, confeccionou-se a matriz de seleção de espécies arbóreas potenciais para plantio ao longo das calçadas e dos canteiros centrais das cidades brasileiras. Para elaboração dessa matriz de seleção foram calculadas, para cada um dos doze entrevistados, as prioridades locais de todos os quatro critérios (B₁ a B₄) e de todos os dezoito fatores (C₁ a C₁₈) envolvidos no processo de seleção, por meio do método da análise hierárquica ou AHP.

Por meio da média aritmética obtida da soma das prioridades locais definidas pelos especialistas entrevistados, foram calculadas as prioridades gerais para cada um dos quatro critérios envolvidos na seleção de espécies potenciais. Obteve-se, dessa forma, que o critério de plasticidade é o mais relevante para os profissionais consultados (40,53%), seguido do critério ecológico (37,38%), do paisagístico (12,46%) e, por fim, do critério econômico (9,63%), conforme pode ser observado no gráfico abaixo (Figura 15).

Figura 15. Prioridades gerais dos critérios de seleção para espécies potenciais para arborização do viário. Valores calculados a partir das respostas fornecidas pelos especialistas em arborização urbana via questionários eletrônicos.



Na sequência, foram somadas as prioridades locais de cada um dos dezoito fatores e foi então calculada a média aritmética das somas para a obtenção das prioridades ou pesos finais dos fatores. Tais pesos representam a importância geral dada pelos entrevistados para os fatores envolvidos na seleção de árvores potenciais para sistemas viários, com base nos quatro critérios e nos dezoito fatores previamente estabelecidos.

Seguindo a estrutura hierárquica estabelecida para este estudo, os fatores estão representados da seguinte forma na tabela abaixo (Tabela 4): Flor (C₁); Fruto (C₂); Folha (C₃); Tronco (C₄); Valor histórico-cultural (C₅); Diâmetro da copa (C₆); Altura (C₇); DAP (C₈); Densidade do dossel (C₉); Centro de origem (C₁₀); Resistência ao déficit hídrico (C₁₁); Resistência a solos de baixa fertilidade (C₁₂); Resistência a temperaturas extremas (C₁₃); Resistência a pragas e doenças (C₁₄); Densidade da madeira (C₁₅); Velocidade de crescimento (C₁₆); Expectativa de vida (C₁₇); e Disponibilidade de propágulos (C₁₈).

Tabela 4. Matriz confeccionada para seleção de espécies arbóreas potenciais para sistemas viários brasileiros.

DECISOR	PAISAGÍSTICO (B ₁)					ECOLÓGICO (B ₂)				
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀
1	0,038	0,124	0,066	0,131	0,017	0,022	0,018	0,010	0,037	0,074
2	0,020	0,018	0,048	0,006	0,021	0,051	0,114	0,016	0,051	0,081
3	0,003	0,027	0,009	0,005	0,015	0,063	0,024	0,004	0,024	0,024
4	0,009	0,017	0,004	0,021	0,055	0,080	0,098	0,038	0,093	0,132
5	0,016	0,059	0,030	0,004	0,010	0,175	0,190	0,178	0,039	0,010
6	0,061	0,041	0,102	0,026	0,010	0,084	0,078	0,011	0,026	0,144
7	0,020	0,013	0,006	0,002	0,005	0,085	0,052	0,029	0,047	0,036
8	0,004	0,011	0,007	0,025	0,001	0,053	0,120	0,051	0,063	0,008
9	0,012	0,024	0,005	0,017	0,003	0,109	0,192	0,043	0,090	0,020
10	0,018	0,007	0,061	0,043	0,012	0,236	0,120	0,043	0,074	0,015
11	0,016	0,059	0,030	0,004	0,010	0,175	0,190	0,178	0,039	0,010
12	0,022	0,007	0,015	0,014	0,012	0,046	0,019	0,042	0,155	0,155
PESO FINAL	0,020	0,034	0,032	0,025	0,014	0,098	0,101	0,054	0,061	0,059

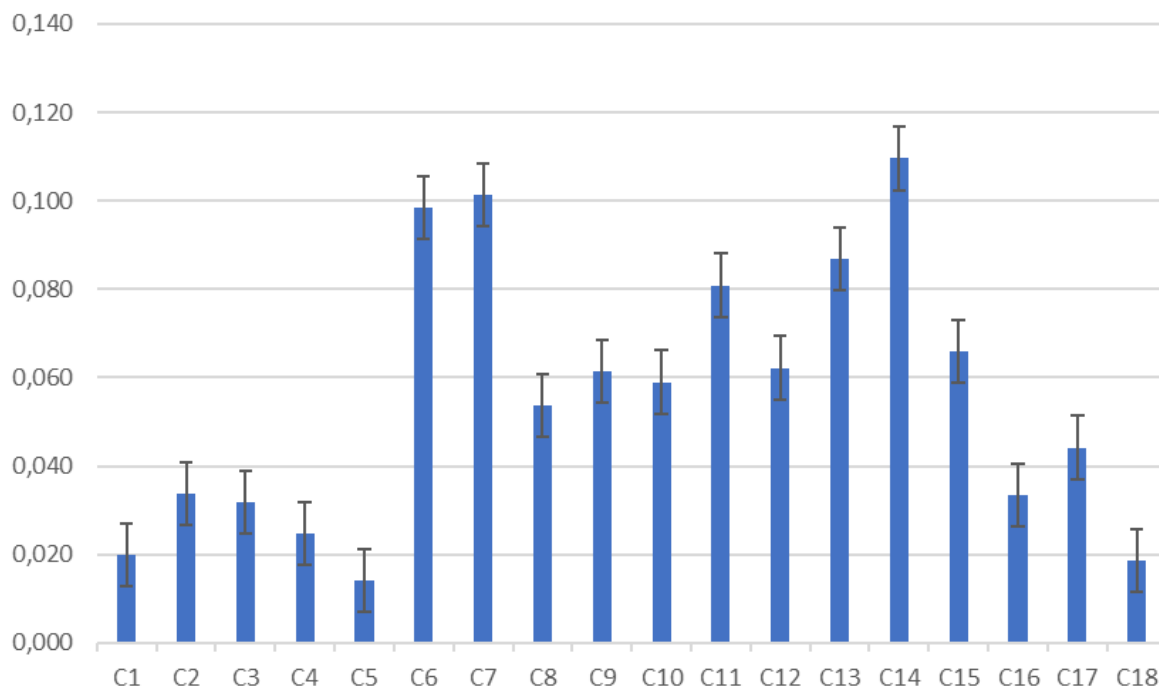
DECISOR	PLASTICIDADE (B ₃)					ECONÔMICO (B ₄)		
	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄	C ₁₅	C ₁₆	C ₁₇	C ₁₈
1	0,028	0,041	0,083	0,136	0,118	0,039	0,006	0,012
2	0,152	0,076	0,214	0,078	0,017	0,009	0,023	0,004
3	0,084	0,050	0,135	0,249	0,024	0,023	0,171	0,066
4	0,088	0,088	0,021	0,117	0,074	0,021	0,030	0,014
5	0,020	0,035	0,007	0,129	0,062	0,009	0,027	0,002
6	0,134	0,032	0,067	0,046	0,017	0,067	0,043	0,011
7	0,110	0,124	0,124	0,098	0,051	0,080	0,065	0,052
8	0,076	0,050	0,120	0,019	0,281	0,082	0,021	0,007
9	0,103	0,109	0,124	0,037	0,018	0,042	0,042	0,010
10	0,028	0,082	0,011	0,149	0,044	0,015	0,039	0,004
11	0,020	0,035	0,007	0,129	0,062	0,009	0,027	0,002
12	0,127	0,025	0,127	0,127	0,025	0,005	0,036	0,039
PESO FINAL	0,081	0,062	0,087	0,110	0,066	0,034	0,044	0,019

A partir dos pesos finais calculados para os dezoito fatores (C₁ a C₁₈) definidos como decisivos para escolha de árvores potenciais para sistemas viários urbanos, tem-se que: resistência a pragas e doenças (C₁₄), altura (C₇) e diâmetro da copa (C₆) foram avaliados como mais importantes pelos doze entrevistados, com pesos finais de 0,110; 0,101 e 0,098, respectivamente; o valor histórico-cultural (C₅), disponibilidade de propágulos (C₁₈) e flor (C₁) foram avaliados como sendo de menor importância na escolha das árvores potenciais, com pesos finais de 0,014; 0,019 e 0,020, respectivamente, conforme pode ser observado no gráfico abaixo (Figura 16).

Seguindo a estrutura hierárquica estabelecida para este estudo, os fatores estão representados da seguinte forma: Flor (C₁); Fruto (C₂); Folha (C₃); Tronco (C₄); Valor histórico-cultural (C₅); Diâmetro da copa (C₆); Altura (C₇); DAP (C₈); Densidade do dossel (C₉); Centro de origem (C₁₀); Resistência ao déficit hídrico (C₁₁); Resistência

a solos de baixa fertilidade (C12); Resistência a temperaturas extremas (C13); Resistência a pragas e doenças (C14); Densidade da madeira (C15); Velocidade de crescimento (C16); Expectativa de vida (C17); e Disponibilidade de propágulos (C18).

Figura 16. Pesos finais obtidos para cada um dos dezoito fatores avaliados pelos decisores entrevistados via *Google* Formulários.



5.3.1. Cálculo das razões de consistência (CR) para cada decisor em todos os parâmetros avaliados

Conforme pode ser observado na tabela abaixo (Tabela 5), foram calculadas as razões de consistência (CR) para os critérios e fatores envolvidos na seleção de espécies arbóreas potenciais, para cada um dos doze profissionais entrevistados neste estudo, com o intuito de obter uma noção generalizada da consistência dos julgamentos dos decisores por meio das comparações pareadas do método de análise hierárquica (AHP).

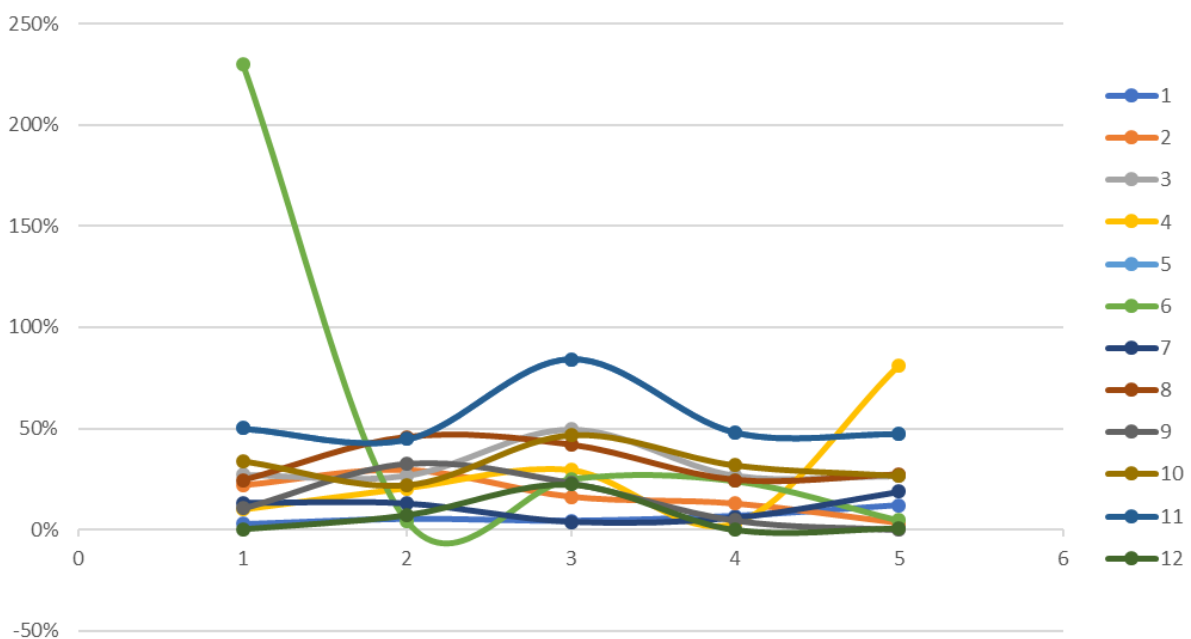
Tabela 5. Análise das razões de consistência (CR) para todos os critérios e fatores avaliados neste estudo preliminar pelos decisores entrevistados (em porcentagem).

DECISOR	CRITÉRIOS (CR ₁)	PAISAGÍSTICO (CR ₂)	ECOLÓGICO (CR ₃)	PLASTICIDADE (CR ₄)	ECONÔMICO (CR ₅)
1	3%	5%	4%	7%	12%
2	22%	29%	16%	13%	3%
3	27%	27%	50%	27%	27%
4	10%	20%	29%	3%	81%
5	50%	45%	84%	48%	47%
6	230%	5%	25%	24%	5%
7	13%	13%	4%	6%	19%
8	24%	46%	42%	25%	27%
9	10%	33%	23%	5%	0%
10	34%	22%	47%	32%	27%
11	50%	45%	84%	48%	47%
12	0%	7%	23%	0%	1%

Os valores de CR_1 representam a consistência dos julgamentos para os critérios gerais de seleção, os valores de CR_2 representam a consistência dos julgamentos para os fatores paisagísticos, os valores de CR_3 mostram a consistência dos julgamentos para os fatores ecológicos, os valores de CR_4 mostram a consistência dos julgamentos para os fatores de plasticidade e os valores de CR_5 representam a consistência dos julgamentos para os fatores econômicos envolvidos no processo de escolha das árvores potenciais. As colorações mais frias representam razões de consistência menores, enquanto as colorações mais quentes representam razões de consistência mais elevadas. Os valores foram transformados e expressos em porcentagem (%).

No gráfico abaixo (Figura 17) estão visíveis as oscilações das razões de consistência dos decisores para cada grupo de critérios e fatores avaliados pelo método da análise hierárquica (AHP). No eixo x do gráfico, 1 representa a consistência dos julgamentos para os critérios gerais de seleção (CR_1); 2 representa a consistência dos julgamentos para os fatores paisagísticos (CR_2); 3 representa a consistência dos julgamentos para os fatores ecológicos (CR_3); 4 representa a consistência dos julgamentos para os fatores de plasticidade (CR_4); e 5 representa a consistência dos julgamentos para os fatores econômicos envolvidos no processo de escolha das árvores potenciais (CR_5). Os valores foram transformados e expressos em porcentagem.

Figura 17. Razões de consistência (CR) para cada grupo de critérios e fatores avaliados pelos doze decisores entrevistados, em porcentagem (%).



5.3.2. Aplicação das análises de sensibilidade para os fatores prioritários mensurados

Foram realizadas, ainda, análises de sensibilidade para as prioridades gerais calculadas para cada um dos doze decisores previamente entrevistados, em todos os fatores definidos como prioritários para a seleção de árvores com potencial de plantio ao longo de sistemas viários urbanos. Para análise de sensibilidade, as prioridades gerais calculadas por meio do método de análise hierárquica (AHP), aplicado às 39 comparações pareadas executadas por

cada um dos doze decisores entrevistados, foram comparadas com as prioridades gerais calculadas levando em conta o mesmo peso para cada um dos 4 grupos de fatores avaliados ($P_{1/4}$) e as prioridades gerais tendo em conta o mesmo peso para cada um dos 18 fatores avaliados ($P_{1/18}$).

Na tabela abaixo (Tabela 6), pode-se observar um exemplo de análise de sensibilidade das prioridades gerais de cada um dos fatores avaliados pelo decisor 12. As prioridades gerais calculadas por meio do método de análise hierárquica ($P_{calculada}$) estão comparadas com as prioridades gerais calculadas levando em conta o mesmo peso para cada um dos quatro grupos de fatores avaliados ($P_{1/4}$) e as prioridades gerais tendo em conta o mesmo peso para cada um dos 18 fatores avaliados ($P_{1/18}$). Destacados, em verde, estão os maiores valores de prioridades gerais obtidos para cada um dos três métodos na análise de sensibilidade do decisor 12, enquanto, em laranja, estão destacados os menores valores de prioridades gerais calculados para cada um dos três métodos utilizados ($P_{calculada}$; $P_{1/4}$; $P_{1/18}$).

Tabela 6. Exemplo de análise de sensibilidade das prioridades gerais para seleção de árvores para plantio ao longo de sistema

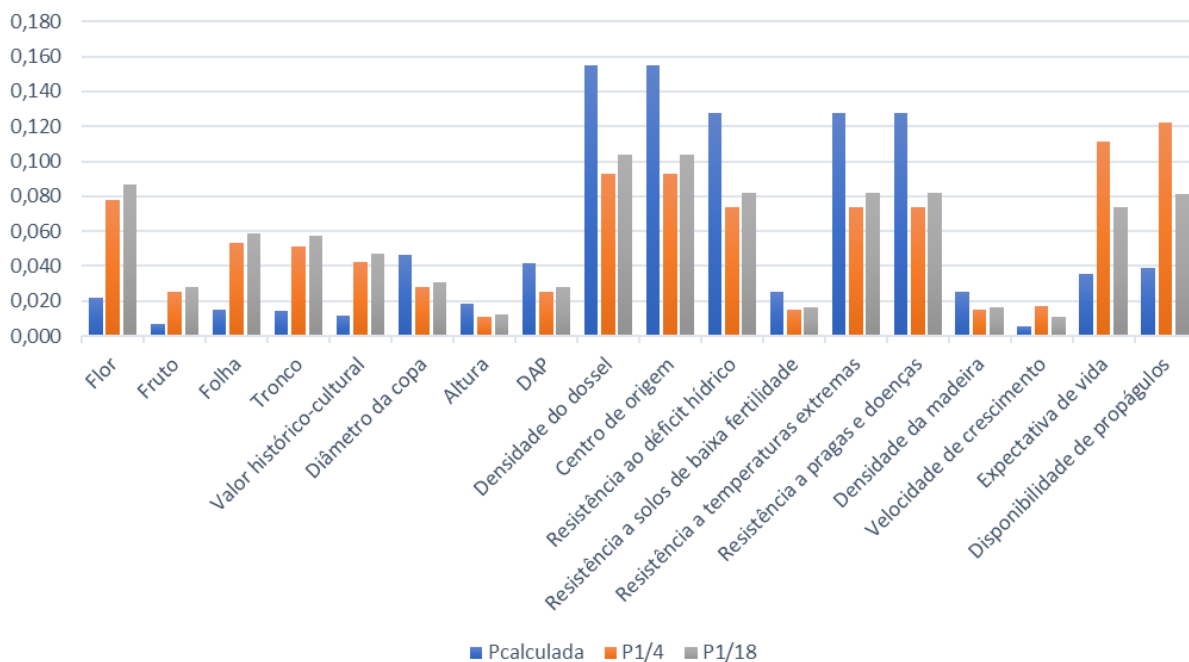
ANÁLISE DE SENSIBILIDADE			
FATORES MENSURADOS	$P_{calculada}$	$P_{1/4}$	$P_{1/18}$
Flor	0,022	0,078	0,087
Fruto	0,007	0,025	0,028
Folha	0,015	0,053	0,059
Tronco	0,014	0,051	0,057
Valor histórico-cultural	0,012	0,042	0,047
Diâmetro da copa	0,046	0,028	0,031
Altura	0,019	0,011	0,012
DAP	0,042	0,025	0,028
Densidade do dossel	0,155	0,093	0,103
Centro de origem	0,155	0,093	0,103
Resistência ao déficit hídrico	0,127	0,074	0,082
Resistência a solos de baixa fertilidade	0,025	0,015	0,016
Resistência a temperaturas extremas	0,127	0,074	0,082
Resistência a pragas e doenças	0,127	0,074	0,082
Densidade da madeira	0,025	0,015	0,016
Velocidade de crescimento	0,005	0,017	0,011
Expectativa de vida	0,036	0,111	0,074
Disponibilidade de propágulos	0,039	0,122	0,081

viário, de cada um dos fatores previamente avaliados pelo decisor n. 12.

Optou-se por apresentar as análises de sensibilidade do decisor 12 pelas baixas taxas de inconsistência (CR) demonstradas nos julgamentos desse decisor. Tanto nos cálculos das prioridades gerais realizados utilizando o método de análise hierárquica ($P_{calculada}$), quanto na análise de sensibilidade executada, tendo em conta os mesmos pesos para os fatores avaliados ($P_{1/18}$), os fatores de densidade do dossel (C_9) e centro de origem (C_{10}) se mostraram mais importantes para esse decisor, enquanto a velocidade de crescimento (C_{16}) se mostrou menos importante para esse decisor nos dois métodos de mensuração supracitados ($P_{calculada}$ e $P_{1/18}$).

No gráfico apresentado a seguir (Figura 18), observa-se um exemplo da análise de sensibilidade aplicada ao decisor n. 12 para os três métodos de mensuração adotados: prioridades gerais para seleção de árvores destinadas ao plantio ao longo do sistema viário, calculadas por meio do método de análise hierárquica ($P_{calculada}$); prioridades gerais calculadas levando em conta o mesmo peso para cada um dos 4 grupos de fatores avaliados ($P_{1/4}$); prioridades gerais tendo em conta o mesmo peso para cada um dos 18 fatores avaliados ($P_{1/18}$).

Figura 18. Análise de sensibilidade dos fatores para três métodos de medição das prioridades para seleção de espécies arbóreas destinadas ao plantio ao longo de sistema viário.



5.4. Lista de espécies arbóreas com potencial de plantio ao longo do sistema viário da cidade-global de São Paulo - SP

Para demonstrar a utilização da matriz de seleção de árvores com potencial de plantio ao longo de sistemas viários urbanos, especificamente calçadas e canteiros centrais de ruas e avenidas, foram escolhidas aleatoriamente trinta espécies arbóreas presentes na lista de árvores potenciais do Manual de Arborização Urbana de São Paulo (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2015).

Seguindo o protocolo definido pelo presente trabalho, primeiramente as espécies escolhidas foram pontuadas com base nas informações compiladas sobre cada uma delas e utilizando, para tanto, a escala de valores produzida neste estudo (Apêndice A). Na sequência, as pontuações parciais de cada um dos fatores predefinidos

foram multiplicadas pelas médias dos pesos parciais calculados a partir das respostas dos especialistas nos questionários eletrônicos, por meio do método de comparações par a par.

Por fim, para cada uma das espécies listadas foram calculadas as respectivas pontuações finais, em uma escala de 0 a 10, conforme apresentado abaixo (Tabela 7).

Tabela 7. Lista de espécies arbóreas com diferentes potenciais teóricos para plantio ao longo das calçadas e canteiros centrais da cidade de São Paulo – SP, com base na matriz de seleção produzida nesse trabalho. Na coluna à direita (P_{total}), estão destacadas as pontuações finais obtidas por cada uma das árvores estudadas, calculadas pela soma dos critérios paisagístico,

NOME CIENTÍFICO	NOME POPULAR	PAISAGÍSTICO (B1)	ECOLÓGICO (B2)	PLASTICIDADE (B3)	ECONÔMICO (B4)	P (TOTAL)
<i>Copaifera langsdorffii</i>	Óleo de Copaíba	1,05	2,90	3,40	0,61	7,97
<i>Dalbergia nigra</i>	Jacarandá da Bahia	0,80	2,70	3,70	0,65	7,86
<i>Lonchocarpus cultratus</i>	Ingá-bravo	0,76	2,58	3,31	0,79	7,44
<i>Ormosia arborea</i>	Olho-de-cabra	0,75	3,02	2,90	0,66	7,32
<i>Handroanthus albus</i>	Ipê amarelo da serra	0,63	2,86	3,03	0,79	7,31
<i>Andira fraxinifolia</i>	Angelim-doce	1,01	2,59	3,05	0,58	7,23
<i>Pterodon emarginatus</i>	Sucupira	0,59	2,59	3,44	0,52	7,14
<i>Bondichia virgilioides</i>	Sucupira preta	0,67	2,27	3,44	0,71	7,09
<i>Astronium graveolens</i>	Guaritá	0,60	2,55	3,29	0,65	7,09
<i>Cariniana legalis</i>	Jequitibá-rosa	0,89	3,42	1,89	0,86	7,05
<i>Machaerium stipitatum</i>	Sapuva	0,88	3,10	2,45	0,62	7,05
<i>Andira anthelmia</i>	Angelim-amargoso	0,82	3,10	2,58	0,54	7,05
<i>Astronium fraxinifolium</i>	Arocira-vermelha	0,60	2,34	3,29	0,68	6,91
<i>Calophyllum brasiliensis</i>	Guanandi	1,06	2,87	2,24	0,65	6,82
<i>Albizia niopoides</i>	Farinha seca	0,63	2,97	2,42	0,77	6,79
<i>Handroanthus ochraceus</i>	Ipê do cerrado	0,64	2,15	3,32	0,65	6,76
<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i>	Peroba-poca	0,79	2,15	3,15	0,66	6,74
<i>Platypodium elegans</i>	Amendoim do campo	0,92	2,38	2,97	0,39	6,66
<i>Plinia edulis</i>	Cambucá	0,89	2,53	2,58	0,58	6,58
<i>Lophantera lactescens</i>	Lo fantera da Amazonia	0,87	2,16	2,70	0,73	6,46
<i>Aspidosperma polyneuron</i>	Peroba-rosa	0,77	2,79	2,28	0,61	6,44
<i>Cordia americana</i>	Guajuvira	0,56	2,70	2,45	0,67	6,39
<i>Jacaranda cuspidifolia</i>	Caroba	0,66	2,07	2,79	0,65	6,17
<i>Aspidosperma parvifolium</i>	Guatambu-oliva	0,72	2,34	2,40	0,62	6,09
<i>Erythrocylum deciduum</i>	Cocão	0,78	1,85	2,83	0,58	6,04
<i>Cybistax antisyphilitica</i>	Ipê-verde	0,56	1,91	3,00	0,52	5,99
<i>Terminalia kuhlmannii</i>	Araçá d'água	0,69	2,47	2,20	0,50	5,86
<i>Bauhinia longifolia</i>	Unha-de-vaca	0,67	1,76	2,77	0,59	5,80
<i>Aspidosperma riedelii</i>	Guatambuzinho	0,57	1,21	3,02	0,54	5,35
<i>Jacaranda puberula</i>	Carobinha	0,52	1,75	2,36	0,53	5,16

ecológico, plasticidade e econômico.

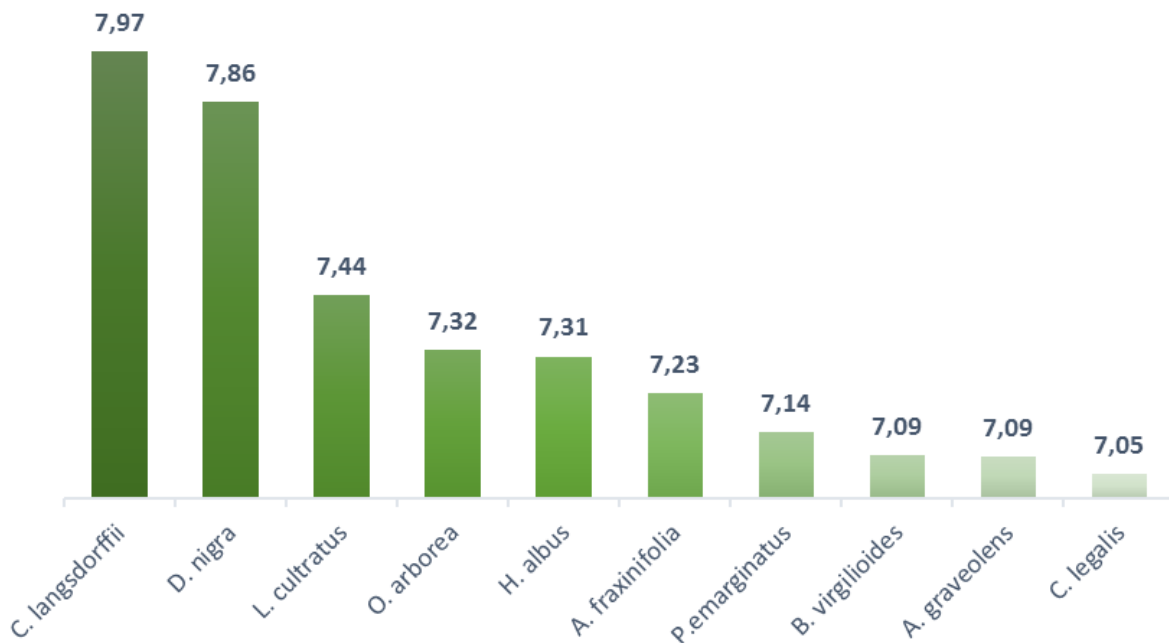
Por se tratar de um trabalho pioneiro na área, ao utilizar o método da análise hierárquica (AHP) para definição de critérios de seleção de espécies arbóreas potenciais adaptadas às condições brasileiras, buscou-se estabelecer um protocolo para seleção dessas espécies com base na comparação entre as pontuações finais obtidas para cada uma delas. Desta forma, não se pretende apresentar aqui quais árvores potenciais devem ou não ser plantadas no sistema viário, e sim, facilitar a tomada de decisão por parte dos profissionais diretamente envolvidos na arborização urbana para que eles tenham maior embasamento técnico e teórico para decidirem quais espécies irão serem testadas para plantio em calçadas e canteiros centrais de nossas cidades, em especial no município de São Paulo - SP, e possam concentrar seus esforços ao definirem árvores prioritárias para testes a partir de uma gama extensa de espécies arbóreas nativas regionais com potencial para uso na arborização urbana.

Assim sendo, optou-se por separar as trinta espécies potenciais inicialmente avaliadas em três categorias com base em suas pontuações finais, e destacá-las com colorações diferentes que representam sua maior ou menor potencialidade teórica para uso em sistemas viários urbanos, conforme apresentado na tabela acima (Tabela 7) e descrito à seguir:

- Vermelho (baixo potencial teórico): pontuação final menor que 5.99;
- Amarelo (potencial teórico intermediário): pontuação final entre 6.00 e 6.99;
- Verde (alto potencial teórico): pontuação final maior que 7.00.

No gráfico abaixo (Figura 19) estão representadas as dez espécies que obtiveram as pontuações finais mais elevadas e são elas: *Copaifera langsdorffii* (Óleo de Copaíba), *Dalbergia nigra* (Jacarandá da Bahia), *Lonchocarpus cultratus* (Ingá-bravo), *Ormosia arborea* (Olho-de-cabra), *Handroanthus albus* (Ipê amarelo da serra), *Andira fraxinifolia* (Angelim-doce), *Pterodon emarginatus* (Sucupira), *Bondichia virgilioides* (Sucupira preta), *Astronium graveolens* (Guaritá) e *Cariniana legalis* (Jequitibá-rosa). Suas pontuações finais foram, respectivamente: 7.97; 7.86; 7.44; 7.32; 7.31; 7.23; 7.14; 7.09; 7.09; e 7.05.

Figura 19. Lista das 10 (dez) espécies arbóreas potenciais presentes no Manual de Arborização Urbana da Prefeitura de São Paulo que obtiveram maiores pontuações finais quanto a sua potencialidade teórica para uso em calçadas e canteiros centrais do município de São Paulo – SP, conforme protocolo definido no presente trabalho de pesquisa.

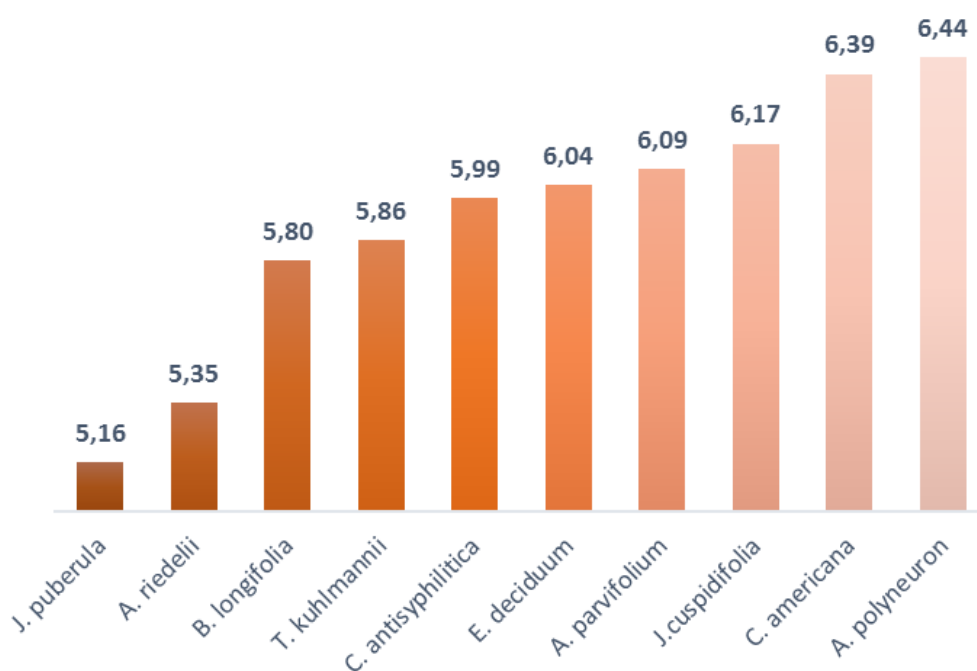


Pode-se interpretar que as maiores pontuações finais recebidas pelas espécies acima representadas se justificam pela combinação das maiores pontuações parciais dadas a elas em fatores que obtiveram maiores pesos, segundo as avaliações do grupo de especialistas entrevistados via questionários eletrônicos. De acordo com os especialistas consultados, os fatores relacionados à plasticidade das espécies, como resistência a pragas e doenças, e os fatores ecológicos, como altura média das árvores e diâmetro médio das copas são mais relevantes durante o processo de seleção de espécies arbóreas potenciais para sistemas viários urbanos.

Dentre as três espécies arbóreas com maior potencialidade teórica, *Copaifera langsdorffii* foi a que recebeu as melhores pontuações na combinação dos três fatores com maiores pesos segundo os especialistas, sendo considerada muito resistente ao ataque de pragas de doenças (8 pontos), com altura entre 12-15 metros (8 pontos) e com diâmetro da copa entre 8-10 metros (6 pontos), enquanto que *Dalbergia nigra* recebeu uma pontuação menor no fator diâmetro da copa (4 pontos) e *Lonchocarpus cultratus* recebeu pontuações menores em dois fatores, sendo um deles diâmetro da copa (4 pontos) e o outro em relação à resistência a pragas e doenças (6 pontos), quando comparadas a *Copaifera langsdorffii*.

No gráfico abaixo (Figura 20) estão destacadas as dez espécies arbóreas que obtiveram as pontuações finais mais baixas e são elas: *Jacaranda puberula* (Carobinha), *Aspidosperma riedelii* (Guatambuzinho), *Bauhinia longifolia* (Unha-de-vaca), *Terminalia kuhlmannii* (Araçá d'água), *Cybistax antisyphilitica* (Ipê-verde), *Erythroxylum deciduum* (Cocão), *Aspidosperma parvifolium* (Guatambu-oliva), *Jacaranda cuspidifolia* (Caroba), *Cordia americana* (Guajuvira) e *Aspidosperma polyneuron* (Peroba-rosa). Suas pontuações finais foram, respectivamente, 5,16; 5,35; 5,80; 5,86; 5,99; 6,04; 6,09; 6,17; 6,39; e 6,44.

Figura 20. Lista das 10 (dez) espécies arbóreas potenciais presentes no Manual de Arborização Urbana da Prefeitura de São Paulo que obtiveram menores pontuações finais quanto a sua potencialidade teórica para uso ao longo do sistema viário da cidade de São Paulo - SP, conforme protocolo estruturado no presente trabalho de pesquisa à partir de critérios e fatores de seleção definidos pelo grupo de pesquisa do Laboratório de Silvicultura Urbana da ESALQ/USP e das prioridades avaliadas por especialistas em arborização urbana entrevistados via questionários eletrônicos.



Dentre as três espécies arbóreas que receberam menores pontuações finais, *Jacaranda puberula* foi avaliada como sendo a árvore com menor potencialidade teórica para uso em sistemas viários, seguida de *Aspidosperma riedelii* e *Bauhinia longifolia*, respectivamente. Um dos motivos que pode justificar essa classificação é a menor pontuação do *Jacaranda puberula* em relação ao fator resistência a pragas e doenças, que é justamente aquele que possui o maior peso segundo os especialistas consultados, sendo considerada pouco resistente ao ataque de organismo xilófagos (4

pontos), enquanto que *Aspidosperma riedelii* e *Bauhinia longifolia* foram consideradas moderadamente resistentes e receberam seis (6) pontos cada um delas na classificação.

Ao isolar *Jacaranda puberula* da análise, quando comparadas as outras duas espécies que obtiveram as menores pontuações, *Aspidosperma riedelii* recebeu as pontuações mínimas nos fatores diâmetro da copa (2 pontos) e altura (2 pontos), enquanto que *Bauhinia longifolia* foi classificada com valor mínimo no fator diâmetro da copa (2 pontos), porém com altura média superior (4 pontos).

Vale ressaltar aqui que existem múltiplas discussões e interpretações referentes à análise dos resultados obtidos. A primeira delas diz respeito à valoração das espécies quanto a altura média dos indivíduos e o diâmetro do dossel. Conforme justificado anteriormente, definiu-se durante a elaboração da escala de valores que as espécies arbóreas com altura média superior e maior diâmetro média da copa seriam contempladas com uma pontuação maior, já que oferecem, conseqüentemente, maiores serviços ecossistêmicos para o ambiente urbano onde estão inseridas.

No entanto, do ponto de vista operacional sabe-se que normalmente opta-se por árvores mais baixas e com menor diâmetro de copa para serem plantadas em calçadas e canteiros centrais. Isso se dá pelas limitações práticas impostas pelo ambiente urbano, como presença de fiação elétrica aérea, canteiros com dimensões reduzidas e calçadas estreitas, por exemplo. Cabe assim, aos responsáveis pela arborização urbana nos municípios, definirem a prioridade que darão para esses fatores e, se for o caso, modificarem a escala de valores de acordo com as limitações operacionais de seus municípios, que podem superar em muitos casos os benefícios ecossistêmicos oferecidos pelas árvores.

Outro ponto importante a ser discutido é sobre a aplicabilidade do protocolo de seleção de espécies confeccionado na presente pesquisa. Ainda que tenhamos despendido nossos esforços em produzir uma matriz de seleção replicável para outras condições urbanas, esse trabalho está direcionado para a realidade da arborização urbana do município de São Paulo – SP. Isso se dá pelo grupo de pesquisa estar localizado próximo a região metropolitana de São Paulo, assim como a maior parte do grupo de especialistas entrevistados, e ter suas pesquisas direcionadas para a capital paulista, como também por adotarmos o Manual de Arborização Urbana de São Paulo (2015) como base para definição da lista de espécies potenciais para plantio em sistemas viários.

Assim, existem fatores e até mesmo alguns critérios que devem ser revistos e adaptados para cada uma das diferentes realidades de nosso país. Um deles é sobre a folhagem das árvores, por exemplo. Ainda que valorizemos a beleza intrínseca na mudança outonal das folhagens, que marca a passagem do tempo e colore nosso imaginário das estações, consideramos que as espécies perenifólias receberiam maior pontuação que as caducifólias ou decíduas. Definimos essa classificação por compreender que o sombreamento é um dos benefícios mais importantes que as árvores podem oferecer no ambiente urbano, especialmente em cidades que sofrem com fenômenos de calor intenso como as “ilhas de calor” que ocorrem na capital paulista. Assim, quanto maior o tempo de permanências das folhas nas árvores, maior sua contribuição no arrefecimento da temperatura e no conforto térmico urbano.

No entanto, em regiões mais frias dos estados ao Sul do Brasil a realidade é distinta. Em algumas localidades, onde as altas temperaturas e as baixas umidades não são problemáticas, as árvores caducifólias podem ser mais adequadas ao ambiente urbano do que as perenifólias. Isso porque elas seguem fornecendo sombra e melhoria das condições microclimáticas durante as estações mais quentes do ano, porém perdem suas folhas durante os períodos mais frios permitindo que mais luminosidade atinja às residências. Nesses casos, recomendamos também uma adaptação da presente matriz de seleção de espécies.

Segundo Sæbø, Benedikz & Randrup (2003), em diferentes regiões tanto as espécies quanto os diversos fatores de seleção terão ênfase e prioridade distintas. Acredita-se, assim, que existe uma forte demanda para aumentarem-se iniciativas de trabalhos sistemáticos de seleção e cultivo de árvores e arbustos adaptados às condições urbanas.

6. CONCLUSÕES

O método de análise hierárquica (AHP, em inglês) e a aplicação de entrevistas com especialistas via *Google Formulários* demonstraram ser eficientes ferramentas para confecção da matriz de seleção de espécies arbóreas destinadas para plantio ao longo de sistemas viários urbanos. Tem-se que a análise de sensibilidade que considerou pesos semelhantes para cada um dos fatores (P1/18) foi a que se mostrou mais representativa na presente pesquisa.

Para reduzir as altas taxas de inconsistência (CR) obtidas nesta pesquisa, faz-se necessário uma apresentação mais aprofundada aos entrevistados sobre o método de análise hierárquica e os itens que compõem cada um dos critérios e fatores a serem avaliados.

Para os profissionais consultados, o critério de plasticidade é o mais relevante (40,53%), seguido do critério ecológico (37,38%), do paisagístico (12,46%) e, por fim, do critério econômico (9,63%). Com relação aos fatores-chave para seleção: resistência a pragas e doenças, altura e diâmetro da copa foram avaliados como mais importantes pelos profissionais entrevistados, com pesos finais de 0.110; 0.101 e 0.098, respectivamente; enquanto que valor histórico-cultural, disponibilidade de propágulos e floração foram avaliados como sendo de menor importância na escolha das árvores potenciais, com pesos finais de 0.014; 0.019 e 0.020, respectivamente.

Para demonstrar a utilização da matriz de seleção foram avaliadas trinta espécies arbóreas presentes na lista de árvores potenciais do Manual de Arborização Urbana de São Paulo. As três espécies com maior potencialidade teórica foram, em ordem decrescente, *Copaifera langsdorffii*, *Dalbergia nigra* e *Lonchocarpus cultratus*. As três espécies arbóreas que receberam menores pontuações finais foram, em ordem crescente, *Jacaranda puberula*, *Aspidosperma riedelii* e *Bauhinia longifolia*, respectivamente.

A partir dessa demonstração, elaborou-se uma classificação das espécies potenciais em três níveis com base em suas pontuações finais obtidas, sendo:

- a. Vermelho (baixo potencial teórico): pontuação final menor que 5.99;
- b. Amarelo (potencial teórico intermediário): pontuação final entre 6.00 e 6.99;
- c. Verde (alto potencial teórico): pontuação final maior que 7.00.

O protocolo de seleção de espécies proposto neste trabalho, incluindo a escala de valores para atribuição de pontuações e a matriz de seleção de espécies arbóreas com as respectivas prioridades para os fatores, refere-se à potencialidade teórica das árvores estudadas e, para tanto, não são consideradas as limitações práticas da infraestrutura urbana, como presença de fiação elétrica aérea, canteiros com dimensões reduzidas e calçadas estreitas, por exemplo.

Cabe assim aos responsáveis pela arborização urbana nos municípios definirem a prioridade que darão para esses fatores e, se for o caso, modificarem a escala de valores de acordo com as limitações operacionais de seus municípios, que podem superar em muitos casos os benefícios ecossistêmicos oferecidos pelas árvores. Alguns fatores e critérios devem ser revistos e adaptados para cada uma das diferentes realidades de nosso país.

REFERÊNCIAS

- AGUIRRE JUNIOR, J. H. DE. Arborização viária como patrimônio municipal de Campinas / SP: histórico, situação atual e potencialidades no Bairro Cambuí. p. 122, 2008.
- ANDRADE, T. O. DE. Inventário e análise da arborização viária da estância turística de Campos do Jordão, SP. **Tese de mestrado**, p. 112, 2002.
- ARAGÃO, S. A casa, o jardim e a rua no Brasil do século XIX. **Em Tempo de Histórias**, n. 12, p. 151–162, 2011.
- ARAÚJO JUNIOR, C. Ilhas De Calor Urbanas. p. 59, 2011.
- BARBOSA, V. Cinco razões para plantarmos mais árvores nas cidades. **Revista Exame**, jul. 2013.
- BARNES, J. D.; HULL, M. R.; DAVISON, A. W. **Impacts of air pollutants and elevated carbon dioxide on plants in wintertime**. New York, NY: Plant responses to air pollution, 1996.
- BARROS, H. R.; LOMBARDO, M. A. A ilha de calor urbana e o uso e cobertura do solo em São Paulo-SP. **Geosp – Espaço e Tempo (Online)**, v. 20, n. 1, p. 160–177, 2016.
- BLOSSFELD, H. **Jardinagem**. São Paulo: Melhoramentos, 1965.
- BRANDÃO, I. DE L. **Paulista Símbolo da Cidade**. São Paulo: Banco Itaú, 1990.
- BUCKERIDGE, M. Árvores urbanas em São Paulo: Planejamento, economia e água. **Estudos Avancados**, v. 29, n. 84, p. 85–101, 2015.
- CARRION, A. D. A.; BRACK, P. Eudicotiledôneas ornamentais dos campos do bioma Pampa no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v. 18, n. 1, p. 23, 2012.
- CHAMAS, C. C.; MATTHES, L. A. F. Método para levantamento de espécies nativas com potencial ornamental. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v. 6, p. 53–63, 2000.
- CIA.CITY. **CIA.CITY: História**. Disponível em: <<http://www.ciacity.com.br/historia.php>>. Acesso em: 9 dez. 2020.
- Conselho Regional de Engenharia e Agronomia – CREA**. Disponível em: <<http://www.creago.org.br/index.php/fiscalizacao/recarga-hidrica>>. Acesso em: 28 out. 2019.
- COSTA, T. C. DA; BELDERRAIN, M. C. N. Decisão em grupo em métodos multicritério de apoio a decisão. **Anais do XV ENCITA, ITA**, n. March, p. 19–22, 2009.
- DUCATILLION, C.; DUBOIS, E. Diversification des plantes ornementales méditerranéennes: estimation des besoins qualitatifs des villes en arbres et arbustes. In: **La plante dans la ville**. 84. ed. Angers (France): INRA, 1997. p. 352.
- FILHO, A. C. C. Adequação Bioclimática para os Espaços Urbanos Abertos do Centro de Fortaleza, CE. p. 128, 2010.
- FISCHER, B. C.; STEED, B. C. Street Trees: A Misunderstood Common-Pool Resource. **International Society of Arboriculture: 84th Annual Conference and Trade Show, St. Louis, Missouri. International Society of Arboriculture, Champaign, IL**, p. 1–19, 2008.
- GOEBEL, G. et al. **Guia sobre plantas nativas ornamentais de restinga**. 1. ed. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2019.
- GREEN, D. Metodología de selección de árboles urbanos. Primera aproximación a la elaboración de un modelo de selección de especies para espacios urbanos. **Revista del Jardín Botánico de Chagual**, p. 83, dez. 2008.
- GUARDIA, I. **Velocidade de onda mecânica na avaliação de raízes de ancoragem de árvores nas cidades**. [s.l.] Universidade de São Paulo, 2020.

HARRIS, R. W.; CLARK, J. R.; MATHENY, N. P. **Arboriculture, Integrated management of landscape trees, shrubs and vines**. 3. ed. New York, NY: Prentice Hall, 1999.

HEIDEN, G.; LÍA BARBIERI, R.; REGINA TEMPEL STUMPF, E. Considerações sobre o uso de plantas ornamentais nativas. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v. 12, n. 1, p. 2–7, 2006.

HOEHNE, F. C.; KUHLMANN, M.; HANDRO, O. **O jardim botânico de São Paulo: precedido de prologo histórico e notas bio-bibliográficas de naturalistas botânicos que trabalharam para o progresso do conhecimento da flora do Brasil, especialmente no Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria da Agricultura, Indústria e Comercio, 1941.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. IPCC: Greenhouse gas emissions accelerate despite reduction efforts. n. 2014/19/PR, p. 1–3, 2014.

JÚNIOR, O.; JOSÉ FERNANDES, C.; SILVA, F. Potencial das espécies nativas na produção de plantas ornamentais e paisagismo agroecológico. Potential of native species in the production of ornamental plants and agroecological landscaping. **Rev. Bras. de Agroecologia**, v. 8, n. 3, p. 190–200, 2013.

KLAUS I, S.; JAMES R, S.; E GREGORY, M. Effects of tree cover on parking lot microclimate and vehicle emissions. **Journal of Arboriculture**, v. 25, n. 3, p. 129–142, 1999.

KLINE, J. R. et al. Measurement of transpiration in tropical trees with tritiated water. **Ecology**, v. 51, p. 1068–73, 1970.

KONRAD, C. P. Effects of Urban Development on Floods. **U.S. Geological Survey**, v. d, n. November, p. 1–4, 2003.

KOZLOWSKI, T. T.; KRAMER, P. J.; PALLARDY, S. G. Chapter 7 - Water Stress. In: KOZLOWSKI, T. T.; KRAMER, P. J.; PALLARDY, S. G. (Eds.). **The Physiological Ecology of Woody Plants**. Physiological Ecology. San Diego: Academic Press, 1991. p. 247–302.

LEÃO, M. M. et al. Avaliação do estado da arte da gestão da arborização urbana no Estado de São Paulo. **Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, n. XXII Congresso Brasileiro de Arborização Urbana, 2018.

LEÃO, M. M. et al. **Plano municipal de arborização urbana de Piracicaba-SP**. Piracicaba: [s.n.].

LI, Y. Y.; WANG, X. R.; HUANG, C. L. Key street tree species selection in urban areas. **African Journal of Agricultural Research**, v. 6, n. 15, p. 3539–3550, 2011.

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

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 1. ed. Nova Odessa: Editora Plantarum, 1992.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras : manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 1. ed. Nova Odessa: Editora Plantarum, 1998.

MARIANO, C. **Preservação e paisagismo em São Paulo: Otavio Augusto Teixeira Mendes**. São Paulo: Annablume/Fapesp, 2005.

MASCARÓ, L. **Vegetação urbana**. 2. ed. Porto Alegre: Editora Mais Quatro, 2005.

MCNEELY, J. A. et al. **A Global Strategy on Invasive Alien Species**. Gland, Switzerland, and Cambridge, UK: IUCN, 2001.

MENDES, F. H. et al. Diversidade Arbórea E Análise Estrutural Em Jardim Inglês Da Universidade De São Paulo. **Ciência e Natura**, v. 37, n. 3, 2015.

Michaelis Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa. Disponível em: <<https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/>>. Acesso em: 18 dez. 2020.

- MILLER, R. W. **Urban forestry – Planning and managing urban greenspaces**. 2. ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1997.
- OKE, T. R. City size and the urban heat island. **Atmospheric Environment**, v. 7, p. 769–779, 1973.
- PAULETT, S. Urban street tree plantings: Identifying the key requirements. **Proceedings of The Institution of Civil Engineers-municipal Engineer - PROC INST CIVIL ENG MUNIC ENG**, v. 156, p. 43–50, 2003.
- PESQUISA FAPESP. **Os impactos da globalização sobre São Paulo**. Disponível em: <<https://revistapesquisa.fapesp.br/os-impactos-da-globalizacao-sobre-sao-paulo/>>. Acesso em: 8 dez. 2021.
- PIVETTA, K. F. L.; FILHO, D. F. DA S. **Boletim acadêmico: Série arborização urbana**. Jaboticabal, SP: FUNEP, 2002.
- PRADELLA, D. Z. A.; SILVA, J. W. F.; NISI, T. C. C. **Cadernos de Educação Ambiental: Arborização Urbana**. 21. ed. São Paulo, SP: Governo do Estado de São Paulo - Secretaria do Meio Ambiente, 2015.
- PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Manual técnico de arborização urbana**. São Paulo: Prefeitura de São Paulo/ Secretaria do Verde e do Meio Ambiente, 2015.
- R CORE TEAM. **A language and environment for statistical computing: R Foundation for Statistical Computing** Vienna, Austria, 2019. Disponível em: <<https://www.r-project.org/>>
- ROSSETTI, A. I. N.; TAVARES, A. R.; PELLEGRINO, P. R. M. Inventário arbóreo em dois bairros paulistanos, Jardim da Saúde e Vila Vera, localizados na subprefeitura de Ipiranga. **Revista Árvore**, v. 34, n. 5, p. 889–898, 2010.
- SAATY, T. L. Decision making with the analytic hierarchy process. **Int. J. Services Sciences**, v. 1, n. 1, p. 83–98, 2008.
- SÆBØ, A.; BENEDIKZ, T.; RANDRUP, T. B. Selection of trees for urban forestry in the Nordic countries. **Urban Forestry and Urban Greening**, v. 2, n. 2, p. 101–114, 2003.
- SANTOS, A. R. DOS; BERGALLO, H. DE G.; ROCHA, C. F. D. DA. Paisagem Urbana Alienígena. **Revista Ciência Hoje**, fev. 2008.
- SAXE, H. Photosynthesis and stomatal responses to polluted air, and the use of physiological and biochemical responses for early detection and diagnostic tools. **Advances in botanical research**, v. 18, p. 1–128, 1991.
- SILVA, L. F. DA. Situação da arborização viária e proposta de espécies para os bairros Antônio Zanaga I e II, da cidade de Americana/SP. p. 80, 2005.
- TOSETTI, L. L. Valoração arbórea em bacia hidrográfica urbana. p. 83, 2012.
- WOHLLEBEN, P. **A vida secreta das árvores**. Rio de Janeiro, RJ: Sextante, 2017.
- XIAO, Q.; MCPHERSON, E. G. Rainfall interception by Santa Monica's municipal urban forest. **Urban Ecosystems**, v. 6, n. 4, p. 291–302, 2002.
- ZILLER, S. R. Plantas exóticas invasoras: a ameaça da contaminação biológica. **Ciência Hoje**, v. 30, n. 178, p. 77–79, dez. 2001.
- ZILLER, S. R.; DE SÁ DECHOUM, M. Developing state strategies on invasive alien species in Brazil. **Aliens: The Invasive Species Bulletin**, p. 33, 2009.

APÊNDICES

APÊNDICE A. Modelo de chave de seleção para atribuição de critérios de avaliação e pontuações de fatores para espécies arbóreas com potencial de utilização em sistemas viários urbanos. Adaptado de Li, Wang & Huang (2011).

Critérios	Fatores	Descrição e atribuição de pontuações				
		10	8	6	4	2
Resistência a ambientes urbanos	Resistência à seca	Forte	Relativamente forte	Médio	Relativamente fraco	Fraco
	Resistência a solos pobres	Forte	Relativamente forte	Médio	Relativamente fraco	Fraco
	Resistência ao frio	Forte	Relativamente forte	Médio	Relativamente fraco	Fraco
	Resistência a altas temperaturas	Forte	Relativamente forte	Médio	Relativamente fraco	Fraco
	Resistência a pragas e doenças	Forte, quase não apresenta pragas e doenças	Relativamente forte, apresenta algumas pragas e doenças, mas não afetam seu crescimento	Médio, apresenta pragas e doenças fáceis de controlar, porém afetam seu crescimento	Apresenta pragas e doenças que afetam drasticamente seu crescimento, mas não causam danos graves se controladas à tempo	Apresenta pragas e doenças que podem ser graves/destrutivas
	Resistência a danos mecânicos	Forte	Relativamente forte	Médio	Relativamente fraco	Fraco
Efeitos paisagísticos	Flor	Bonita, floração longa, aroma agradável	Bonita, floração longa	Bonita, floração curta	Flor menos agradável	Flor pouco relevante
	Fruto	Bonito, frutificação longa, fruto exótico	Bonito, frutificação longa	Bonito, frutificação curta	Fruto menos agradável	Fruto pouco relevante
	Tronco	Retilíneo, casca bonita	Retilíneo, casca menos bonita	Menos retilíneo, casca bonita	Menos retilíneo	Tronco tortuoso
	Folha	Bonito formato das folhas, folhas	Agradável formato das folhas, folhas	Bonito formato das folhas	Formato das folhas menos agradável	Formato das folhas pouco relevante

		coloridas	coloridas			
	Formato da copa	Formato da copa organizado, folhas dispostas em ramos floridos	Formato da copa organizado, folhas dispostas em ramos menos floridos	Formato da copa menos organizado, folhas dispostas em ramos floridos	Formato da copa menos organizado, folhas dispostas em ramos menos floridos	Formato da copa desorganizado, folhas dispostas em ramos sem flores
Efeitos ecológicos	Diâmetro da copa (metros)	>12	10-12	8-10	5-8	<5
	Altura (metros)	>15	12-15	8-12	5-8	<5
	DAP (Diâmetro à altura do peito em centímetros)	>40	30-40	20-30	10-20	<10
	Densidade do dossel (%)	>80	60-80	40-60	20-40	<20
Efeitos econômicos	Taxa de crescimento até idade adulta (anos)	<5	6-8	9-10	11-15	>15
	Expectativa de vida (anos)	>60	40-60	20-40	10-20	<10
	Disponibilidade de mudas	Amplamente disponível	Pouco disponível	Difícilmente encontrada	Disponível somente em áreas naturais	Pouco disponível em áreas naturais

APÊNDICE B. Modelo de índice composto para seleção de espécies vegetais nativas do Brasil com potencial ornamental, com base nos atributos ornamentais de cada espécie. Em função da faixa numérica do resultado, a espécie é categorizada em sua potencialidade: máxima, alta, média e mínima. Os valores numéricos utilizados no índice são empíricos. Fonte: Chamas & Matthes (2000).

Características ornamentais		Grupos taxonômicos					
		Pteridophyta	Gymnospermae	Angiospermae Tipo I	Outras Angiospermae	Flor de corte	Folha de corte
MORFOLOGIA	Flor	0	1	2	7	2	0
	ou	0	1	1	3	1	0
	Inflorescência	0	2	2	3	0	0
	tamanho	0	1	1	2	0	0
	textura	0	1	1	1	0	0
	brilho	0	1	1	1	2	0
	alta turgescência	0	0	0	0	4	0
	média turgescência	0	0	0	0	2	0
	inconspícua	0	0	-2	-12	0	0
	Fruto	0	1	2	7	2	0
	ou	0	1	1	3	1	0
	Inflorescência	0	2	2	3	0	0
	tamanho	0	1	1	2	0	0
	textura	0	1	1	1	0	0
	brilho	0	1	1	1	2	0
	alta turgescência	0	0	0	0	4	0
	média turgescência	0	0	0	0	2	0
	inconspícua	0	0	-2	-12	0	0
FOLHA	tom de verde incomum	6	4	4	4	0	10
	mais de um tom de verde	3	2	3	4	0	12
	variegada	2	5	8	7	0	16
	cor alterada no período fértil	0	0	0	6	0	0
	forma incomum	14	8	14	6	0	8
	forma comum	-8	0	0	0	0	0
	tamanho	4	4	2	1	0	2

Continua

Tabela 1. Continuação

Características ornamentais	Grupos taxonômicos					
	Pteridophyta	Gymnospermae	Angiospermae Tipo 1	Outras Angiospermae	Flor de corte	Folha
carnosa ou coriácea	4	2	2	1	0	8
	10	4	6	1	0	10
	6	4	6	1	0	12
muito subdividida	14	0	4	2	0	10
	4	0	0	0	0	6
Tronco ou caule	1	2	1	2	0	0
	1	2	1	1	0	0
	1	1	1	2	0	0
Pecíolo ou pedúnculo (p/ herbácea acaule e flor de corte)	0	0	0	0	2	2
	0	0	0	0	4	4
	0	0	0	0	4	4
	0	0	0	0	2	2
	0	0	0	0	-2	-2
	2	0	1	1	2	6
	2	0	1	1	1	6
	2	0	1	1	1	4
	0	0	0	-5	0	0
	0	0	1	6	0	0
Arquitetura (da planta)	0	10	6	4	6	0
	5	4	3	2	6	6
	-12	-14	-4	-16	0	0
	4	10	8	2	8	0
	6	6	10	2	0	0

Continua

Tabela 1. Continuação

Características ornamentais	Grupos taxonômicos				
	Pteridophyta	Gymnospermae	Angiospermae	Outras Angiospermae	Flor de corte
Coloração (da planta)	3	0	1	2	0
2 cores presentes					
3 cores presentes	6	1	3	3	0
4 ou mais cores presentes	0	2	4	4	0
forte contraste de cores	0	1	6	8	4
médio contraste de cores	0	0	4	4	2
cor(es) forte(s)	0	0	8	8	4
FENOLOGIA					
longa floração (se houver pontuação positiva no item "flor" ou no subitem "cor alterada período fértil" do item "folha")	0	1	2	4	0
longa frutificação (se houver pontuação positiva no item "fruto" ou no subitem "cor alterada período fértil" do item "folha")	0	1	2	4	0
longa frutificação aspecto ruim	0	0	-14	-12	0
longo período fértil sem folhas	0	0	-14	12	-14
longo período estéril sem folhas	0	0	-18	-10	-14
INTERAÇÃO					
floração	0	3	3	3	0
frutificação	0	2	2	2	0
atração de polinizadores					
fornecimento alimento à fauna					
RUSTICIDADE					
ocorre em diferentes luminosidades	2	1	1	1	0
umidades	2	2	2	2	0
substratos	2	2	2	2	0
altitudes (ampl. mín. 100 m)	1	1	1	1	0

Continua

Tabela 1. Conclusão

QUANTIDADE	Características ornamentais	Grupos taxonômicos					
		Pteridophyta	Gymnospermae	Angiospermae Tipo 1	Outras Angiospermae	Flor de corte	Folha de corte
	número indivíduos	-1	-1	-1	-1	-1	-1
	ou populações	0	0	1	1	0	0
	6 a 10	1	1	2	2	1	1
	acima de 10	2	2	3	3	2	2
	indivíduos por grupo até 5	1	1	1	1	0	0
	entre 6 e 10	2	2	2	2	1	1
	acima de 10	3	3	3	3	2	2
CULTIVO	indicativo positivo	1	1	1	1	1	1
	muitas sementes/ soros estolonífera, perfilhamento, entouceiramento ou outros	1	1	1	1	1	1
	indicativo negativo	-1	-1	-1	-1	-1	-1
	poucas sementes/ soros	-1	-1	-1	-1	-1	-1
	frequentemente doente	-2	-2	-2	-2	-2	-2
	outros	-1	-1	-1	-1	-1	-1
APLICA-	imediate, pronta para domesticação	4	4	4	4	4	4
BILIDADE	necessita melhoramento genético	-4	-2	-4	-4	-4	-10
	necessita observação de desenvolvimento	-1	-1	-1	-1	-1	-2
ORIGINA-	já comercializada	6	6	6	6	6	6
LIDADE	não há comercializada similar	4	4	4	4	3	3
	há comercializada similar inferior	2	2	2	2	1	2
	há comercializada similar de mesmo valor	0	0	0	0	0	-2
	há comercializada similar superior	-4	-4	-6	-4	-8	-12
SOMATÓRIO MÁXIMO		100	100	100	100	100	100

APÊNDICE C. Lista de espécies arbóreas potenciais desenvolvida com base nas árvores indicadas pelo Manual Técnico de Arborização Urbana de São Paulo para uso em calçadas da capital paulista. Em amarelo estão as espécies que não foram avaliadas neste estudo por apresentarem frutos considerados grandes; em azul estão as espécies que, apesar de serem exóticas, serão avaliadas segundo sua potencialidade; destacadas em verde claro estão as espécies arbóreas que já tiveram seus dados complementados pelo banco de dados do Laboratório de Silvicultura Urbana da ESALQ/USP; e em verde escuro, estão as espécies já utilizadas para aplicação da matriz de seleção de espécies arbóreas desenvolvida pela presente pesquisa.

LISTA DE ESPÉCIES MANUAL DE ARBORIZAÇÃO SP						
POTENCIAIS						
Nome científico	Nome popular	Família botânica	Origem	Altura (m)	Altura_2 (m)	Porte
<i>Astronium fraxinifolium</i>	Aroeira-vermelha	Anacardiaceae	Nativa	8-12	-	Médio
<i>Astronium graveolens</i>	Guaritá	Anacardiaceae	Nativa	15-25	13,60	Grande
<i>Aspidosperma riedelii</i>	Guatambuzinho	Apocynaceae	Nativa	4-6	-	Pequeno
<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i>	Peroba-poca	Apocynaceae	Nativa	8-16	-	Médio
<i>Aspidosperma parvifolium</i>	Guatambu-oliva	Apocynaceae	Nativa	10-15	-	Médio
<i>Aspidosperma polyneuron</i>	Peroba-rosa	Apocynaceae	Nativa	20-30	18,25	Gigante
<i>Aspidosperma ramiflorum</i>	Guatambu amarelo	Apocynaceae	Nativa	20-30	-	Gigante
<i>Jacaranda puberula</i>	Carobinha	Bignoniaceae	Nativa	4-7	-	Pequeno
<i>Cybistax antisyphilitica</i>	Ipê-verde	Bignoniaceae	Nativa	6-12	-	Médio
<i>Handroanthus ochraceus</i>	Ipê do cerrado	Bignoniaceae	Nativa	6-14	10,30	Médio
<i>Jacaranda cuspidifolia</i>	Caroba	Bignoniaceae	Nativa	5-10	-	Médio
<i>Zeyheria tuberculosa</i>	Ipê-tabaco	Bignoniaceae	Nativa	15-23	-	Grande
<i>Handroanthus albus</i>	Ipê amarelo da serra	Bignoniaceae	Nativa	20-30	-	Gigante
<i>Cordia americana</i>	Guajuvira	Boraginaceae	Nativa	10-25	13,00	Grande
<i>Calophyllum brasiliensis</i>	Guanandi	Calophyllaceae	Nativa	20-30	-	Gigante
<i>Terminalia kuhlmannii</i>	Araçá d'água	Combretaceae	Nativa	20-30	-	Gigante
<i>Erythroxylum deciduum</i>	Cocão	Erythroxylaceae	Nativa	4-8	-	Pequeno
<i>Bauhinia longifolia</i>	Unha-de-vaca	Fabaceae	Nativa	4-7	-	Pequeno
<i>Andira anthelmia</i>	Angelim-amargoso	Fabaceae	Nativa	6-12	-	Médio
<i>Andira fraxinifolia</i>	Angelim-doce	Fabaceae	Nativa	6-12	-	Médio
<i>Bowdichia virgilioides</i>	Sucupira preta	Fabaceae	Nativa	8-16	-	Médio
<i>Platypodium elegans</i>	Amendoim do campo	Fabaceae	Nativa	8-12	-	Médio
<i>Pterodon emarginatus</i>	Sucupira	Fabaceae	Nativa	8-16	-	Médio
<i>Swartzia langsdorffii</i>	Pacova-de-macaco	Fabaceae	Nativa	8-14	13,50	Médio
<i>Albizia niopoides</i>	Farinha seca	Fabaceae	Nativa	10-20	13,90	Grande
<i>Copaifera langsdorffii</i>	Óleo de Copaiba	Fabaceae	Nativa	10-15	-	Grande
<i>Dalbergia nigra</i>	Jacarandá da Bahia	Fabaceae	Nativa	15-25	12,60	Grande
<i>Hymenaea courbaril</i>	Jatobá	Fabaceae	Nativa	15-20	12,10	Grande
<i>Lonchocarpus cultratus</i>	Ingá-bravo	Fabaceae	Nativa	10-18	-	Grande
<i>Machaerium stipitatum</i>	Sapuva	Fabaceae	Nativa	10-20	-	Grande
<i>Myroxylum peruiferum</i>	Cabreúva	Fabaceae	Nativa	10-20	-	Grande
<i>Ormosia arborea</i>	Olho-de-cabra	Fabaceae	Nativa	15-20	8,50	Grande
<i>Poecilanthe parviflora</i>	Coração de negro	Fabaceae	Nativa	15-25	13,00	Grande
<i>Samanea tubulosa</i>	Sete-casca	Fabaceae	Nativa	4-18	9,67	Grande
<i>Machaerium villosum</i>	Jacarandá-paulista	Fabaceae	Nativa	20-30	-	Gigante
<i>Myrocarpus frondosus</i>	Óleo-pardo	Fabaceae	Nativa	20-30	9,20	Gigante
<i>Tachigali denudata</i>	Tapassuaré	Fabaceae	Nativa	20-30	-	Gigante

LISTA DE ESPÉCIES MANUAL DE ARBORIZAÇÃO SP (CONTINUAÇÃO)						
POTENCIAIS						
Nome científico	Nome popular	Família botânica	Origem	Altura (m)	Altura_2 (m)	Porte
<i>Nectandra nitidula</i>	Canela amarela	Lauraceae	Nativa	4-8	-	Pequeno
<i>Nectandra oppositifolia</i>	Canela-ferrugem	Lauraceae	Nativa	15-20	-	Grande
<i>Ocotea odorifera</i>	Canela-sassafrás	Lauraceae	Nativa	15-25	-	Grande
<i>Cariniana estrellensis</i>	Jequitibá-branco	Lecythidaceae	Nativa	35-45	14,60	Gigante
<i>Cariniana legalis</i>	Jequitibá-rosa	Lecythidaceae	Nativa	30-50	12,70	Gigante
<i>Physocalymma scaberrimum</i>	Pau de rosas	Lythraceae	Nativa	5-10	-	Médio
<i>Lophantera lactescens</i>	Lofântera da Amazonia	Malpighiaceae	Nativa	10-20	13,10	Grande
<i>Luehea candicans</i>	Açoita-cavalo	Malvaceae	Nativa	8-12	-	Médio
<i>Luehea grandiflora</i>	Açoita-cavalo	Malvaceae	Nativa	6-14	-	Médio
<i>Luehea divaricata</i>	Açoita-cavalo	Malvaceae	Nativa	15-25	12,00	Grande
<i>Guarea guidonia</i>	Marinheiro	Meliaceae	Nativa	15-20	-	Grande
<i>Cabralea canjerana</i>	Canjarana	Meliaceae	Nativa	20-30	15,00	Gigante
<i>Cedrela fissilis</i>	Cedro	Meliaceae	Nativa	20-35	10,40	Gigante
<i>Eugenia dysenterica</i>	Cagaita	Myrtaceae	Nativa	4-8	-	Pequeno
<i>Eugenia involucrata</i>	Cereja do Rio Grande	Myrtaceae	Nativa	5-8	9,50	Pequeno
<i>Myrcia rostrata</i>	Guamirim da folha fina	Myrtaceae	Nativa	4-8	-	Pequeno
<i>Psidium cattleianum</i>	Araçá	Myrtaceae	Nativa	3-6	5,50	Pequeno
<i>Eugenia pyriformis</i>	Uvaia	Myrtaceae	Nativa	6-13	8,30	Médio
<i>Eugenia uniflora</i>	Pitanga	Myrtaceae	Nativa	6-12	7,20	Médio
<i>Pimenta dioica</i>	Pimenta da Jamaica	Myrtaceae	Exótica	7-10	-	Médio
<i>Plinia edulis</i>	Cambucá	Myrtaceae	Nativa	5-10	12,00	Médio
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	Guabiroba	Myrtaceae	Nativa	10-20	13,00	Grande
<i>Eugenia brasiliensis</i>	Grumixama	Myrtaceae	Nativa	10-15	7,00	Grande
<i>Myrcianthes pungens</i>	Guabiju	Myrtaceae	Nativa	15-20	-	Grande
<i>Fraxinus americana</i>	Freixo	Oleaceae	Exótica	15-24	-	Grande
<i>Calycophyllum spruceanum</i>	Pau-mulato	Rubiaceae	Nativa	20-30	12,40	Gigante
<i>Balfourodendron riedelianum</i>	Pau-marfim	Rutaceae	Nativa	20-30	15,50	Gigante
<i>Esenbeckia leiocarpa</i>	Guarantã	Rutaceae	Nativa	20-30	17,00	Gigante
<i>Casearia sylvestris</i>	Guaçatonga	Salicaceae	Nativa	4-6	8,00	Pequeno
<i>Allophylus edulis</i>	Chal-chal	Sapindaceae	Nativa	6-10	9,50	Médio
<i>Cupania vernalis</i>	Camboatã	Sapindaceae	Nativa	10-22	-	Grande
<i>Diatenopteryx sorbifolia</i>	Correieira	Sapindaceae	Nativa	15-30	-	Gigante
<i>Pouteria torta</i>	Abiu	Sapotaceae	Nativa	8-14	-	Médio
<i>Vitex polygama</i>	Tarumã	Verbenaceae	Nativa	6-12	-	Médio
<i>Citharexylum myrianthum</i>	Pau-viola	Verbenaceae	Nativa	8-20	10,50	Grande
<i>Vochysia tucanorum</i>	Pau-de-tucano	Vochysiaceae	Nativa	8-12	-	Médio
<i>Vochysia magnifica</i>	Pau-de-tucano	Vochysiaceae	Nativa	14-24	-	Grande

LISTA DE ESPÉCIES MANUAL DE ARBORIZAÇÃO SP (CONTINUAÇÃO)						
POTENCIAIS						
Nome científico	CAP (m)	DAP (cm)	DAP_2 (cm)	Diâmetro da copa (m)	Copa	Observações
<i>Astronium fraxinifolium</i>	-	60-80	-	-	elíptica vertical	decídua
<i>Astronium graveolens</i>	1,01	40-60	32,02	6,90	globosa	decídua; tronco ornamental ("vaquinha")
<i>Aspidosperma riedelii</i>	-	15-25	-	-	flabeliforme	semidecídua; latescente
<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i>	-	40-70	-	-	elíptica vertical	decídua
<i>Aspidosperma parvifolium</i>	-	40-60	-	-	elíptica vertical	semidecídua
<i>Aspidosperma polyneuron</i>	3,11	60-90	98,99	5,00	elíptica vertical	
<i>Aspidosperma ramiflorum</i>	-	60-80	-	-	elíptica vertical	sensível ao ataque de cupins de madeira seca; frutos grandes
<i>Jacaranda puberula</i>	-	30-40	-	-	aberta	decídua;
<i>Cybistax antisiphilitica</i>	-	30-40	-	-	aberta	decídua
<i>Handroanthus ochraceus</i>	1,00	30-50	31,70	7,00	flabeliforme	decídua
<i>Jacaranda cuspidifolia</i>	-	30-40	-	-	globosa	
<i>Zeyheria tuberculosa</i>	-	40-60	-	-	globosa	semidecídua; frutos grandes
<i>Handroanthus albus</i>	-	40-60	-	-	cônica	decídua
<i>Cordia americana</i>	0,99	70-80	31,51	5,00	elíptica vertical	decídua
<i>Calophyllum brasiliensis</i>	-	40-60	-	-	globosa	atrai fauna
<i>Terminalia kuhlmannii</i>	-	40-60	-	-	elíptica vertical	decídua
<i>Erythroxylum decuduum</i>	-	20-35	-	-	globosa	decídua;
<i>Bauhinia longifolia</i>	-	20-40	-	-	globosa	semidecídua;
<i>Andira anthemlia</i>	-	40-50	-	-	elíptica horizontal	semidecídua; atrai fauna; alta densidade de dossel
<i>Andira fraxinifolia</i>	-	30-40	-	-	elíptica horizontal	atrai fauna
<i>Bowdichia virgilioides</i>	-	30-50	-	-	globosa	decídua
<i>Platypodium elegans</i>	-	40-50	-	-	globosa	semidecídua
<i>Pterodon emarginatus</i>	-	30-40	-	-	elíptica vertical	decídua
<i>Swartzia langsdorffii</i>	2,09	40-60	32,50	11,17	elíptica vertical	atrai fauna, frutos grandes
<i>Albizia niopoides</i>	1,58	40-60	50,17	11,00	flabeliforme	decídua; baixa resistência ao ataque de organismos xilófagos
<i>Copaifera langsdorffii</i>	-	50-80	-	-	globosa	decídua ou semidecídua; copa globosa
<i>Dalbergia nigra</i>	1,63	40-80	52,01	7,00	flabeliforme	decídua
<i>Hymenaea courbaril</i>	1,43	80-100	45,52	11,40	globosa	semidecídua; atrai fauna; média resistência ao ataque de organismos xilófagos; frutos grandes
<i>Lonchocarpus cultratus</i>	-	40-50	-	-	flabeliforme	semidecídua; moderadamente resistente ao ataque de organismos xilófagos
<i>Machaerium stipitatum</i>	-	40-50	-	-	globosa	semidecídua; medianamente resistente ao ataque de organismos xilófagos
<i>Myroxylum peruiferum</i>	-	60-80	-	-	flabeliforme	decídua
<i>Ormosia arborea</i>	1,40	50-70	44,56	10,00	globosa	semidecídua ou perenifolia; medianamente resistente ao ataque de organismos xilófagos
<i>Poecilanthe parviflora</i>	1,86	40-60	59,31	6,00	globosa	alta resistência ao apodrecimento e ao ataque de cupins de madeira seca
<i>Samanea tubulosa</i>	3,87	30-70	123,08	20,83	flabeliforme	decídua; frutos grandes
<i>Machaerium villosum</i>	-	50-80	-	-	flabeliforme	semidecídua
<i>Myrocarpus frondosus</i>	0,81	60-90	25,66	7,30	aberta	decídua; melífera
<i>Tachigali denudata</i>	-	60-80	-	-	flabeliforme	boa resistência ao ataque de cupins de madeira seca; copa frondosa

LISTA DE ESPÉCIES MANUAL DE ARBORIZAÇÃO SP (CONTINUAÇÃO)						
POTENCIAIS						
Nome científico	CAP (m)	DAP (cm)	DAP_2 (cm)	Diâmetro da copa (m)	Copa	Observações
<i>Nectandra nitidula</i>	-	20-30	-	-	aberta	
<i>Nectandra oppositifolia</i>	-	50-70	-	-	globosa	atrai avifauna; baixa resistência ao ataque de organismos xilófagos
<i>Ocotea odorifera</i>	-	50-70	-	-	globosa	atrai avifauna; spp ameaçada; copa densa
<i>Cariniana estrellensis</i>	1,46	90-120	46,54	9,12	globosa	semidecídua; sementes atraem macacos
<i>Cariniana legalis</i>	1,68	70-100	53,35	11,30	elíptica vertical	baixa resistência ao ataque de organismos xilófagos quando exposta em condições adversas
<i>Physocalymma scaberrimum</i>	-	20-35	-	-	elíptica vertical	decídua
<i>Lophantera lactescens</i>	1,21	30-40	38,39	4,60	elíptica vertical	semidecídua; moderadamente resistente ao ataque de organismos xilófagos
<i>Luehea candicans</i>	-	30-50	-	-	elíptica vertical	semidecídua; baixa resistência ao ataque de organismos xilófagos
<i>Luehea grandiflora</i>	-	30-50	-	-	globosa	semidecídua; baixa resistência ao ataque de organismos xilófagos; copa piramidal densa
<i>Luehea divaricata</i>	1,69	50-60	53,86	8,06	globosa	decídua; baixa resistência ao ataque de organismos xilófagos
<i>Guarea guidonia</i>	-	40-60	-	-	globosa	atrai fauna
<i>Cabralea canjerana</i>	1,70	70-120	54,11	7,00	flabeliforme	atrai avifauna; resistente à umidade e a insetos
<i>Cedrela fissilis</i>	1,56	60-90	49,78	6,60	flabeliforme	decídua; não deve ser plantada em agrupamentos homogêneos devido ao ataque da broca
<i>Eugenia dysenterica</i>	-	25-35	-	-	globosa	decídua; atrai fauna;
<i>Eugenia involucrata</i>	1,55	30-40	49,34	7,50	globosa	atrai fauna;
<i>Myrcia rostrata</i>	-	15-25	-	-	globosa	semi decídua; atrai avifauna;
<i>Psidium cattleianum</i>	0,40	15-25	12,73	5,00	aberta	tronco tortuoso; atrai fauna
<i>Eugenia pyriformis</i>	1,33	30-50	42,21	7,30	globosa	semidecídua; atrai avifauna
<i>Eugenia uniflora</i>	1,56	30-50	49,66	7,00	globosa	atrai fauna
<i>Pimenta dioica</i>	-	20-40	-	-	elíptica vertical	crescimento lento; rústica
<i>Plinia edulis</i>	0,70	30-40	22,28	5,50	cônica	atrai fauna; copa densa; tronco ornamental; ameaçada
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	2,00	30-50	63,66	8,50	elíptica vertical	decídua; atrai fauna
<i>Eugenia brasiliensis</i>	0,63	25-40	20,05	6,00	globosa	decídua; atrai fauna
<i>Myrcianthes pungens</i>	-	40-60	-	-	globosa	semidecídua; atrai avifauna; melíferas
<i>Fraxinus americana</i>	-	60-90	-	-	globosa	decídua; aprecia o frio
<i>Calycophyllum spruceanum</i>	0,98	30-40	31,07	5,60	elíptica vertical	sapobembas; intolerante a seca
<i>Balfourodendron riedelianum</i>	1,48	40-90	47,05	7,80	globosa	semidecídua; baixa resistência ao apodrecimento e ao ataque de insetos
<i>Esenbeckia leiocarpa</i>	1,10	40-60	35,08	6,50	globosa	semidecídua; não tolera insolação quando jovem
<i>Casearia sylvestris</i>	0,47	20-30	14,96	7,50	globosa	baixa resistência ao ataque de organismos xilófagos
<i>Allophylus edulis</i>	0,80	20-30	25,34	4,40	globosa	atrai avifauna
<i>Cupania vernalis</i>	-	50-70	-	-	globosa	semidecídua
<i>Diatenopteryx sorbifolia</i>	-	50-70	-	-	aberta	semidecídua
<i>Pouteria torta</i>	-	30-40	-	-	flabeliforme	semidecídua; atrai fauna
<i>Vitex polygama</i>	-	30-40	-	-	globosa	decídua ou semidecídua; atrai fauna
<i>Citharexylum myrianthum</i>	1,53	40-60	48,78	8,75	globosa	decídua; melíferas
<i>Vochysia tucanorum</i>	-	30-40	-	-	globosa	
<i>Vochysia magnifica</i>	-	50-80	-	-	globosa	

APÊNDICE D. Questionário eletrônico aplicado através da plataforma Google Formulários aos 12 profissionais das áreas de arborização urbana e/ou paisagismo para confecção da matriz preliminar de seleção de espécies arbóreas potenciais para uso em sistemas viários brasileiros.

20/01/2021

Seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas

Seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas

(Teste)

***Obrigatório**

1. Endereço de e-mail *

2. Gênero: *

Marcar apenas uma oval.

- Feminino
 Masculino
 Outro

3. Faixa etária: *

Marcar apenas uma oval.

- 18 - 27 anos
 28 - 37 anos
 38 - 47 anos
 48 - 57 anos
 58 anos ou mais
 Prefiro não informar

20/01/2021

Seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas

4. Grau de escolaridade: *

Marcar apenas uma oval.

- Fundamental incompleto
- Fundamental completo
- Médio incompleto
- Médio completo
- Superior incompleto
- Superior completo
- Pós-graduação
- Prefiro não informar

5. Em qual setor você atua? *

Marcar apenas uma oval.

- Instituição de ensino e/ou pesquisa
- Órgão governamental ligado à gestão pública
- Empresa ou outra atividade privada
- Outro: _____

6. Quanto tempo de experiência você tem na área de arborização urbana e/ou paisagismo? *

Marcar apenas uma oval.

- 0 - 5 anos
- 6 - 10 anos
- 11 - 15 anos
- 16 - 20 anos
- 21 anos ou mais
- Prefiro não informar

20/01/2021

Seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas

7. Em relação aos critérios para escolha de espécies para arborização urbana, como você avalia seu conhecimento? *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Muito reduzido	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito amplo

Avaliação das prioridades dos critérios de seleção de espécies

Comparações pareadas entre os critérios gerais

8. Qual dos critérios abaixo você julga ser mais importante para seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas? *

Paisagístico: refere-se aos fatores ornamentais envolvidos na escolha das espécies, como os aspectos da flor, fruto, folha, tronco e o valor histórico-cultural das árvores; Ecológico: refere-se aos fatores ecológicos envolvidos na escolha das espécies, como diâmetro da copa, diâmetro à altura do peito (DAP), densidade do dossel, altura e centro de origem da árvore.

Marcar apenas uma oval.

- Paisagístico
- Ecológico

9. Em um escala de 1 a 9, quanto você considera o critério avaliado acima mais importante em relação ao outro? *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Mesma importância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente mais importante

10. Qual dos critérios abaixo você julga ser mais importante para seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas? *

Paisagístico: refere-se aos fatores ornamentais envolvidos na escolha das espécies, como os aspectos da flor, fruto, folha, tronco e o valor histórico-cultural das árvores; Plasticidade: refere-se à resistência das árvores às condições urbanas, como déficit hídrico, baixa fertilidade, temperaturas extremas, ocorrência de pragas, doenças e danos mecânicos.

Marcar apenas uma oval.

- Paisagístico
- Plasticidade

20/01/2021

Seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas

11. Em um escala de 1 a 9, quanto você considera o critério avaliado acima mais importante em relação ao outro? *

Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Mesma importância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente mais importante

12. Qual dos critérios abaixo você julga ser mais importante para seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas? *

Paisagístico: refere-se aos fatores ornamentais envolvidos na escolha das espécies, como os aspectos da flor, fruto, folha, tronco e o valor histórico-cultural das árvores; Econômico: refere-se aos fatores financeiros e mercadológicos envolvidos na escolha das espécies, como disponibilidade de fontes de propágulo, velocidade de crescimento e expectativa de vida das árvores.

Marcar apenas uma oval.

- Paisagístico
- Econômico

13. Em um escala de 1 a 9, quanto você considera o critério avaliado acima mais importante em relação ao outro? *

Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Mesma importância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente mais importante

14. Qual dos critérios abaixo você julga ser mais importante para seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas? *

Ecológico: refere-se aos fatores ecológicos envolvidos na escolha das espécies, como diâmetro da copa, diâmetro à altura do peito (DAP), densidade do dossel, altura e centro de origem da árvore; Plasticidade: refere-se à resistência das árvores às condições urbanas, como déficit hídrico, baixa fertilidade, temperaturas extremas, ocorrência de pragas, doenças e danos mecânicos.

Marcar apenas uma oval.

- Ecológico
- Plasticidade

20/01/2021

Seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas

15. Em um escala de 1 a 9, quanto você considera o critério avaliado acima mais importante em relação ao outro? *

Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Mesma importância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente mais importante

16. Qual dos critérios abaixo você julga ser mais importante para seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas? *

Ecológico: refere-se aos fatores ecológicos envolvidos na escolha das espécies, como diâmetro da copa, diâmetro à altura do peito (DAP), densidade do dossel, altura e centro de origem da árvore; Econômico: refere-se aos fatores financeiros e mercadológicos envolvidos na escolha das espécies, como disponibilidade de fontes de propágulo, velocidade de crescimento e expectativa de vida das árvores.

Marcar apenas uma oval.

- Ecológico
- Econômico

17. Em um escala de 1 a 9, quanto você considera o critério avaliado acima mais importante em relação ao outro? *

Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Mesma importância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente mais importante

18. Qual dos critérios abaixo você julga ser mais importante para seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas? *

Plasticidade: refere-se à resistência das árvores às condições urbanas, como déficit hídrico, baixa fertilidade, temperaturas extremas, ocorrência de pragas, doenças e danos mecânicos; Econômico: refere-se aos fatores financeiros e mercadológicos envolvidos na escolha das espécies, como disponibilidade de fontes de propágulo, velocidade de crescimento e expectativa de vida das árvores.

Marcar apenas uma oval.

- Plasticidade
- Econômico

20/01/2021

Seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas

19. Em um escala de 1 a 9, quanto você considera o critério avaliado acima mais importante em relação ao outro? *

Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Mesma importância <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Extremamente mais importante								

Avaliação das prioridades dos fatores paisagísticos

Comparações pareadas entre os fatores paisagísticos

20. Qual dos fatores abaixo você julga ser mais importante para seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas? *

Flor: refere-se à duração da floração, ao potencial de atração de polinizadores e ao aroma exalado pelas flores da espécie arbórea; Fruto: refere-se ao tamanho do fruto, ao potencial de atração da fauna local e à duração da frutificação da espécie arbórea.

Marcar apenas uma oval.

- Flor
- Fruto

21. Em um escala de 1 a 9, quanto você considera o fator avaliado acima mais importante em relação ao outro? *

Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Mesma importância <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Extremamente mais importante								

22. Qual dos fatores abaixo você julga ser mais importante para seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas? *

Flor: refere-se à duração da floração, ao potencial de atração de polinizadores e ao aroma exalado pelas flores da espécie arbórea; Folha: refere-se à deciduidade foliar (sempre-verdes, semidecíduas ou decíduas) e ao tamanho das folhas da espécie arbórea.

Marcar apenas uma oval.

- Flor
- Folha

20/01/2021

Seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas

23. Em um escala de 1 a 9, quanto você considera o fator avaliado acima mais importante em relação ao outro? *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Mesma importância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente mais importante

24. Qual dos fatores abaixo você julga ser mais importante para seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas? *

Flor: refere-se à duração da floração, ao potencial de atração de polinizadores e e ao aroma exalado pelas flores da espécie arbórea; Tronco: refere-se à retitude (se retilíneo ou tortuoso) e a ornamentabilidade do tronco da espécie arbórea.

Marcar apenas uma oval.

- Flor
 Tronco

25. Em um escala de 1 a 9, quanto você considera o fator avaliado acima mais importante em relação ao outro? *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Mesma importância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente mais importante

26. Qual dos fatores abaixo você julga ser mais importante para seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas? *

Flor: refere-se à duração da floração, ao potencial de atração de polinizadores e e ao aroma exalado pelas flores da espécie arbórea; Valor histórico-cultural: refere-se ao reconhecimento dado à espécie arbórea por sua contribuição histórico-cultural.

Marcar apenas uma oval.

- Flor
 Valor histórico-cultural

20/01/2021

Seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas

27. Em um escala de 1 a 9, quanto você considera o fator avaliado acima mais importante em relação ao outro? *

Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Mesma importância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente mais importante

28. Qual dos fatores abaixo você julga ser mais importante para seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas? *

Fruto: refere-se ao tamanho do fruto, ao potencial de atração da fauna local e à duração da frutificação da espécie arbórea; Folha: refere-se à deciduidade foliar (sempre-verdes, semidecíduas ou decíduas) e ao tamanho das folhas da espécie arbórea.

Marcar apenas uma oval.

- Fruto
 Folha

29. Em um escala de 1 a 9, quanto você considera o fator avaliado acima mais importante em relação ao outro? *

Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Mesma importância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente mais importante

30. Qual dos fatores abaixo você julga ser mais importante para seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas? *

Fruto: refere-se ao tamanho do fruto, ao potencial de atração da fauna local e à duração da frutificação da espécie arbórea; Tronco: refere-se à retitude (se retilíneo ou tortuoso) e a ornamentabilidade do tronco da espécie arbórea.

Marcar apenas uma oval.

- Fruto
 Tronco

20/01/2021

Seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas

31. Em um escala de 1 a 9, quanto você considera o fator avaliado acima mais importante em relação ao outro? *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Mesma importância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente mais importante

32. Qual dos fatores abaixo você julga ser mais importante para seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas? *

Fruto: refere-se ao tamanho do fruto, ao potencial de atração da fauna local e à duração da frutificação da espécie arbórea; Valor histórico-cultural: refere-se ao reconhecimento dado à espécie arbórea por sua contribuição histórico-cultural.

Marcar apenas uma oval.

- Fruto
 Valor histórico-cultural

33. Em um escala de 1 a 9, quanto você considera o fator avaliado acima mais importante em relação ao outro? *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Mesma importância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente mais importante

34. Qual dos fatores abaixo você julga ser mais importante para seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas? *

Folha: refere-se à deciduidade foliar (sempre-verdes, semidecíduas ou decíduas) e ao tamanho das folhas da espécie arbórea; Tronco: refere-se à retitude (se retilíneo ou tortuoso) e a ornamentabilidade do tronco da espécie arbórea.

Marcar apenas uma oval.

- Folha
 Tronco

20/01/2021

Seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas

35. Em um escala de 1 a 9, quanto você considera o fator avaliado acima mais importante em relação ao outro? *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Mesma importância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente mais importante

36. Qual dos fatores abaixo você julga ser mais importante para seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas? *

Folha: refere-se à deciduidade foliar (sempre-verdes, semidecíduas ou decíduas) e ao tamanho das folhas da espécie arbórea; Valor histórico-cultural: refere-se ao reconhecimento dado à espécie arbórea por sua contribuição histórico-cultural.

Marcar apenas uma oval.

- Folha
- Valor histórico-cultural

37. Em um escala de 1 a 9, quanto você considera o fator avaliado acima mais importante em relação ao outro? *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Mesma importância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente mais importante

38. Qual dos fatores abaixo você julga ser mais importante para seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas? *

Tronco: refere-se à retitude (se retilíneo ou tortuoso) e a ornamentabilidade do tronco da espécie arbórea; Valor histórico-cultural: refere-se ao reconhecimento dado à espécie arbórea por sua contribuição histórico-cultural.

Marcar apenas uma oval.

- Tronco
- Valor histórico-cultural

20/01/2021

Seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas

39. Em um escala de 1 a 9, quanto você considera o fator avaliado acima mais importante em relação ao outro? *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Mesma importância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente mais importante

Avaliação das prioridades dos fatores ecológicos

Comparações pareadas entre os fatores ecológicos

40. Qual dos fatores abaixo você julga ser mais importante para seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas? *

Diâmetro da copa: refere-se ao tamanho médio da copa da espécie arbórea, sendo que o maior vale recebe pontuação mais alta; Altura: refere-se ao tamanho médio atingido pela espécie arbórea, sendo que o maior vale recebe pontuação mais alta.

Marcar apenas uma oval.

- Diâmetro da copa
 Altura

41. Em um escala de 1 a 9, quanto você considera o fator avaliado acima mais importante em relação ao outro? *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Mesma importância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente mais importante

42. Qual dos fatores abaixo você julga ser mais importante para seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas? *

Diâmetro da copa: refere-se ao tamanho médio da copa da espécie arbórea, sendo que o maior vale recebe pontuação mais alta; DAP: refere-se à largura média do tronco da espécie arbórea, sendo que o maior vale recebe pontuação mais alta.

Marcar apenas uma oval.

- Diâmetro da copa
 DAP (Diâmetro à altura do peito)

20/01/2021

Seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas

43. Em um escala de 1 a 9, quanto você considera o fator avaliado acima mais importante em relação ao outro? *

Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Mesma importância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente mais importante

44. Qual dos fatores abaixo você julga ser mais importante para seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas? *

Diâmetro da copa: refere-se ao tamanho médio da copa da espécie arbórea, sendo que o maior vale recebe pontuação mais alta; Densidade do dossel: refere-se à densidade média da copa da espécie arbórea, sendo que o maior valor recebe pontuação mais alta.

Marcar apenas uma oval.

- Diâmetro da copa
- Densidade do dossel

45. Em um escala de 1 a 9, quanto você considera o fator avaliado acima mais importante em relação ao outro? *

Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Mesma importância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente mais importante

46. Qual dos fatores abaixo você julga ser mais importante para seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas? *

Diâmetro da copa: refere-se ao tamanho médio da copa da espécie arbórea, sendo que o maior vale recebe pontuação mais alta; Centro de origem: refere-se ao local de origem da espécie arbórea (nativa regional, nativa nacional ou exótica) e ao fato de serem ou não ameaçadas de extinção.

Marcar apenas uma oval.

- Diâmetro da copa
- Centro de origem

20/01/2021

Seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas

47. Em um escala de 1 a 9, quanto você considera o fator avaliado acima mais importante em relação ao outro? *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Mesma importância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente mais importante

48. Qual dos fatores abaixo você julga ser mais importante para seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas? *

Altura: refere-se ao tamanho médio atingido pela espécie arbórea, sendo que o maior vale recebe pontuação mais alta; DAP: refere-se à largura média do tronco da espécie arbórea, sendo que o maior vale recebe pontuação mais alta.

Marcar apenas uma oval.

- Altura
 DAP

49. Em um escala de 1 a 9, quanto você considera o fator avaliado acima mais importante em relação ao outro? *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Mesma importância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente mais importante

50. Qual dos fatores abaixo você julga ser mais importante para seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas? *

Altura: refere-se ao tamanho médio atingido pela espécie arbórea, sendo que o maior vale recebe pontuação mais alta; Densidade do dossel: refere-se à densidade média da copa da espécie arbórea, sendo que o maior valor recebe pontuação mais alta.

Marcar apenas uma oval.

- Altura
 Densidade do dossel

20/01/2021

Seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas

51. Em um escala de 1 a 9, quanto você considera o fator avaliado acima mais importante em relação ao outro? *

Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Mesma importância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente mais importante

52. Qual dos fatores abaixo você julga ser mais importante para seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas? *

Altura: refere-se ao tamanho médio atingido pela espécie arbórea, sendo que o maior vale recebe pontuação mais alta; Centro de origem: refere-se ao local de origem da espécie arbórea (nativa regional, nativa nacional ou exótica) e ao fato de serem ou não ameaçadas de extinção.

Marcar apenas uma oval.

- Altura
- Centro de origem

53. Em um escala de 1 a 9, quanto você considera o fator avaliado acima mais importante em relação ao outro? *

Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Mesma importância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente mais importante

54. Qual dos fatores abaixo você julga ser mais importante para seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas? *

DAP: refere-se à largura média do tronco da espécie arbórea, sendo que o maior vale recebe pontuação mais alta; Densidade do dossel: refere-se à densidade média da copa da espécie arbórea, sendo que o maior valor recebe pontuação mais alta.

Marcar apenas uma oval.

- DAP
- Densidade do dossel

20/01/2021

Seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas

55. Em um escala de 1 a 9, quanto você considera o fator avaliado acima mais importante em relação ao outro? *

Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Mesma importância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente mais importante

56. Qual dos fatores abaixo você julga ser mais importante para seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas? *

DAP: refere-se à largura média do tronco da espécie arbórea, sendo que o maior vale recebe pontuação mais alta; Centro de origem: refere-se ao local de origem da espécie arbórea (nativa regional, nativa nacional ou exótica) e ao fato de serem ou não ameaçadas de extinção.

Marcar apenas uma oval.

- DAP
- Centro de origem

57. Em um escala de 1 a 9, quanto você considera o fator avaliado acima mais importante em relação ao outro? *

Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Mesma importância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente mais importante

58. Qual dos fatores abaixo você julga ser mais importante para seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas? *

Densidade do dossel: refere-se à densidade média da copa da espécie arbórea, sendo que o maior valor recebe pontuação mais alta; Centro de origem: refere-se ao local de origem da espécie arbórea (nativa regional, nativa nacional ou exótica) e ao fato de serem ou não ameaçadas de extinção.

Marcar apenas uma oval.

- Densidade do dossel
- Centro de origem

20/01/2021

Seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas

59. Em um escala de 1 a 9, quanto você considera o fator avaliado acima mais importante em relação ao outro? *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Mesma importância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente mais importante

Avaliação das prioridades dos fatores de plasticidade

Comparações pareadas entre os fatores de plasticidade ou resistência às condições urbanas

60. Qual dos fatores abaixo você julga ser mais importante para seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas? *

Resistência ao déficit hídrico: refere-se ao grau de resistência da espécie arbórea às condições de escassez de água; Resistência a solos de baixa fertilidade: refere-se ao grau de resistência da espécie arbórea a solos de reduzida fertilidade e baixa acidez.

Marcar apenas uma oval.

- Resistência ao déficit hídrico
- Resistência a solos de baixa fertilidade

61. Em um escala de 1 a 9, quanto você considera o fator avaliado acima mais importante em relação ao outro? *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Mesma importância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente mais importante

62. Qual dos fatores abaixo você julga ser mais importante para seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas? *

Resistência ao déficit hídrico: refere-se ao grau de resistência da espécie arbórea às condições de escassez de água; Resistência a temperaturas extremas: refere-se ao grau de resistência da espécie arbórea a elevadas amplitudes térmicas, ou oscilações drásticas de temperatura.

Marcar apenas uma oval.

- Resistência ao déficit hídrico
- Resistência a temperaturas extremas

20/01/2021

Seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas

63. Em um escala de 1 a 9, quanto você considera o fator avaliado acima mais importante em relação ao outro? *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Mesma importância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente mais importante

64. Qual dos fatores abaixo você julga ser mais importante para seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas? *

Resistência ao déficit hídrico: refere-se ao grau de resistência da espécie arbórea às condições de escassez de água; Resistência a pragas e doenças: refere-se ao grau de resistência da espécie arbórea ao ataque de organismos xilófagos.

Marcar apenas uma oval.

- Resistência ao déficit hídrico
- Resistência a pragas e doenças

65. Em um escala de 1 a 9, quanto você considera o fator avaliado acima mais importante em relação ao outro? *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Mesma importância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente mais importante

66. Qual dos fatores abaixo você julga ser mais importante para seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas? *

Resistência ao déficit hídrico: refere-se ao grau de resistência da espécie arbórea às condições de escassez de água; Densidade da madeira: refere-se ao valor de densidade média da madeira para espécie arbórea, sendo que o maior valor recebe pontuação mais alta.

Marcar apenas uma oval.

- Resistência ao déficit hídrico
- Densidade da madeira

20/01/2021

Seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas

67. Em um escala de 1 a 9, quanto você considera o fator avaliado acima mais importante em relação ao outro? *

Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Mesma importância <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Extremamente mais importante								

68. Qual dos fatores abaixo você julga ser mais importante para seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas? *

Resistência a solos de baixa fertilidade: refere-se ao grau de resistência da espécie arbórea a solos de reduzida fertilidade e baixa acidez; Resistência a temperaturas extremas: refere-se ao grau de resistência da espécie arbórea a elevadas amplitudes térmicas, ou oscilações drásticas de temperatura.

Marcar apenas uma oval.

- Resistência a solos de baixa fertilidade
- Resistência a temperaturas extremas

69. Em um escala de 1 a 9, quanto você considera o fator avaliado acima mais importante em relação ao outro? *

Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Mesma importância <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Extremamente mais importante								

70. Qual dos fatores abaixo você julga ser mais importante para seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas? *

Resistência a solos de baixa fertilidade: refere-se ao grau de resistência da espécie arbórea a solos de reduzida fertilidade e baixa acidez; Resistência a pragas e doenças: refere-se ao grau de resistência da espécie arbórea ao ataque de organismos xilófagos.

Marcar apenas uma oval.

- Resistência a solos de baixa fertilidade
- Resistência a pragas e doenças

20/01/2021

Seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas

71. Em um escala de 1 a 9, quanto você considera o fator avaliado acima mais importante em relação ao outro? *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Mesma importância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente mais importante

72. Qual dos fatores abaixo você julga ser mais importante para seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas? *

Resistência a solos de baixa fertilidade: refere-se ao grau de resistência da espécie arbórea a solos de reduzida fertilidade e baixa acidez; Densidade da madeira: refere-se ao valor de densidade média da madeira para espécie arbórea, sendo que o maior valor recebe pontuação mais alta.

Marcar apenas uma oval.

- Resistência a solos de baixa fertilidade
- Densidade da madeira

73. Em um escala de 1 a 9, quanto você considera o fator avaliado acima mais importante em relação ao outro? *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Mesma importância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente mais importante

74. Qual dos fatores abaixo você julga ser mais importante para seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas? *

Resistência a temperaturas extremas: refere-se ao grau de resistência da espécie arbórea a elevadas amplitudes térmicas, ou oscilações drásticas de temperatura; Resistência a pragas e doenças: refere-se ao grau de resistência da espécie arbórea ao ataque de organismos xilófagos.

Marcar apenas uma oval.

- Resistência a temperaturas extremas
- Resistência a pragas e doenças

20/01/2021

Seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas

75. Em um escala de 1 a 9, quanto você considera o fator avaliado acima mais importante em relação ao outro? *

Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Mesma importância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente mais importante

76. Qual dos fatores abaixo você julga ser mais importante para seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas? *

Resistência a temperaturas extremas: refere-se ao grau de resistência da espécie arbórea a elevadas amplitudes térmicas, ou oscilações drásticas de temperatura; Densidade da madeira: refere-se ao valor de densidade média da madeira para espécie arbórea, sendo que o maior valor recebe pontuação mais alta.

Marcar apenas uma oval.

Resistência a temperaturas extremas

Densidade da madeira

77. Em um escala de 1 a 9, quanto você considera o fator avaliado acima mais importante em relação ao outro? *

Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Mesma importância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente mais importante

78. Qual dos fatores abaixo você julga ser mais importante para seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas? *

Resistência a pragas e doenças: refere-se ao grau de resistência da espécie arbórea ao ataque de organismos xilófagos; Densidade da madeira: refere-se ao valor de densidade média da madeira para espécie arbórea, sendo que o maior valor recebe pontuação mais alta.

Marcar apenas uma oval.

Resistência a pragas e doenças

Densidade da madeira

20/01/2021

Seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas

79. Em um escala de 1 a 9, quanto você considera o fator avaliado acima mais importante em relação ao outro? *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Mesma importância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente mais importante

Avaliação das prioridades dos fatores econômicos

Comparações pareadas entre os fatores econômicos e/ou mercadológicos

80. Qual dos fatores abaixo você julga ser mais importante para seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas? *

Velocidade de crescimento: refere-se ao grau de crescimento das espécies arbóreas, sendo que o maior valor de rapidez recebe pontuação mais alta; Expectativa de vida: refere-se à expectativa média de vida das espécies arbóreas, sendo que o maior valor recebe pontuação mais alta.

Marcar apenas uma oval.

- Velocidade de crescimento
- Expectativa de vida

81. Em um escala de 1 a 9, quanto você considera o fator avaliado acima mais importante em relação ao outro? *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Mesma importância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente mais importante

82. Qual dos fatores abaixo você julga ser mais importante para seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas? *

Velocidade de crescimento: refere-se ao grau de crescimento das espécies arbóreas, sendo que o maior valor de rapidez recebe pontuação mais alta; Disponibilidade de propágulos: refere-se ao grau de facilidade em encontrar mudas ou outras fontes de propágulos da espécie arbórea, sendo maior a pontuação quanto maior a disponibilidade de fontes de propágulos.

Marcar apenas uma oval.

- Velocidade de crescimento
- Disponibilidade de propágulos

20/01/2021

Seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas

83. Em um escala de 1 a 9, quanto você considera o fator avaliado acima mais importante em relação ao outro? *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Mesma importância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente mais importante

84. Qual dos fatores abaixo você julga ser mais importante para seleção de espécies potenciais para arborização de calçadas? *

Expectativa de vida: refere-se à expectativa média de vida das espécies arbóreas, sendo que o maior valor recebe pontuação mais alta; Disponibilidade de propágulos: refere-se ao grau de facilidade em encontrar mudas ou outras fontes de propágulos da espécie arbórea, sendo maior a pontuação quanto maior a disponibilidade de fontes de propágulos.

Marcar apenas uma oval.

- Expectativa de vida
 Disponibilidade de propágulos

85. Em um escala de 1 a 9, quanto você considera o fator avaliado acima mais importante em relação ao outro? *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Mesma importância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente mais importante

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários