

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

**Beleza cênica e dinâmica fenológica de árvores urbanas: Implicações para a
conservação da paisagem**

Thiago Allain Martins Siqueira Moura
Magister Scientiae

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2025**

THIAGO ALLAIN MARTINS SIQUEIRA MOURA

Beleza cênica e dinâmica fenológica de árvores urbanas: Implicações para a conservação da paisagem

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

Orientadora: Angeline Martini

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2025**

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

T

M929b
2025
Moura, Thiago Allain Martins Siqueira, 1998-
Beleza cênica e dinâmica fenológica de árvores urbanas:
implicações para a conservação da paisagem / Thiago Allain
Martins Siqueira Moura. – Viçosa, MG, 2025.
1 dissertação eletrônica (123 f.): il. (algumas color.).

Inclui apêndices.

Orientador: Angeline Martini.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Engenharia Florestal, 2025.

Inclui bibliografia.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2025.705>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Fenologia. 2. Percepção geográfica. 3. Natureza
(Estética). 4. Arborização das cidades. 5. Projeto paisagístico.
I. Martini, Angeline, 1988-. II. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Engenharia Florestal. Programa de
Pós-Graduação em Ciência Florestal. III. Título.

GFDC adapt. CDD 22. ed. 634.91818

THIAGO ALLAIN MARTINS SIQUEIRA MOURA

Beleza cênica e dinâmica fenológica de árvores urbanas: Implicações para a conservação da paisagem

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

APROVADA: 8 de agosto de 2025.

Assentimento:

Thiago Allain Martins Siqueira Moura
Autor

Angeline Martini
Orientadora

Essa dissertação foi assinada digitalmente pelo autor em 28/10/2025 às 13:49:43 e pela orientadora em 10/11/2025 às 15:45:13. As assinaturas têm validade legal, conforme o disposto na Medida Provisória 2.200-2/2001 e na Resolução nº 37/2012 do CONARQ. Para conferir a autenticidade, acesse <https://siadoc.ufv.br/validar-documento>. No campo 'Código de registro', informe o código **H3E6.BQSH.8XGE** e clique no botão 'Validar documento'.

Às sessenta árvores que acompanhei durante um ano.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado com o apoio das seguintes agências de pesquisa brasileiras: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Agradeço à professora Angeline por aceitar me orientar e pelo apoio fundamental. A meus pais por me possibilitarem os estudos e à Universidade Federal de Viçosa pelo acolhimento.

RESUMO

MOURA, Thiago Allain Martins Siqueira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2025. **Beleza cênica e dinâmica fenológica de árvores urbanas: Implicações para a conservação da paisagem.** Orientadora: Angeline Martini.

Este estudo teve como objetivo compreender como os atributos fenológicos das árvores urbanas influenciam sua valoração estética e como essas percepções se relacionam com estratégias de conservação e planejamento paisagístico. A pesquisa foi realizada em Viçosa (MG), integrando dados ecológicos, meteorológicos e perceptivos em uma abordagem multidisciplinar voltada à valorização do papel da vegetação arbórea no ambiente urbano. Durante um ano, foram monitorados os estágios de floração, frutificação e foliação de doze espécies amplamente utilizadas na arborização do campus. Esses dados fenológicos foram correlacionados com variáveis meteorológicas: temperatura, precipitação, umidade relativa e fotoperíodo, que atuam sobre a adaptação local das espécies. As espécies analisadas apresentaram estratégias fenológicas distintas, moduladas pela interação entre fatores térmicos, hídricos e lumínicos, que refletem diferentes formas de adaptação às condições sazonais do ambiente urbano. A floração esteve, em geral, associada à temperatura mínima e ao aumento do fotoperíodo, embora o sentido das correlações tenha variado entre as espécies. A frutificação, por sua vez, foi influenciada principalmente pela umidade relativa e pela temperatura, com espécies de frutos secos apresentando correlações negativas com essas variáveis e espécies de frutos carnosos respondendo positivamente, refletindo estratégias reprodutivas complementares que asseguram oferta contínua de recursos ao longo do ano. Já a foliação mostrou significativa correlação com os acumulados de precipitação. Paralelamente, foi analisada a percepção da população da cidade em relação às mesmas espécies, por meio de imagens fotográficas avaliadas com base no método Scenic Beauty Estimation (SBE). Os resultados apontaram preferência por árvores com flores amarelas, copas elípticas e de grande porte. Além disso, identificou-se uma correlação positiva entre o reconhecimento das espécies e sua valoração estética, sugerindo que atributos visuais marcantes favorecem a criação de vínculos afetivos e incentivam atitudes de conservação. Conclui-se que a atratividade visual das espécies estudadas varia ao longo dos ciclos fenológicos. Espécies com floradas intensas acompanhadas pela queda de folhas apresentaram picos de beleza cênica em períodos específicos do ano, enquanto aquelas com floração prolongada ou folhagem densa mantiveram níveis de atratividade

mais constantes ao longo das estações. Essa oscilação reforça a importância de considerar o fator temporal no planejamento paisagístico, promovendo a combinação de espécies com apelos estéticos complementares. Ao integrar dados fenológicos com valoração estética, este estudo oferece subsídios relevantes para o desenvolvimento de políticas públicas de arborização e conservação mais sensíveis, capazes de criar paisagens urbanas dinâmicas, simbólicas e sensorialmente enriquecedoras.

Palavras-chave: Fenologia urbana; Beleza cênica; Percepção ambiental; Estética; Arborização urbana; Planejamento paisagístico.

ABSTRACT

MOURA, Thiago Allain Martins Siqueira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, August, 2025. **Scenic beauty and phenological dynamics of urban trees: Implications for landscape conservation.** Adviser: Angeline Martini.

This study aimed to understand how the phenological attributes of urban trees influence their aesthetic value and how these perceptions relate to conservation and landscape planning strategies. The research was conducted in Viçosa (MG), integrating ecological, meteorological, and perceptual data in a multidisciplinary approach focused on valuing the role of tree vegetation in the urban environment. Over the course of a year, the flowering, fruiting, and foliation stages of twelve species widely used in campus tree planting were monitored. These phenological data were correlated with meteorological variables: temperature, precipitation, relative humidity, and photoperiod, which affect the local adaptation of species. The species analyzed presented distinct phenological strategies, modulated by the interaction between thermal, water, and light factors, which reflect different forms of adaptation to the seasonal conditions of the urban environment. Flowering was generally associated with minimum temperature and increased photoperiod, although the direction of the correlations varied among species. Fruiting, in turn, was mainly influenced by relative humidity and temperature, with dry fruit species showing negative correlations with these variables and fleshy fruit species responding positively, reflecting complementary reproductive strategies that ensure a continuous supply of resources throughout the year. Foliation, on the other hand, showed a significant correlation with accumulated precipitation. At the same time, the perception of the city's population in relation to the same species was analyzed through photographic images evaluated based on the Scenic Beauty Estimation (SBE) method. The results pointed to a preference for trees with yellow flowers, elliptical crowns, and large size. In addition, a positive correlation was identified between species recognition and aesthetic valuation, suggesting that striking visual attributes favor the creation of emotional bonds and encourage conservation attitudes. It was concluded that the visual attractiveness of the species studied varies throughout the phenological cycles. Species with intense flowering accompanied by leaf fall showed peaks of scenic beauty at specific times of the year, while those with prolonged flowering or dense foliage maintained more constant levels of attractiveness throughout the seasons. This oscillation reinforces the importance of considering the temporal factor in landscape planning,

promoting the combination of species with complementary aesthetic appeals. By integrating phenological data with aesthetic valuation, this study offers relevant subsidies for the development of more sensitive public policies for afforestation and conservation, capable of creating dynamic, symbolic, and sensorially enriching urban landscapes.

Keywords: Urban phenology; Scenic beauty; Environmental perception; Aesthetics; Urban forestry; Landscape planning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Mapa com a localização do município de Viçosa em Minas Gerais.....	25
Figura 1.2 – Comportamento das variáveis meteorológicas entre fevereiro de 2024 e janeiro de 2025 em Viçosa, MG.....	28
Figura 1.3 – Dinâmica fenológica das espécies estudadas ao longo do ano em Viçosa, MG.....	30
Figura 1.4 – Histogramas da distribuição mensal dos estágios de floração ao longo do ano para cada espécie.	33
Figura 1.5 – Histogramas da distribuição mensal dos estágios de frutificação ao longo do ano para cada espécie.	37
Figura 1.6 – Histogramas da distribuição mensal dos estágios foliares ao longo do ano para cada espécie.	41
Figura 2.1 – Mapa com a localização do município de Viçosa – MG.	63
Figura 2.2 – Distribuição da Estimativa de Beleza Cênica (SBE) por espécie	70
Figura 2.3 – Variação da Estimativa de Beleza Cênica (SBE) das espécies conforme atributos. As caixas indicam o intervalo interquartil, a linha central representa a mediana, os whiskers mostram a variação de até 1,5 IQR e os pontos são valores atípicos.	72
Figura 2.4 – Dendrograma de agrupamento entre espécies.....	74
Figura 2.5 – Relação entre o número de reconhecimentos e a soma de características estéticas.....	75
Figura 3.1 – Localização do município de Viçosa – Minas Gerais.....	94
Figura 3.2 – Fenofases vegetativas das doze espécies monitoradas ao longo do ano em Viçosa-MG.	98
Figura 3.3 – Representação do ciclo reprodutivo (floração) das doze espécies ao longo do ano.	99
Figura 3.4 – Representação do ciclo reprodutivo (frutificação) das doze espécies ao longo do ano.	100
Figura 3.5 – Variação da atratividade estética estimada para cada uma das espécies analisadas, ao longo do monitoramento fenológico em Viçosa-MG.....	102
Figura 3.6 – Pontuação anual e estimativa média de beleza cênica (SBE) das doze espécies avaliadas.....	103

Figura 3.7 – Variação da beleza cênica (SBE) da espécie <i>H. serratifolius</i> ao longo de quatro fenofases distintas.....	104
Figura 3.8 – Variação mensal do SBE. e da soma dos atributos estéticos para <i>Handroanthus serratifolius</i> (Ipê-amarelo).....	105

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 – Correlação entre fenofases de floração das espécies analisadas e as variáveis meteorológicas, em Viçosa-MG.....	34
Tabela 1.2 – Correlação entre fenofases de frutificação das espécies analisadas e as variáveis meteorológicas, em Viçosa-MG.....	38
Tabela 1.3 – Correlação entre fenofases vegetativas das espécies analisadas e as variáveis meteorológicas, em Viçosa-MG.....	42
Tabela 2.1 – Valor(H), saturação(S) e brilho (B) das cores apresentadas pelas flores das imagens avaliadas, com o SBE total e normalizado.....	68
Tabela 2.2 – Relação formal de copa (FC) e SBE.....	69
Tabela 2.3 – Porcentagem de preferência popular para o porte das espécies.....	69
Tabela 2.4 – Pontuação SBE conforme densidade foliar.	70
Tabela 2.5 – Distribuição da Estimativa de Beleza Cênica (SBE) por espécie.....	71
Tabela 2.6 – Matriz de correlação de Spearman entre pontuações z dadas às espécies.....	73
Tabela 3.1 – Pontuação dos atributos estéticos conforme resultado do questionário.....	101

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	15
Referências	18
CAPÍTULO 1 – INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS NAS FENOFASES DE ESPÉCIES DA FLORESTA URBANA	22
1.1 Introdução.....	23
1.2 Material e métodos	25
1.2.1 Área de estudo	25
1.2.2 Procedimentos metodológicos.....	26
1.3 Resultados	27
1.3.1 Caracterização das variáveis meteorológicas e das fenofases das espécies	27
1.3.2 Floração das espécies e relação com as variáveis meteorológicas	31
1.3.2.1 <i>Frutificação e a relação com as variáveis meteorológicas</i>	36
1.3.3 Fenologia vegetativa e a relação com as variáveis meteorológicas	40
1.4 Discussão	44
1.4.1 Caracterização das variáveis meteorológicas e das fenofases das espécies	44
1.4.2 Floração das espécies e relação com as variáveis meteorológicas	45
1.4.3 Frutificação das espécies e relação com as variáveis meteorológicas.....	47
1.4.4 Foliação das espécies e sua relação com as variáveis meteorológicas.....	50
1.5 Conclusão	51
1.6 Referências	52
CAPÍTULO 2 – PREDITORES DA BELEZA CÊNICA DE ÁRVORES URBANAS E SUA RELAÇÃO COM A CONSERVAÇÃO DAS ESPÉCIES.....	60
2.1 Introdução.....	61
2.2 Materiais e métodos.....	62
2.2.1 Área de estudo	62
2.2.2 Seleção das espécies e registro fotográfico	64
2.2.3 Aplicação de questionário e método de Estimativa de Beleza Cênica (SBE).....	65
2.2.4 Determinação dos atributos estéticos mais relevantes	66
2.2.5 Relação entre valoração estética e conservação das espécies	68

2.3	Resultados	68
2.3.1	Estimativa de Beleza Cênica para cada atributo visual	68
2.3.2	Estimativa de Beleza Cênica das espécies	70
2.3.3	Valoração estética e a conservação das espécies.....	74
2.4	Discussão	75
2.5	Conclusão	83
2.6	Referências	84

**CAPÍTULO 3 – DINÂMICA FENOLÓGICA E ESTÉTICA DAS
ÁRVORES URBANAS: IMPLICAÇÕES PARA O PLANEJAMENTO
PAISAGÍSTICO**

3.1	Introdução.....	92
3.2	Metodologia.....	93
3.2.1	Área de Estudo e Seleção das Espécies.....	93
3.2.2	Coleta de dados	95
3.2.3	Processamento dos dados	95
3.3	Resultados	98
3.3.1	Fenologia das espécies	98
3.3.1.1	<i>Foliação.....</i>	98
3.3.1.2	<i>Floração.....</i>	99
3.3.1.3	<i>Frutificação.....</i>	100
3.3.2	Flutuação da valoração estética ao longo do ano	101
3.3.3	Validação da metodologia aplicada.....	104
3.4	Discussão	105
3.4.1	Fenologia das espécies	105
3.4.1.1	<i>Foliação.....</i>	105
3.4.1.2	<i>Floração.....</i>	106
3.4.1.3	<i>Frutificação.....</i>	108
3.4.2	Flutuação da valoração estética ao longo do ano	109
3.4.3	Validação da metodologia aplicada.....	111
3.5	Conclusão	112
3.6	Referências	113
	CONCLUSÃO GERAL	118

APÊNDICE A – Índices Morfométricos das Espécies	119
APÊNDICE B – Formulário.....	121
APÊNDICE C – Diferença de médias entre cores de flores segundo o teste de Tukey	122
APÊNDICE D – Ficha de campo	123

INTRODUÇÃO GERAL

A paisagem urbana vai além de seu aspecto físico e visível, trata-se de uma construção simbólica, estética e cultural, moldada pelas experiências, percepções e memórias dos indivíduos (Tuan, 2012; Hussein, 2020). Além da mitigação de impactos ambientais, como o aquecimento urbano e a poluição atmosférica, as árvores influenciam diretamente o bem-estar psicológico da população, promovem a valorização dos espaços públicos e integram a construção simbólica da paisagem urbana (McDonald *et al.*, 2018; Liang *et al.*, 2023). Assim, sua beleza não deve ser vista como mero luxo decorativo, mas como um componente funcional da sua sustentabilidade.

A floresta urbana oferece não apenas serviços ecológicos, mas também importantes benefícios culturais, como estímulo ao bem-estar físico e mental, valorização imobiliária, fortalecimento do tecido social e incentivo ao turismo (Wolf *et al.*, 2020; Ewane *et al.*, 2023; Zhang *et al.*, 2024). Entre os serviços ecossistêmicos culturais prestados pelas florestas urbanas, destaca-se o valor estético, que além de contribuir para a saúde e o bem-estar humano, também pode influenciar as decisões individuais em relação à conservação e à gestão da natureza (Yang *et al.*, 2022; Vuong *et al.*, 2024). A valorização estética, nesse sentido, promove maior envolvimento da população na proteção das áreas verdes (Sandifer *et al.*, 2015). Compreender os fatores que influenciam a preferência dos cidadãos em relação à biodiversidade urbana pode facilitar a comunicação entre o público e os gestores, favorecendo a adoção de políticas públicas mais assertivas (Graves, Pearson e Turner, 2017).

Entre os fatores que condicionam a aparência e a funcionalidade das árvores ao longo do tempo, destacam-se os eventos fenológicos, como floração, frutificação, brotação e queda de folhas. A fenologia é a ciência que estuda os eventos recorrentes do ciclo de vida dos seres vivos, em resposta às variações do ambiente (Schwartz *et al.*, 2020; Crimmins, 2025). O termo deriva do grego *phainó* (“tornar visível”) e *lógos* (“estudo”), e está relacionado ao antigo conceito de *phainomena*, os fenômenos naturais que se manifestam de forma cíclica e perceptível (Schwartz *et al.*, 2020).

Embora esteja centrada em aspectos visíveis, como o desabrochar das flores ou a mudança de cor das folhas, a fenologia reflete processos internos complexos, regulados por fatores como temperatura, fotoperíodo, umidade e precipitação (Lieth, 2013; Schwartz *et al.*, 2020). Desde a antiguidade, observações fenológicas orientavam práticas agrícolas e rituais sazonais em diferentes culturas (Chmielewski *et al.*, 2013). No século XVIII, naturalistas

européus iniciaram registros sistemáticos desses eventos, reconhecendo padrões que relacionavam o comportamento das plantas ao clima (Sparks *et al.*, 1995). Com os avanços da ecologia e da bioclimatologia no século XX, a fenologia consolidou-se como uma disciplina científica e passou a integrar programas de monitoramento ambiental (Schwartz *et al.*, 2025).

Em um cenário marcado por mudanças climáticas e urbanização, a fenologia vem ganhando destaque como ferramenta de diagnóstico ambiental (Bertin *et al.*, 2008; Piao *et al.*, 2019; Lang *et al.*, 2025). Por sua sensibilidade, os eventos fenológicos tornaram-se indicadores-chave para detectar alterações sutis no clima, como o aumento das temperaturas e as mudanças no regime de chuvas (Li *et al.*, 2024; Kanwar *et al.*, 2023). Essa sensibilidade permite detectar tendências do aquecimento global com maior precisão temporal e espacial, além de antecipar alterações nos ciclos ecológicos, como o adiantamento da brotação primaveril ou o atraso na senescência outonal.

Árvores urbanas contribuem para benefícios ambientais mais amplos, como a mitigação do efeito de ilhas de calor e o aumento da resiliência urbana frente às mudanças climáticas (Jennings *et al.*, 2019; Vidal *et al.*, 2022). Nesses ambientes, a fenologia ganha ainda mais importância diante dos efeitos da urbanização sobre o microclima, afetando diretamente a fisiologia vegetal e, por consequência, a composição visual da paisagem (Ji *et al.*, 2021; Yang *et al.*, 2023). Pesquisas como as de Jochner *et al.* (2015) e Ji *et al.* (2021) demonstram que o aquecimento urbano pode antecipar a floração e a queda das folhas, afetando diretamente calendários de poda, gestão de resíduos e manutenção de áreas verdes. Desta forma, a fenologia tem sido incorporada ao manejo da floresta urbana, contribuindo para entender como fatores como ilhas de calor, compactação do solo, luz artificial e poluição atmosférica alteram os ciclos naturais das plantas (Ji *et al.*, 2021; Yang *et al.*, 2023).

Mais do que refletir a interação entre organismo e ambiente, a fenologia revela os limites da adaptação das espécies frente às mudanças ambientais, evidenciando sua plasticidade ou vulnerabilidade (Richardson *et al.*, 2017; Zettlemyer *et al.*, 2021; Inouye, 2022). Nem todas as espécies respondem da mesma forma: enquanto algumas adiantam suas fases fenológicas em resposta ao aumento da temperatura, outras seguem ritmos fixos, baseados em estímulos endógenos menos sensíveis ao clima (Inouye *et al.*, 2022). Esse desencontro pode gerar descompassos ecológicos, como floração sem presença de polinizadores, frutificação em períodos secos ou queda de folhas em momentos que afetam a resiliência das plantas (Gérard *et al.*, 2020).

Esses eventos também impactam diretamente a provisão de serviços ecossistêmicos, tanto regulação quanto culturais (Jin *et al.*, 2017; Graves *et al.*, 2017; Nagai *et al.*, 2019; Koebisch *et al.*, 2020). Árvores decíduas, por exemplo, contribuem para o controle microclimático sazonal: fornecem sombra no verão e permitem a entrada de luz solar no inverno (Zhu *et al.*, 2022; Li *et al.*, 2024). Já a floração e a frutificação atraem polinizadores e dispersores, reforçando os serviços de suporte à biodiversidade (Silva *et al.*, 2021; Liang *et al.*, 2023). Além disso, os ciclos foliares influenciam o sequestro de carbono e a interceptação da água da chuva, afetando a regulação hídrica e a qualidade do ar (Klein *et al.*, 2016; Beidokhti *et al.*, 2021).

A estética das árvores urbanas é influenciada por atributos visuais específicos que podem, ou não, mudar conforme a sazonalidade das espécies, com flores, porte arbóreo, forma da copa e densidade foliar. Estudos demonstram que esses atributos impactam significativamente a percepção estética da população, contribuindo para a valoração da paisagem urbana, construção de vínculos afetivos com as áreas verdes e incentivando atitudes pró-conservação (Sandifer *et al.*, 2015; Zhao *et al.*, 2017; Yang *et al.*, 2022).

A percepção estética de paisagens pode ser avaliada de diferentes formas, o método Scenic Beauty Estimation (SBE), proposto por Daniel e Boster (1976), propõe uma avaliação padronizada de imagens por grupos de observadores. Sua aplicação no contexto urbano possibilita identificar preferências visuais associadas a espécies arbóreas específicas. No entanto, a maioria das avaliações estéticas desconsidera a variação temporal desses atributos ao longo do ciclo fenológico, tratando a paisagem como uma entidade estática (Zhao *et al.*, 2017; Zhuang *et al.*, 2021).

A avaliação da estética paisagística precisa incorporar a dimensão temporal, considerando os ciclos vitais das espécies. Considerar a árvore como um organismo dinâmico, que muda de aparência ao longo das estações, é fundamental compreender como essas transformações impactam a relação afetiva e estética com o espaço. Alguns estudos têm abordado essa questão, avaliando, por exemplo, como o tempo e a intensidade da floração e mudança de coloração das folhas afetam a preferência estética por determinadas espécies, ou como a perda foliar sazonal altera a percepção de beleza e interesse visual nas áreas urbanas (Zhao *et al.*, 2017; Zhuang *et al.*, 2021; Thorpert *et al.*, 2024).

No entanto, ainda são escassos estudos que integram ecologia e percepção estética nesse contexto, especialmente em regiões tropicais e subtropicais (Farahani *et al.*, 2018). Investigar essa interface pode oferecer subsídios para um planejamento paisagístico mais

sensível à sazonalidade, promovendo tanto a biodiversidade quanto a valorização cultural e emocional das áreas verdes urbanas.

Diante disso, este estudo tem como objetivo geral acompanhar a fenologia de espécies frequentemente utilizadas na floresta urbana, bem como o impacto dessas mudanças na valoração estética da paisagem. Para isso, a dissertação foi estruturada em três capítulos:

1. Influência as variáveis meteorológicas nas fenofases de espécies de floresta urbana;
2. Preditores da beleza cênica de árvores urbanas e sua relação com a conservação das espécies;
3. Dinâmica fenológica e estética das árvores urbanas: implicações para o planejamento paisagístico.

As implicações deste estudo indicam possibilidades para o planejamento urbano e paisagístico, ao oferecer subsídios para uma arborização mais sensível à dinâmica fenológica das espécies e à variação estética ao longo do tempo. Ao integrar aspectos ecológicos e perceptivos, a pesquisa amplia o entendimento sobre como as transformações sazonais influenciam a relação afetiva com a vegetação urbana, podendo orientar estratégias futuras de manejo e valorização da paisagem.

Referências

BERTIN, Robert I. Plant phenology and distribution in relation to recent climate change. *The Journal of the Torrey Botanical Society*, v. 135, n. 1, p. 126-146, 2008.

CHMIELEWSKI, Frank-M. Phenology in agriculture and horticulture. In: SCHWARTZ, Mark Donald (ed.). *Phenology: an integrative environmental science*. Dordrecht: Springer Netherlands, 2013. p. 539-561.

CRIMMINS, Theresa M. *Phenology*. Cambridge: MIT Press, 2025.

DANIEL, Terry C; BOSTER, Ron S. Measuring landscape esthetics: the scenic beauty estimation method. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, 1976.

EWANE, Ewane Basil *et al.* Influence of urban forests on residential property values: A systematic review of remote sensing-based studies. **Heliyon**, v. 9, n. 10, 2023.

FARAHANI, Leila Mahmoudi; MALLER, Cecily Jane. Perceptions and preferences of urban greenspaces: a literature review and framework for policy and practice. *Landscape Online*, p. 61-61, 2018.

GRAVES, Rose A.; PEARSON, Scott M.; TURNER, Monica G. Landscape dynamics of floral resources affect the supply of a biodiversity-dependent cultural ecosystem service. *Landscape Ecology*, v. 32, p. 415-428, 2017.

GU, J.; LIU, H.; LU, H. Can even a small amount of greenery be helpful in reducing stress? A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 19, n. 16, p. 9778, 2022.

GÉRARD, Maxence *et al.* Global warming and plant–pollinator mismatches. **Emerging topics in life sciences**, v. 4, n. 1, p. 77-86, 2020.

HUSSEIN, Fatmaelzahraa; STEPHENS, John; TIWARI, Reena. Towards psychosocial well-being in historic urban landscapes: The contribution of cultural memory. *Urban Science*, v. 4, n. 4, p. 59, 2020.

INOUYE, David W. Climate change and phenology. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, v. 13, n. 3, p. e764, 2022.

JENNINGS, Viniece; BAMKOLE, Omoshalewa. The relationship between social cohesion and urban green space: An avenue for health promotion. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 16, n. 3, p. 452, 2019.

Jl, Y. *et al.* Quantification of urban heat island-induced contribution to advance in spring phenology: A case study in Hangzhou, China. *Remote Sensing*, v. 13, n. 18, p. 3684, 2021.

JIN, Jiaxin *et al.* Phenology plays an important role in the regulation of terrestrial ecosystem water-use efficiency in the northern hemisphere. *Remote Sensing*, v. 9, n. 7, p. 664, 2017.

JOCHNER, Susanne; MENZEL, Annette. Urban phenological studies—Past, present, future. *Environmental Pollution*, v. 203, p. 250-261, 2015.

KANWAR, Himani; SHARMA, Sandeep. Phenology and global climate change: A comprehensive review. *Ejournal of Applied Forest Ecology*, v. 11, p. 20-30, 2023.

KLEIN, Tamir; VITASSE, Yann; HOCH, Günter. Coordination between growth, phenology and carbon storage in three coexisting deciduous tree species in a temperate forest. *Tree Physiology*, v. 36, n. 7, p. 847-855, 2016.

KOEBSCH, Franziska *et al.* Refining the role of phenology in regulating gross ecosystem productivity across European peatlands. *Global Change Biology*, v. 26, n. 2, p. 876-887, 2020.

LANG, Weiguang *et al.* Phenological divergence between plants and animals under climate change. *Nature Ecology & Evolution*, v. 9, n. 2, p. 261-272, 2025.

LI, Haiwei *et al.* Cooling efficacy of trees across cities is determined by background climate, urban morphology, and tree trait. *Communications Earth & Environment*, v. 5, n. 1, p. 1-14, 2024.

LIETH, Helmut (Ed.). **Phenology and seasonality modeling**. Springer Science & Business Media, 2013.

LIANG, D.; HUANG, G. Influence of urban tree traits on their ecosystem services: a literature review. *Land*, v. 12, n. 9, p. 1699, 2023.

MCDONALD, R. I.; BEATLEY, T.; ELMQVIST, T. The green soul of the concrete jungle: the urban century, the urban psychological penalty, and the role of nature. *Sustainable Earth*, v. 1, n. 1, p. 3, 2018.

PIAO, S. *et al.* Plant phenology and global climate change: Current progresses and challenges. *Global Change Biology*, v. 25, n. 6, p. 1922–1940, 2019.

RICHARDSON, Bryce A. *et al.* Will phenotypic plasticity affecting flowering phenology keep pace with climate change? *Global Change Biology*, v. 23, n. 6, p. 2499-2508, 2017.

SANDIFER, P. A.; SUTTON-GRIER, A. E.; WARD, B. P. Exploring connections among nature, biodiversity, ecosystem services, and human health and well-being: Opportunities to enhance health and biodiversity conservation. *Ecosystem Services*, v. 12, p. 1–15, 2015.

SCHWARTZ, Mark D.; CRIMMINS, Theresa M. Phenoclimatology: development and applications in North America. *Physical Geography*, v. 46, n. 1, p. 60-78, 2025.

SCHWARTZ, M. D. *et al.* (Ed.). *Phenology: an integrative environmental science*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2020.

SPARKS, T. H.; CAREY, P. D. The responses of species to climate over two centuries: an analysis of the Marsham phenological record, 1736-1947. *Journal of Ecology*, v. 83, p. 321-329, 1995.

SILVA, Jéssica Luiza S. *et al.* Plant–pollinator interactions in urban ecosystems worldwide: A comprehensive review including research funding and policy actions. *Ambio*, v. 50, n. 4, p. 884-900, 2021.

TUAN, Y.-F. *Topofilia: um estudo da percepção, atitudes e valores do meio ambiente*. Londrina: EDUEL, 2012.

THORPERT, Petra; ODE SANG, Åsa; BUFFAM, Ishi. Seasonal variation in preference for green roof vegetation. *Frontiers in Ecology and Evolution*, v. 12, p. 1346397, 2024.

VIDAL, Diogo Guedes *et al.* A review on the cultural ecosystem services provision of urban green spaces: perception, use and health benefits. In: *Sustainable Policies and Practices in Energy, Environment and Health Research: Addressing Cross-cutting Issues*. Springer, p. 287-331, 2022.

WANG, Yuan; NIEMELÄ, Jari; KOTZE, D. Johan. The delivery of Cultural Ecosystem Services in urban forests of different landscape features and land use contexts. **People and Nature**, v. 4, n. 5, p. 1369-1386, 2022.

WOLF, Kathleen L. *et al.* Urban trees and human health: A scoping review. **International journal of environmental research and public health**, v. 17, n. 12, p. 4371, 2020.

VUONG, Quan-Hoang *et al.* From beauty to belief: The aesthetic and diversity values of plants and pets in shaping biodiversity loss belief among Vietnamese urban residents. **Humanities and Social Sciences Communications**, v. 11, n. 1, p. 1-15, 2024.

YANG, C. *et al.* Scenic beauty evaluation of forests with autumn-colored leaves from aerial and ground perspectives: a case study in Qixia Mountain in Nanjing, China. *Forests*, v. 14, n. 3, p. 542, 2023.

YANG, Jie; WANG, Xiu-Rong; ZHAO, Yang. Leaf color attributes of urban colored-leaf plants. *Open Geosciences*, v. 14, n. 1, p. 1591-1605, 2022.

ZHAO, J.; XU, W.; LI, R. Visual preference of trees: The effects of tree attributes and seasons. *Urban Forestry & Urban Greening*, v. 25, p. 19–25, 2017.

ZHUANG, J. *et al.* Effects of visual attributes of flower borders in urban vegetation landscapes on aesthetic preference and emotional perception. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 18, n. 17, p. 9318, 2021.

ZETTLEMOYER, Meredith A.; PETERSON, Megan L. Does phenological plasticity help or hinder range shifts under climate change? *Frontiers in Ecology and Evolution*, v. 9, p. 689192, 2021.

ZHU, Sijie *et al.* The impact of urban vegetation morphology on urban building energy consumption during summer and winter seasons in Nanjing, China. *Landscape and Urban Planning*, v. 228, p. 104576, 2022.

ZHANG, Yuling *et al.* How Do Plant Landscapes Provide Health Benefits to Residents in Urban Green Spaces? Exploring the Role of Restorative Experiences. *Forests*, v. 15, n. 8, p. 1424, 2024.

CAPÍTULO 1

**INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS NAS FENOFASES DE
ESPÉCIES DA FLORESTA URBANA**

Resumo

Estudos fenológicos permitem compreender como espécies arbóreas respondem a variações meteorológicas, informação crucial em meio urbano. Este trabalho caracterizou a fenologia de 12 espécies amplamente usadas na arborização de Viçosa-MG e analisou suas associações com clima ao decorrer de um ano. Cinco indivíduos por espécie foram monitorados quinzenalmente entre fevereiro/2024 e janeiro/2025, registrando fenofases de floração, frutificação e foliação. As variáveis meteorológicas (precipitação, temperaturas mínima, média e máxima, umidades mínima, média e máxima e fotoperíodo) foram obtidas do INMET e relacionadas às fenofases por correlação de Spearman ($p \leq 0,05$). As espécies exibiram dois padrões principais de floração: (i) floração na estação seca, sob temperaturas mais baixas e umidade reduzida; e (ii) floração em período quente-úmido, com temperaturas e umidade elevadas. A frutificação também variou entre perfis secos (frutos secos, maturando sob condições frias e secas) e úmidos (frutos carnosos, desenvolvendo-se com calor e alta umidade), com casos de produção estendida ao longo do ano. No componente vegetativo, a presença de folhas adultas associou-se, em geral, a condições quentes e úmidas, enquanto queda e ausência foliar concentraram-se sob fotoperíodo reduzido e resfriamento sazonal. Globalmente, temperatura mínima e média e umidades média e máxima foram as variáveis mais determinantes para floração e frutificação, ao passo que a precipitação explicou sobretudo a manutenção/renovação da folhagem. Os resultados evidenciam estratégias fenológicas distintas que garantem oferta contínua de recursos ao longo do ano e reforçam a necessidade de monitoramento fenológico para orientar o planejamento e o manejo da arborização urbana frente ao aquecimento e à intensificação de microclimas urbanos

Palavras-chave: Fenologia urbana, arborização urbana, clima, árvores urbanas.

CHAPTER 1

**INFLUENCE OF METEOROLOGICAL VARIABLES ON THE PHENOPHASES OF
URBAN FOREST SPECIES**

Abstract

Phenological studies allow us to understand how tree species respond to weather variations, which is crucial information in urban environments. This study characterized the phenology of 12 species widely used in tree planting in Viçosa, Minas Gerais, and analyzed their associations with climate over the course of a year. Five individuals per species were monitored every two weeks between February 2024 and January 2025, recording phenophases of flowering, fruiting, and foliation. Meteorological variables (precipitation, minimum, average, and maximum temperatures, minimum, average, and maximum humidity, and photoperiod) were obtained from INMET and related to phenophases by Spearman's

correlation ($p \leq 0.05$). The species exhibited two main flowering patterns: (i) flowering in the dry season, under lower temperatures and reduced humidity; and (ii) flowering in the hot-humid period, with high temperatures and humidity. Fruiting also varied between dry profiles (dry fruits, ripening under cold and dry conditions) and humid profiles (fleshy fruits, developing in heat and high humidity), with cases of extended production throughout the year. In the vegetative component, the presence of adult leaves was generally associated with warm and humid conditions, while leaf fall and absence were concentrated under reduced photoperiod and seasonal cooling. Overall, minimum and average temperatures and average and maximum humidity were the most decisive variables for flowering and fruiting, while precipitation mainly explained the maintenance/renewal of foliage. The results highlight distinct phenological strategies that ensure a continuous supply of resources throughout the year and reinforce the need for phenological monitoring to guide the planning and management of urban afforestation in the face of warming and the intensification of urban microclimates.

Keywords: Urban phenology, tree species, climate

1.1 Introdução

O ciclo das espécies arbóreas vegetais é regulado principalmente por fatores meteorológicos, como temperatura, precipitação e fotoperíodo, que atuam como estímulos para o início ou fim de determinadas fases do desenvolvimento vegetal (Liang *et al.*, 2023; Silva *et al.*, 2024 Souza *et al.*, 2025). Entretanto, estas variáveis são alteradas no contexto urbano, devido a presença de superfícies impermeáveis, maior emissão de poluentes, compactação do solo, iluminação artificial e, principalmente, ao efeito da ilha de calor (Jochner, 2015).

Compreender o ciclo das espécies que compõem a floresta urbana é fundamental para um planejamento adequado da paisagem assim como sua manutenção e manejo (Araújo *et al.* 2022; Almeida e Silva, 2024). A literatura científica tem destacado a fenologia, ciência que estuda esses eventos biológicos e sua relação com as variações sazonais do ambiente, como um dos bioindicadores mais sensíveis às mudanças ambientais e climáticas (Jochner, 2015; Phukon, 2022).

Monitorar eventos fenológicos é, portanto, essencial para identificar tendências ecológicas de longo prazo. Países do hemisfério norte já acumulam séries históricas superiores a 50 anos, revelando adiantamentos sistemáticos de floração e brotação causados pelo aquecimento global (Schwartz *et al.*, 2020). No Brasil, porém, há uma carência de séries temporais sistemáticas, especialmente em ambientes urbanos tropicais (EMBRAPA Florestas, 2007).

No planejamento urbano, reconhecendo antecipadamente mudanças nos ciclos naturais, é possível ajustar práticas de irrigação, poda, fertilização e plantio, minimizando impactos e prolongando a vida útil das árvores (Luo *et al.*, 2007). Além disso, a compreensão dos ritmos fenológicos favorece políticas públicas mais eficazes e conscientes da dinâmica viva das cidades onde a vegetação não é mero cenário, mas agente ativo na construção do equilíbrio urbano (EMBRAPA Florestas, 2007; Bucci *et al.*, 2021).

Os estudos de base, como a criação de calendários fenológicos, bancos de dados de espécies e a interpretação da resposta das espécies às variações climáticas, são essenciais para o planejamento e manejo adequado da vegetação nas cidades (Krehbiel *et al.*, 2017; Costa *et al.*, 2021). Esses instrumentos fornecem subsídios técnicos fundamentais para a escolha de espécies mais adequadas ao contexto local, considerando sua adaptação climática, estética ao longo das estações e funcionalidade ecológica.

Conhecer a época, a duração e a intensidade da floração de cada espécie, características essenciais para o paisagismo, possibilita o planejamento de composições que mantenham o interesse visual durante todo o ano (Igbobuachi *et al.*, 2018). De modo semelhante, a permanência de folhas determina períodos de redução do dossel, influenciando a estética, a oferta de sombra e a demanda por manutenção urbana, como limpeza de detritos foliares e frutíferos (Zhang *et al.*, 2021).

O fenômeno da emergência climática é global, mas suas consequências se manifestam em escala local. No contexto urbano, essas mudanças tendem a se intensificar, agravando um ambiente que já é, por natureza, desafiador para o desenvolvimento e a permanência das plantas (Zhou *et al.*, 2022; Kisvarga *et al.*, 2023). Os calendários fenológicos na literatura paisagística, por sua vez, são geralmente organizados por meses (Silva; Costa e Lima, 2010; Lorenzi, 2021); no entanto, há variações climáticas significativas entre diferentes regiões, tornando necessário reconhecer que cada local apresenta padrões fenológicos únicos, determinados por suas condições ambientais específicas (Ju *et al.*, 2022).

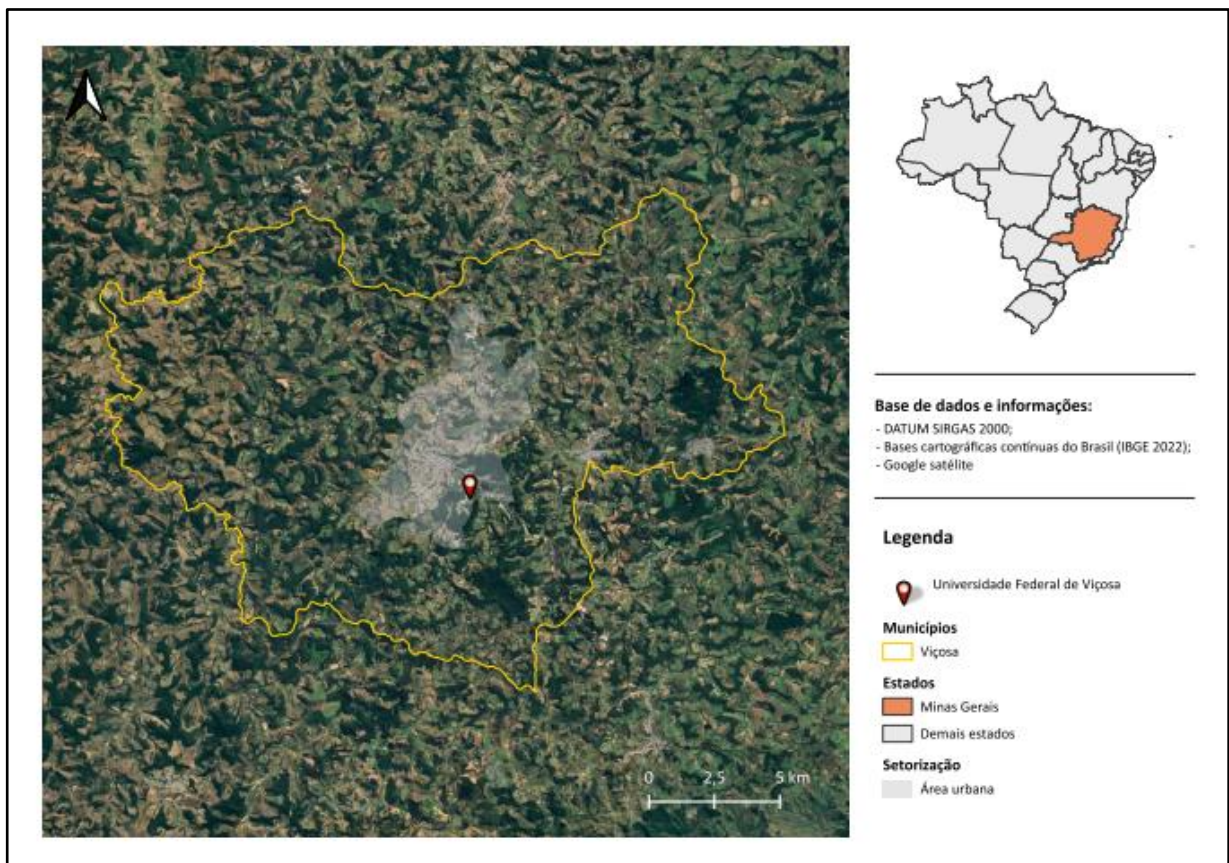
Considerando que os calendários fenológicos convencionais não contemplam as especificidades regionais e que o clima tem se tornado cada vez mais complexo, compreender os fatores ambientais que influenciam os ciclos das espécies torna-se essencial para o planejamento e o manejo da vegetação urbana. Sendo assim, este trabalho teve como objetivo caracterizar o comportamento fenológico de espécies arbóreas urbanas ao longo de um ciclo anual e analisar suas correlações com variáveis meteorológicas no município de Viçosa, MG.

1.2 Material e métodos

1.2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado no município de Viçosa (Figura 1.1), Zona da Mata de Minas Gerais, Brasil ($20^{\circ}45'14''\text{S}$; $42^{\circ}52'53''\text{W}$; altitude média de 648 m). A área urbana representa cerca de 4% do território municipal, estimada em 12,5 km² em 2018, enquanto a maior parte do município permanece rural (IBGE, 2024).

Figura 1.1 – Mapa com a localização do município de Viçosa em Minas Gerais.



Fonte: Próprio autor (2025)

O clima da região é classificado como Cwa (Köppen), clima subtropical úmido influenciado pelas monções, com verão quente e chuvoso e inverno ameno e seco. A vegetação original da região corresponde ao bioma Mata Atlântica, especificamente à fitofisionomia Floresta Estacional Semidecidual (Eisenlohr *et al.*, 2008). Embora o campus universitário seja composto majoritariamente por áreas ajardinadas com espécies arbóreas nativas e exóticas utilizadas na arborização urbana, observa-se ainda que as espécies exóticas

representam cerca de 68% dos indivíduos plantados, superando as nativas na arborização local (Eisenlohr *et al.*, 2008; Fialho; Santos, 2022).

1.2.2 Procedimentos metodológicos

A seleção dos indivíduos consistiu na escolha de 12 espécies amplamente utilizadas na arborização da UFV (Martini; Canguçu, 2020; Barbosa, 2021). As espécies avaliadas foram: *Bauhinia forficata* Link (pata-de-vaca), *Ceiba speciosa* (A.St.-Hil.) Ravenna (paineira), *Cenostigma pluviosum* (DC.) Gagnon & G.P.Lewis (sibipiruna), *Erythrina mulungu* Mart. (mulungu), *Filicium decipiens* (Wight & Arn.) Thwaites (felício), *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos (ipê-roxo), *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.Grose (ipê-amarelo), *Lagerstroemia indica* L. (resedá), *Moquilea tomentosa* Benth. (oiti), *Murraya paniculata* (L.) Jack (murta), *Pleroma granulosum* (Desr.) D. Don (quaresmeira) e *Spathodea campanulata* P. Beauv. (espatódea).

Dentre elas, sete são nativas do Brasil: *B. forficata*, *C. pluviosum*, *E. mulungu*, *H. impetiginosus*, *H. serratifolius*, *M. tomentosa* e *P. granulosum*, e cinco são exóticas (*C. speciosa*, *F. decipiens*, *L. indica*, *M. paniculata* e *S. campanulata*), representando um conjunto diversificado de origens e formas que reflete a composição típica da arborização urbana brasileira.

O monitoramento foi realizado em cinco indivíduos por espécie, número considerado suficiente para representar o padrão fenológico (Fournier; Charpentier, 1975), com observações quinzenais durante um ciclo anual, totalizando 60 árvores. Os indivíduos escolhidos apresentavam características morfométricas semelhante para cada espécie, considerando-se a forma da copa e a altura aparente, de modo a garantir comparabilidade entre as observações fenológicas (APÊNDICE A).

As variáveis meteorológicas utilizadas foram obtidas a partir da estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) de Viçosa, localizado no campus da UFV. As variáveis diárias incluídas na análise foram: precipitação total (mm), temperatura mínima, máxima e média (°C), umidade relativa mínima, máxima e média (%) e fotoperíodo (calculado com base na latitude local, em horas). Para cada campanha de observação fenológica (dias 15 e 30 de cada mês), os registros foram relacionados às médias ou totais das variáveis meteorológicas correspondentes à quinzena imediatamente anterior (dias 1–15 ou 16–30). Dessa forma, considerou-se o efeito das condições climáticas acumuladas nos dias anteriores ao evento fenológico registrado.

O acompanhamento fenológico foi realizado quinzenalmente entre fevereiro de 2024 e janeiro de 2025, conforme metodologia utilizada por Martini *et al.* (2010). Em cada campanha de observação o registro das principais fenofases relacionadas à floração (Botões florais, Antese (Flores abertas) e Senescência floral (Flores terminando), frutificação (frutos imaturos, frutos maduros e frutos dispersando) e foliação (surgimento de folhas novas, predominância de folhas adultas, queda e ausência foliar) foram anotados em fichas de campo padronizadas. Quando um mesmo indivíduo apresentava mais de uma fenofase de forma concomitante, foi registrada aquela que se mostrava mais evidente em termos de cobertura da copa (isto é, ocupando maior proporção visual da copa no momento da observação). Assim, se uma árvore apresentava folhas adultas e início de queda de folhas, mas a maior parte da copa ainda estava preenchida por folhas adultas, essa foi a fenofase considerada. As frequências mensais das fenofases foram organizadas em histogramas circulares, seguindo a metodologia de Meireles *et al.* (2023).

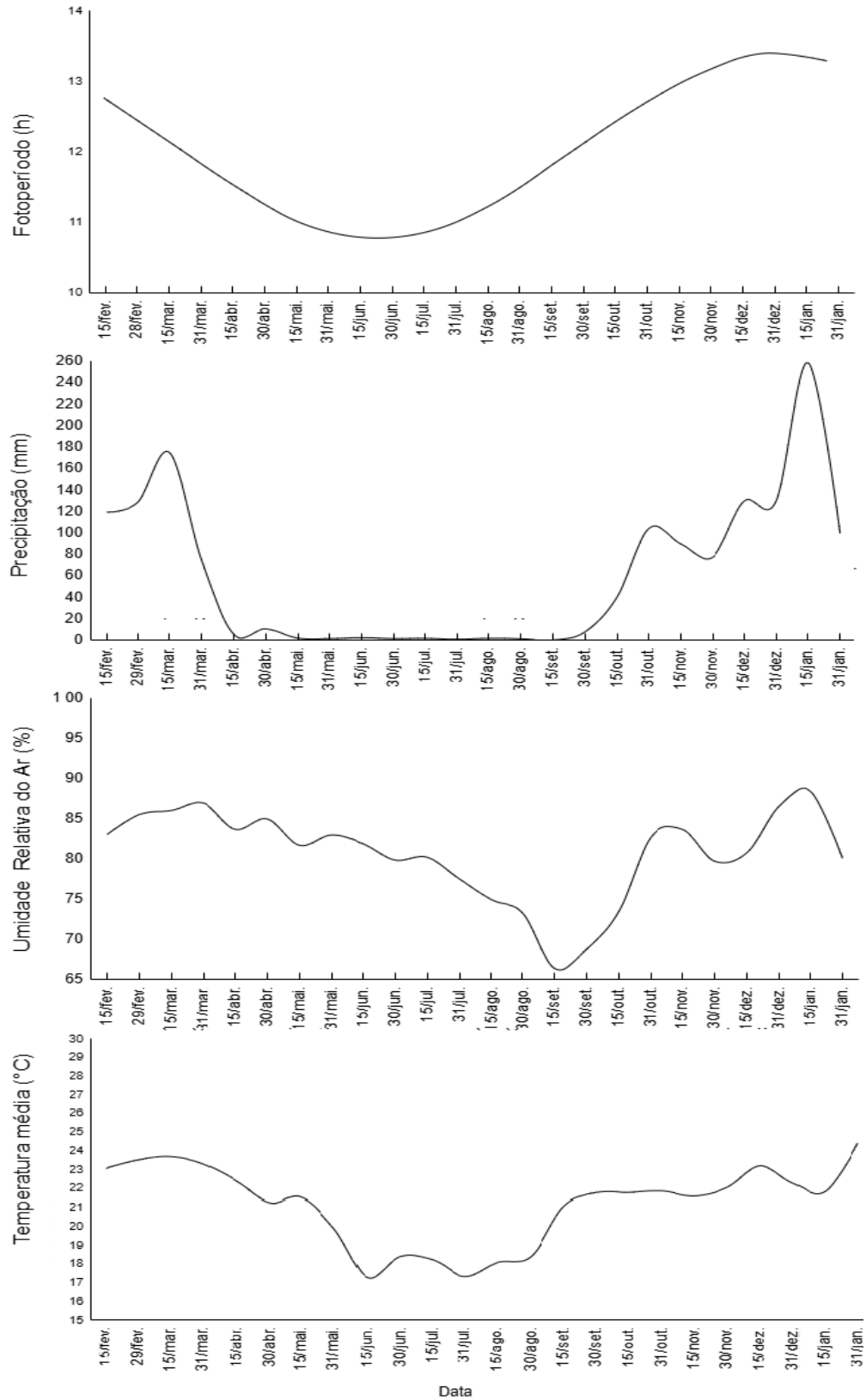
Para avaliar a influência das variáveis meteorológicas de Umidade, Temperatura, Fotoperíodo, Precipitação sobre os estágios fenológicos, foram elaborados gráficos e aplicada a correlação de Spearman, com nível de significância inicial de 5% ($p \leq 0,05$). As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do software Python. A correlação de Spearman foi escolhida por ser um método não paramétrico, adequado para dados fenológicos e climáticos que frequentemente não seguem distribuição normal. Por mensurar associações monotônicas entre variáveis por meio de seus postos, Spearman é mais robusto a dados assimétricos e à presença de outliers do que métodos paramétricos como Pearson (Astivia *et al.*, 2017). Considerando que múltiplos testes foram realizados (uma variável-resposta contra diversas variáveis meteorológicas), aplicou-se a correção de Bonferroni para reduzir a probabilidade de erro tipo I, ajustando o limiar de significância (Rice, 1989; Armstrong, 2014).

1.3 Resultados

1.3.1 Caracterização das variáveis meteorológicas e das fenofases das espécies

O comportamento das variáveis meteorológicas distribuídas quinzenalmente ao longo do período de estudo, utilizadas para estabelecer relação com as fenofases das espécies, evidencia a principal característica climática do município, com período sem precipitação bem definido, baixa umidade do ar em setembro e outubro e menores temperaturas no inverno (junho a agosto) (Figura 1.2).

Figura 1.2 – Comportamento das variáveis meteorológicas entre fevereiro de 2024 e janeiro de 2025 em Viçosa, MG.



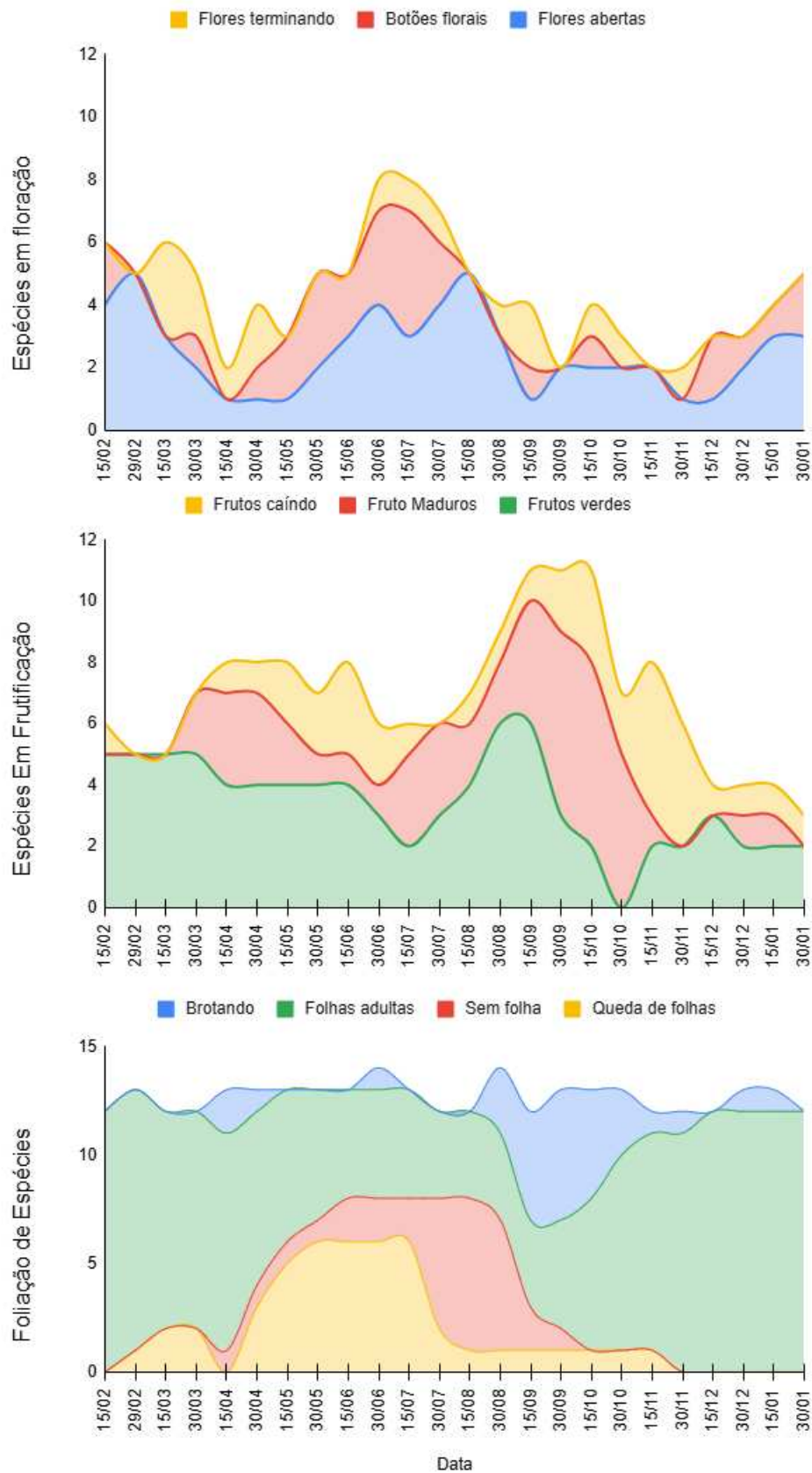
Fonte: Próprio autor (2025)

Os dias mais longos aconteceram entre outubro e fevereiro, em que o fotoperíodo atinge o maior valor no mês de dezembro. Já entre maio e julho, ocorre uma diminuição. Nesse período, a temperatura média atinge seus valores mínimos, em torno de 15 °C, enquanto os maiores valores de temperatura ocorrem no mês de janeiro, com médias próximas de 24 °C.

A umidade relativa do ar acompanha um ciclo bem definido: elevado no começo do ano, acima de 85%, diminuindo gradualmente ao longo da estação seca de inverno, atingindo o menor valor em setembro. Com o retorno das chuvas, os valores voltam a subir. Essas variações refletem o padrão típico do clima subtropical úmido com influência de monções, caracterizado por verões quentes e chuvosos e invernos mais secos, conforme descrito por Fialho e Santos (2022).

As fenofases de floração e frutificação foram registradas ao longo de todo o ano, apresentando, entretanto, picos de ocorrência em épocas distintas, enquanto os padrões de foliação mostraram uma divisão clara entre os períodos de menor e maior umidade relativa (Figura 1.3).

Figura 1.3 – Dinâmica fenológica das espécies estudadas ao longo do ano em Viçosa, MG.



Nota: Gráfico de áreas empilhadas. Quanto maior a área preenchida, maior a intensidade da fenofase em cada período de observação.

O pico de floração ocorreu em junho, seguido pelos meses de fevereiro e março, sendo que as flores abertas foram mais frequentes em fevereiro e agosto. A presença de botões florais foi mais expressiva entre maio e julho, atingindo seu ápice em julho. A queda de flores, por sua vez, foi mais frequente nos meses de março e setembro.

O pico de floração em março ocorreu logo após o período de maior precipitação, coincidindo com a redução gradual das chuvas e do fotoperíodo. Já o maior valor observado em junho, manifesta-se durante a estação seca, caracterizada por baixos índices de precipitação, temperaturas mais amenas e fotoperíodo reduzido.

O estágio de frutos imaturos apresentou dois picos distintos: o primeiro ocorreu entre fevereiro e parte de março, durante a estação chuvosa, caracterizada por alta umidade relativa do ar, temperaturas elevadas e maior fotoperíodo. O segundo pico foi registrado entre agosto e setembro, em pleno período de estiagem, quando a umidade relativa atinge seus níveis mais baixos e as temperaturas começam a subir novamente e o fotoperíodo se mantém reduzido. A maturação dos frutos atinge seu ápice em outubro, no início da estação chuvosa, acompanhada pelo aumento gradual da umidade, da temperatura e do fotoperíodo. A queda dos frutos concentrou-se em novembro, período em que as condições de alta umidade e temperatura favorecem a dispersão.

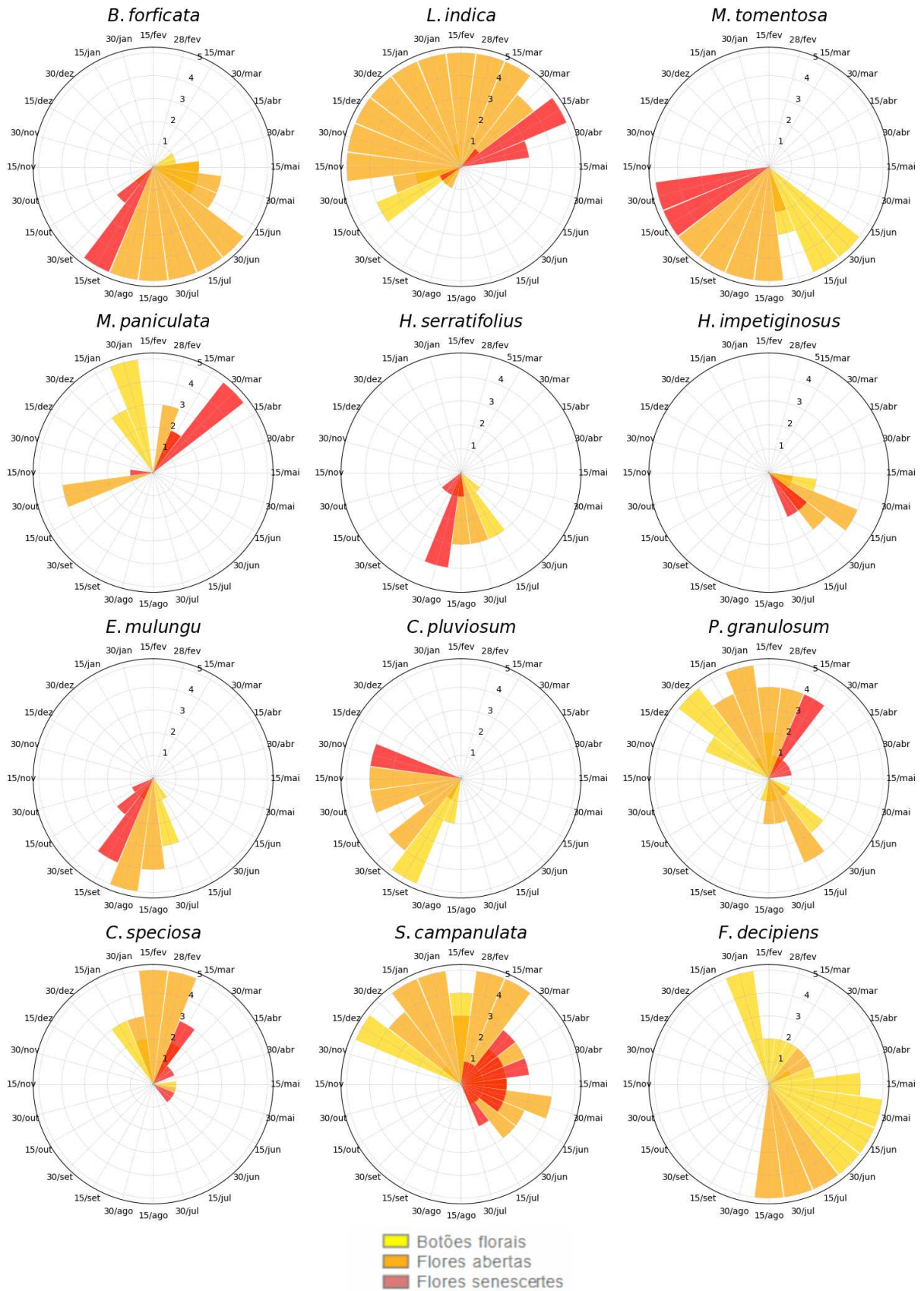
A queda de folhas foi observada entre o final de abril e meados de julho, período caracterizado pela redução progressiva do fotoperíodo, precipitação mínima e declínio das temperaturas, marcando o início da estação seca. A fase sem folhas concentrou-se entre o final de julho e o final de agosto, quando o fotoperíodo permanece reduzido, as chuvas estão ausentes há meses, e os índices de umidade e temperatura atingem seus níveis mais baixos no ano. A brotação de folhas novas teve início entre setembro e outubro, coincidindo com o retorno das chuvas e o aumento gradual do fotoperíodo, da umidade relativa do ar e das temperaturas, sinalizando o começo da estação úmida.

1.3.2 Floração das espécies e relação com as variáveis meteorológicas

As espécies apresentaram padrões distintos de floração ao longo do ano, refletindo diferentes estratégias adaptativas em relação ao clima local. *Bauhinia forficata*, *E. mulungu*, *H. serratifolius*, *H. impetiginosus* e *M. tomentosa* concentraram suas florações principalmente entre junho e setembro, coincidindo com o período de menor temperatura e ausência de precipitação (Figura 1.4). Em contraste, *C. speciosa*, *L. indica*, *M. paniculata* e *S. campanulata* floresceram predominantemente entre outubro e março, durante o período de

maiores temperaturas e precipitação. *Cenostigma pluviosum* tem floração de setembro a novembro e *F. decipiens* e *P. granulosum* apresentaram floração fora dos padrões apresentados, com eventos de florescimento em épocas variadas ao longo do ciclo anual. *Pleroma granulosum* apresentou floração de dezembro a março e de junho a agosto e *F. decipiens* apresentou floração no mês de janeiro e de maio a agosto. Esses resultados evidenciam a diversidade fenológica das espécies estudadas.

Figura 1.4 – Histogramas da distribuição mensal dos estágios de floração ao longo do ano para cada espécie.



Fonte: Próprio autor (2025)

As variáveis temperatura mínima, temperatura média e umidade relativa do ar média e máxima foram as mais frequentemente relacionadas à floração, especialmente com correlações negativas, indicando que condições de menor temperatura e menor umidade (especialmente a umidade máxima) estão associadas ao florescimento em várias espécies (como *B. forficata*, *E. mulungu*, *H. serratifolius* e *M. tomentosa*). Em contraste, outras espécies, exóticas (*L. indica*, *S. campanulata*) mostraram correlações positivas com temperatura e umidade, sugerindo preferência pela estação chuvosa e quente. (Tabela 1.1).

Tabela 1.1 – Correlação entre fenofases de floração das espécies analisadas e as variáveis meteorológicas, em Viçosa-MG.

Espécie	Fen.	F	P	T1	T2	TM	UM	U1	U2
<i>Bauhinia forficata</i>	BFL	-0,591	-0,302	-0,212	-0,32	-0,284	0,057	-0,067	0,288
	FLA	-0,526	-0,723*	-0,797*	-0,621	-0,798*	-0,403	-0,472	0,731*
	FLC	-0,047	-0,292	-0,187	0,287	-0,112	-0,480	-0,373	-0,193
<i>Ceiba speciosa</i>	BFL	0,204	0,251	0,312	0,126	0,197	0,154	0,144	-0,242
	FLA	0,121	0,389	0,540	0,159	0,508	0,276	0,357	-0,14
	FLC	-0,358	0,018	0,107	-0,196	0,110	0,316	0,263	0,103
<i>Cenostigma pluviosum</i>	BFL	-0,131	-0,459	-0,344	0,182	-0,238	-0,459	-0,435	0,124
	FLA	0,185	0,031	-0,044	0,448	-0,04	-0,327	-0,352	-0,327
	FLC	0,181	0,105	0,000	0,166	0,105	-0,166	0,000	-0,134
<i>Erythrina mulungu</i>	BFL	-0,306	-0,363	-0,438	-0,374	-0,415	-0,199	-0,034	0,469
	FLA	0,082	-0,487	-0,471	0,050	-0,375	-0,514	-0,575*	0,058
	FLC	-0,024	-0,229	-0,213	0,407	-0,089	-0,558*	-0,466	-0,242
<i>Filicium decipiens</i>	BFL	-0,429	-0,024	0,159	-0,22	0,044	0,215	0,162	0,297
	FLA	-0,134	-0,359	-0,342	-0,285	-0,274	-0,057	0,025	0,159
	FLC	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<i>Handroanthus impetiginosus</i>	BFL	-0,439	-0,254	-0,238	-0,455	-0,364	0,067	-0,05	0,469
	FLA	-0,526	-0,347	-0,339	-0,520	-0,454*	-0,030	-0,127	0,587*
	FLC	-0,350	-0,305	-0,349	-0,305	-0,348	-0,152	-0,087	0,470
<i>Handroanthus serratifolius</i>	BFL	-0,112	-0,362	-0,463	-0,337	-0,463	-0,258	-0,271	0,323
	FLA	0,016	-0,471	-0,572*	-0,292	-0,487	-0,423	-0,422	0,300
	FLC	0,077	-0,465	-0,468	0,122	-0,341	-0,627*	-0,632*	-0,010
<i>Lagerstroemia indica</i>	BFL	0,304	0,042	0,113	0,584*	0,213	-0,335	-0,295	-0,286
	FLA	0,720*	0,476*	0,817*	0,416	0,766*	0,421*	0,520	-0,653*
	FLC	-0,175	0,134	0,108	0,139	0,173	0,238	0,239	-0,031
<i>Moquilea tomentosa</i>	BFL	-0,421*	-0,440*	-0,494*	-0,440*	-0,478*	-0,241	-0,101	0,588*
	FLA	-0,002	-0,567*	-0,580*	-0,006	-0,452*	-0,679*	-0,620*	0,094
	FLC	0,153	0,174	-0,011	0,436*	0,065	-0,152	-0,273	-0,193
<i>Murraya paniculata</i>	BFL	0,450	0,365	0,396	0,146	0,292	0,160	0,276	-0,193
	FLA	0,156	0,457	0,398	0,278	0,396	0,307	0,165	-0,242
	FLC	0,062	0,315	0,415	0,122	0,333	0,436	0,362	-0,242
<i>Pleroma granulosum</i>	BFL	0,176	0,036	-0,077	-0,396	-0,106	0,073	0,043	0,149
	FLA	0,246	0,227	0,197	-0,114	0,121	0,101	0,241	0,015
	FLC	-0,189	0,183	0,327	0,024	0,352	0,501	0,468	-0,051
<i>Spathodea campanulata</i>	BFL	-0,024	0,179	0,237	0,002	0,267	0,28	0,227	-0,183
	FLA	-0,029	0,349	0,555*	-0,263	0,401	0,673*	0,695*	0,000
	FLC	-0,680*	-0,177	-0,001	-0,323	-0,093	0,429	0,286	0,402

Nota: Teste de Spearman $\alpha = 5\%$. * representam correlações significativas ao nível de $p < 0,00625$;

Legenda: Fenofases (Fen); Botões florais (BFL); Flores abertas (FLA) e Flores terminando (FLC), fotoperíodo (F); precipitação (P), Temperatura mínima (T1); Temperatura Máxima (T2), Temperatura Média (TM); Umidade Média (UM); Umidade Máxima(U1); Umidade Mínima (U2)

A abertura e a queda das flores mostraram padrões contrastantes entre espécies que florescem na estação seca e aquelas associadas a períodos úmidos e quentes.

Em *B. forficata*, a presença de flores abertas apresentou correlação negativa com a precipitação e com as temperaturas máxima e média, e positiva com a umidade mínima, indicando florescimento em períodos mais secos, com temperaturas amenas e menor umidade relativa do ar. Já em *E. mulungu*, a abertura das flores teve correlação negativa com a umidade máxima, enquanto que o final da floração apresentou correlação negativa com a umidade média, sugerindo sensibilidade ao excesso de umidade.

Handroanthus serratifolius apresentou correlação negativa com a temperatura mínima durante a fase de flores abertas e com as umidades média e máxima no final da floração, enquanto *H. impetiginosus*, a presença de flores abertas correlacionou-se negativamente com a temperatura média e positivamente com a umidade mínima, indicando florescimento em períodos amenos e com menor déficit hídrico atmosférico.

Em *M. tomentosa*, a formação de botões florais correlacionou-se negativamente com a precipitação e com as temperaturas mínima, média e máxima, e positivamente com a umidade mínima, sugerindo indução floral em períodos secos, amenos e com menor déficit hídrico atmosférico. Já a presença de flores abertas apresentaram correlação negativa com precipitação, temperatura mínima e média, umidade relativa média e máxima.

L. indica exibiu correlações positivas seletivas: os botões florais associaram-se à temperatura máxima, e as flores abertas correlacionaram-se positivamente com o fotoperíodo, a precipitação, as temperaturas mínima e média e a umidade relativa média, caracterizando floração típica da estação quente e úmida.

Spathodea campanulata apresentou correlação positiva entre flores abertas e temperatura mínima e umidade média e máxima, enquanto o final da floração correlacionou-se negativamente com o fotoperíodo. As demais espécies *C. pluviosum*, *C. speciosa*, *F. decipiens*, *M. paniculata* e *P. granulosum* não apresentaram correlações significativas com as variáveis analisadas.

Em síntese, os resultados indicam padrões contrastantes de floração entre espécies associadas à estação seca e à estação úmida, refletindo estratégias fenológicas distintas de adaptação ao clima tropical sazonal. *B. forficata*, *E. mulungu*, *H. serratifolius* e *Moquilea*

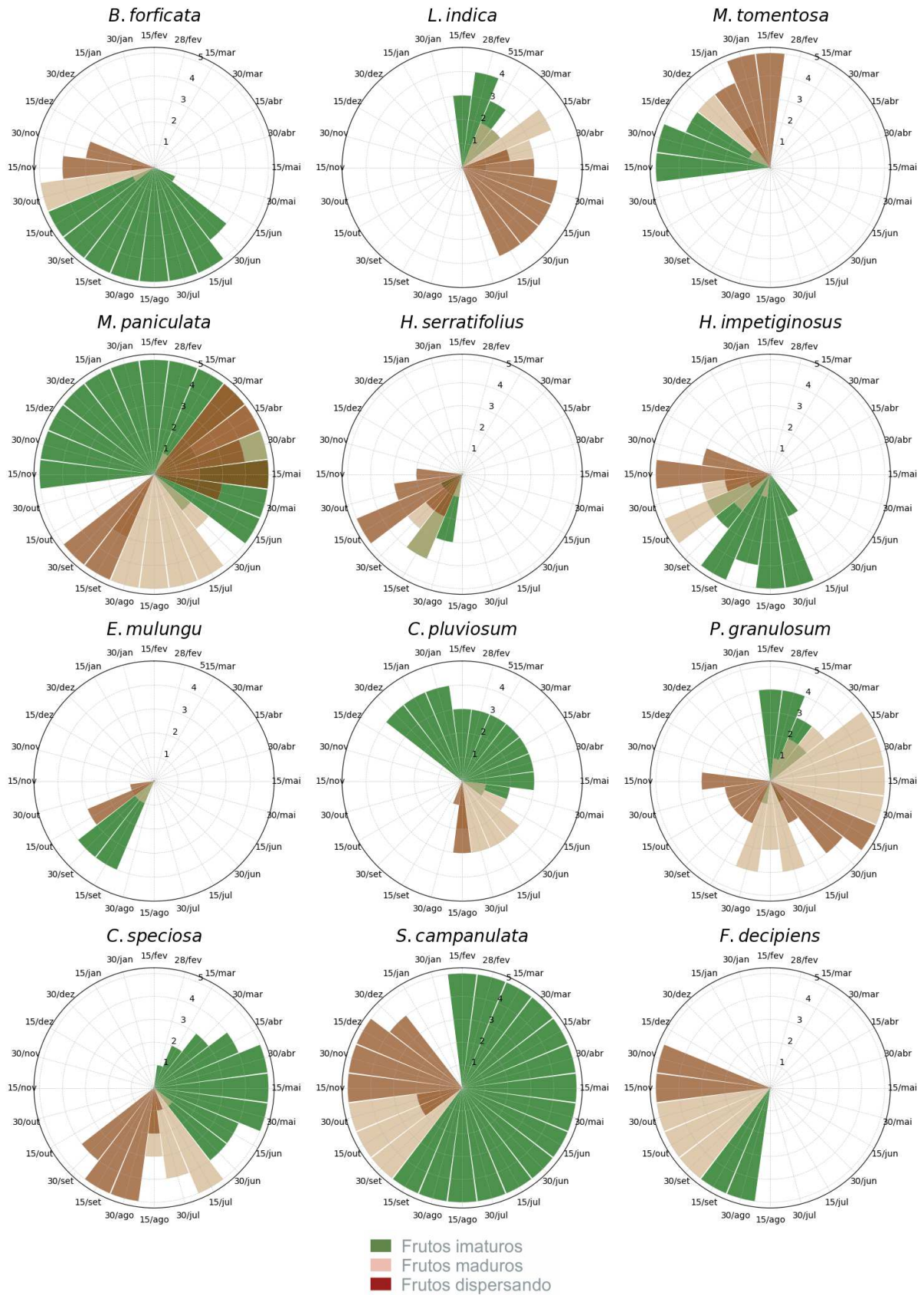
tomentosa apresentaram correlações negativas entre a floração e variáveis como temperatura e precipitação. Em contrapartida, *L. indica* e *S. campanulata* exibiram associações positivas entre abertura floral, precipitação, temperatura e umidade.

1.3.2.1 Frutificação e a relação com as variáveis meteorológicas

A frutificação de *B. forficata*, *H. impetiginosus*, *H. serratifolius*, *E. mulungu* e *F. decipiens* teve início entre junho e setembro, abrangendo o período seco e a transição para o úmido. A maturação e dispersão dos frutos dessas espécies ocorreram entre setembro e novembro, caracterizando um período de maior temperatura e úmido (Figura 1.5). Em contraste, o início da frutificação de *L. indica*, *M. tomentosa*, *M. paniculata*, *S. campanulata*, *C. pluviosum* e *P. granulosum* ocorreu entre novembro e fevereiro, coincidindo com o auge do período quente e chuvoso. Já a *C. speciosa* iniciou seu processo de frutificação em março.

Houve variação na duração da fenofase de frutos imaturos entre as espécies, variando de 15 dias (*H. serratifolius*) até oito meses (*S. campanulata*). A presença de frutos maduros ou em dispersão em *L. indica*, *C. speciosa* e *C. pluviosum* foi registrada entre abril e setembro, período caracterizado por clima mais seco, de menor temperatura e com menor fotoperíodo. Já em *M. tomentosa* e *S. campanulata*, a maturação e dispersão dos frutos ocorreram entre setembro e fevereiro, durante o período de maior temperatura e úmido.

Figura 1.5 – Histogramas da distribuição mensal dos estágios de frutificação ao longo do ano para cada espécie.



Fonte: Próprio autor (2025)

As variáveis de umidade relativa média e máxima e temperatura média e máxima foram as que mais influenciaram a frutificação, atuando em conjunto como moduladores do amadurecimento e da liberação dos frutos. Baixa umidade e temperaturas mais amenas favoreceram a frutificação e dispersão de espécies decíduas e de frutos secos, enquanto temperaturas e umidades elevadas beneficiaram a frutificação de espécies tropicais e carnosas. (Tabela 1.2).

Tabela 1.2 – Correlação entre fenofases de frutificação das espécies analisadas e as variáveis meteorológicas, em Viçosa-MG.

Espécie	Fen.	F	P	T1	T2	TM	UM	U1	U2
<i>Bauhinia forficata</i>	FRC	0,262	0,175	0,102	0,081	0,039	-0,013	0,091	-0,193
	FRM	0,241	0,232	0,075	0,346	0,032	-0,04	-0,157	-0,242
	FRV	-0,256	-0,677*	-0,802*	-0,156	-0,684*	-0,784*	-0,718*	0,379
<i>Ceiba speciosa</i>	FRC	-0,029	-0,579*	-0,578*	0,009	-0,446	-0,682*	-0,616*	0,112
	FRM	-0,209	-0,489	-0,598*	-0,468	-0,581*	-0,333	-0,259	0,459
	FRV	-0,680*	-0,176	0,015	-0,329	-0,079	0,388	0,208	0,343
<i>Cenostigma pluviosum</i>	FRC	0,176	-0,334	-0,434	-0,112	-0,351	-0,368	-0,481	0,124
	FRM	-0,458*	-0,586*	-0,676*	-0,684*	-0,734	-0,270	-0,265	0,698*
	FRV	0,142	0,428	0,685*	-0,079	0,537	0,743*	0,749*	-0,237
<i>Erythrina mulungu</i>	FRC	0,148	0,170	-0,016	0,434	0,063	-0,161	-0,277	-0,193
	FRM	-0,018	-0,209	-0,209	0,410	-0,082	-0,555*	-0,465	-0,243
	FRV	-0,044	-0,283	-0,185	0,283	-0,109	-0,479	-0,371	-0,193
<i>Filicium decipiens</i>	FRC	0,262	0,174	0,098	0,087	0,044	-0,022	0,087	-0,193
	FRM	0,146	0,118	-0,064	0,446	0,046	-0,319	-0,365	-0,243
	FRV	-0,131	-0,458	-0,349	0,174	-0,24	-0,457	-0,437	0,138
<i>Handroanthus impetiginosus</i>	FRC	0,317	0,261	0,078	0,360	0,077	-0,107	-0,109	-0,285
	FRM	0,175	0,055	-0,119	0,366	-0,059	-0,323	-0,388	-0,140
	FRV	-0,077	-0,608*	-0,691*	-0,009	-0,539	-0,751*	-0,662*	0,173
<i>Handroanthus serratifolius</i>	FRC	0,168	0,015	-0,066	0,486	-0,039	-0,358	-0,386	-0,327
	FRM	-0,091	-0,412	-0,337	0,241	-0,206	-0,575*	-0,499	0,012
	FRV	-0,075	-0,367	-0,364	0,352	-0,19	-0,647*	-0,585*	-0,031
<i>Lagerstroemia indica</i>	FRC	-0,727*	-0,275	-0,421	-0,542*	-0,561*	0,005	-0,132	0,708*
	FRM	-0,330	0,210	0,261	0,025	0,276	0,459	0,366	-0,084
	FRV	0,073	0,557	0,583*	0,210	0,565*	0,476	0,448	-0,286
<i>Moquilea tomentosa</i>	FRC	0,426*	0,438*	0,468*	0,173	0,366	0,191	0,327	-0,242
	FRM	0,442*	0,377	0,285	-0,151	0,241	0,371	0,351	-0,242
	FRV	0,430*	0,293	0,21	0,058	0,214	0,093	0,17	-0,286
<i>Murraya paniculata</i>	FRC	-0,433	-0,332	-0,044	0,138	0,000	0,003	-0,020	-0,091
	FRM	-0,439	-0,580*	-0,471	-0,259	-0,388	-0,140	-0,147	0,396
	FRV	0,131	0,562*	0,681*	-0,063	0,494	0,703*	0,643*	-0,182
<i>Pleroma granulosum</i>	FRC	-0,220	-0,235	-0,347	-0,03	-0,435	-0,341	-0,393	0,198
	FRM	-0,562*	-0,480	-0,285	-0,274	-0,237	0,076	-0,005	0,334
	FRV	-0,046	0,262	0,319	0,115	0,347	0,299	0,293	-0,017
<i>Spathodea campanulata</i>	FRC	0,479*	0,369	0,190	0,287	0,240	0,006	0,008	-0,366
	FRM	0,146	0,118	-0,064	0,446	0,046	-0,319	-0,365	-0,243
	FRV	-0,693	-0,516	-0,348	-0,410	-0,367	0,031	-0,056	0,497

Nota: Teste de Spearman $\alpha=5$ %. * representam correlações significativas ao nível de $p < 0,05$;

Legenda: Fenofases (Fen); Frutos dispersando (FRC); Frutos Maduros (FRM) e frutos imaturos (FRV) com as variáveis meteorológicas de fotoperíodo (F); precipitação (P), Temperatura mínima (T1); Temperatura Máxima (T2), Temperatura Média (TM); Umidade Média (UM); Umidade Máxima (U1); Umidade Mínima (U2)

As correlações observadas para as fenofases reprodutivas indicam padrões distintos entre espécies que frutificam na estação seca e aquelas que concentram o processo em períodos chuvosos.

Em *B. forficata*, os frutos imaturos correlacionaram-se negativamente com a precipitação, as temperaturas mínima e média e as umidades média e máxima, sugerindo que o desenvolvimento inicial dos frutos é favorecido por condições mais secas e amenas. Padrão semelhante foi registrado em *H. impetiginosus* e *H. serratifolius*, cujos frutos imaturos apresentaram correlação negativa com variáveis umidade média e máxima, enquanto os maduros de *H. serratifolius* relacionaram-se negativamente com a umidade média. Em *E. mulungu*, houve correlação negativa entre frutos maduros e umidade média.

Em *C. speciosa*, as fenofases reprodutivas mostraram correlações negativas generalizadas com temperatura e umidade: frutos imaturos associaram-se ao fotoperíodo reduzido, frutos maduros a menores temperaturas mínima e média e frutos caindo a menores valores de precipitação e umidade, indicando que o amadurecimento e a dispersão ocorrem sob condições frias e secas. *P. granulatum* apresentou correlação negativa entre frutos maduros e fotoperíodo, o que indica maturação associada ao encurtamento dos dias.

O comportamento de *C. pluviosum* foi inverso: os frutos imaturos correlacionaram-se positivamente com temperatura mínima e umidade média e máxima, enquanto os maduros mostraram correlação negativa com fotoperíodo, precipitação e temperaturas mínimas e máximas, além de correlação positiva com a umidade mínima. Assim, o desenvolvimento inicial ocorre sob calor e umidade, e a maturação, sob leve resfriamento e menor luminosidade. Padrão semelhante foi observado em *M. paniculata*, em que frutos imaturos associaram-se positivamente à precipitação, temperatura mínima e umidade média e máxima, enquanto frutos maduros correlacionaram-se negativamente com a precipitação, indicando amadurecimento na transição para o período seco.

Em *L. indica*, a queda dos frutos correlacionou-se negativamente com o fotoperíodo e as temperaturas máxima e média e positivamente com a umidade mínima, sugerindo que a dispersão tende a ocorrer sob condições amenas e úmidas, à medida que os dias se tornam mais curtos. Já *M. tomentosa* apresentou padrão oposto, com todas as fenofases frutíferas correlacionadas positivamente ao fotoperíodo, e a queda dos frutos ainda associada à

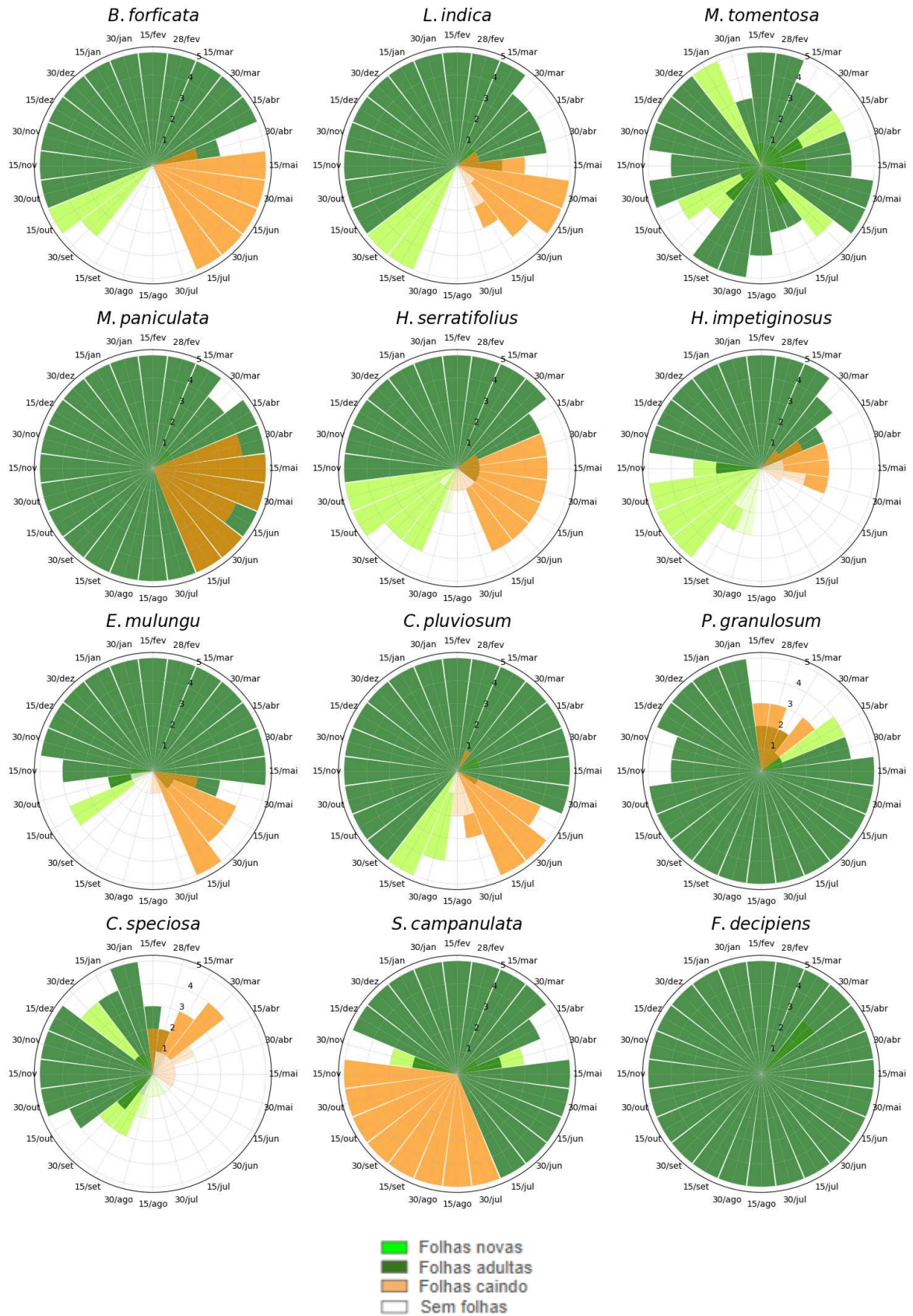
precipitação e à temperatura mínima, caracterizando frutificação em períodos quentes, chuvosos e luminosos. *S. campanulata* também seguiu esse padrão, com correlação positiva entre a queda dos frutos e o aumento do fotoperíodo.

Por fim, *F. decipiens* não apresentou correlações significativas com as variáveis analisadas, sugerindo estabilidade fenológica frente às variações climáticas locais.

1.3.3 Fenologia vegetativa e a relação com as variáveis meteorológicas

As variáveis temperatura máxima e média, precipitação e umidade relativa do ar máxima e média foram as mais influentes na foliação, refletindo o papel conjunto do regime térmico e hídrico na manutenção ou perda das folhas. Esses fatores mostraram predominância de correlações positivas com a presença de folhas adultas e negativas com a queda e ausência de folhas, indicando que o crescimento e a permanência da folhagem dependem de condições quentes, úmidas e de maior disponibilidade hídrica. O fotoperíodo teve influência secundária, mas importante, ao atuar como sinalizador do ciclo fenológico: a redução do comprimento do dia intensificou a senescência e a abscisão, enquanto dias mais longos prolongaram a atividade fotossintética e a estabilidade das folhas. (Figura 1.6).

Figura 1.6 – Histogramas da distribuição mensal dos estágios foliares ao longo do ano para cada espécie.



Fonte: Próprio autor (2025)

O fotoperíodo, precipitação, temperatura média, temperatura mínima, umidade relativa média e umidade relativa máxima apresentaram para diversas espécies correlações significativas diretas com a presença de folhas adultas na copa e inversas com a queda e ausência de folhas (Tabela 1.3).

Tabela 1.3 – Correlação entre fenofases vegetativas das espécies analisadas e as variáveis meteorológicas, em Viçosa-MG.

Espécie	Fen.	F	P	T1	T2	TM	UM	U1	U2
<i>Bauhinia forficata</i>	FA	0,619	0,834*	0,880*	0,349	0,841*	0,678*	0,740*	-0,592
	QF	-0,734*	-0,438	-0,410	-0,521	-0,549	0,006	-0,144	0,675*
	SF	-0,034	-0,59*	-0,606	-0,14	-0,508	-0,556	-0,529	0,225
	NF	0,044	0,003	-0,131	0,309	0,001	-0,412	-0,35	-0,193
<i>Ceiba speciosa</i>	FA	0,738*	0,718*	0,567*	0,630*	0,581*	0,019	0,111	-0,638*
	QF	-0,363	0,217	0,415	-0,054	0,356	0,598	0,483*	-0,046
	SF	-0,767*	-0,700*	-0,621*	-0,621*	-0,667*	-0,116	-0,234	0,726*
	NF	0,142	-0,402	-0,434	-0,13	-0,352	-0,428	-0,312	0,023
<i>Cenostigma pluviosum</i>	FA	-0,011	0,532*	0,709*	0,187	0,652*	0,697*	0,626*	-0,354
	QF	-0,363	-0,37	-0,511	-0,575*	-0,559*	-0,188	-0,204	0,540
	SF	0,030	-0,467	-0,571*	-0,287	-0,486	-0,424	-0,429	0,288
	NF	-0,253	-0,411	-0,253	0,057	-0,161	-0,19	-0,149	0,194
<i>Erythrina mulungu</i>	FA	0,266	0,680*	0,821*	0,165	0,747*	0,753*	0,744*	-0,416
	QF	-0,490	-0,565*	-0,649*	-0,687*	-0,725*	-0,228	-0,249	0,714*
	SF	0,040	-0,465	-0,556*	0,209	-0,393	-0,725*	-0,711*	0,017
	NF	0,229	0,222	0,061	0,353	0,03	-0,065	-0,174	-0,242
<i>Filicium decipiens</i>	FA	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	QF	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	SF	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	NF	0,059	0,454	0,579*	0,211	0,563*	0,316	0,257	-0,134
<i>Handroanthus impetiginosus</i>	FA	0,528	0,778*	0,855*	0,244	0,823*	0,620*	0,717*	-0,555*
	QF	-0,600*	-0,245	-0,05	-0,262	-0,14	0,33	0,162	0,279
	SF	-0,589*	-0,824*	-0,847*	-0,595*	-0,883*	-0,448	-0,514	0,771*
	NF	0,124	-0,098	-0,193	0,458	-0,112	-0,470	-0,504	-0,183
<i>Handroanthus serratifolius</i>	FA	0,437	0,744*	0,849*	0,137	0,744*	0,708*	0,760*	-0,468
	QF	-0,759*	-0,672	-0,658	-0,669*	-0,722	-0,132	-0,248	0,793*
	SF	-0,178	-0,590*	-0,717*	-0,365	-0,612*	-0,570*	-0,493	0,471
	NF	0,163	-0,230	-0,354	0,444	-0,202	-0,610*	-0,687*	-0,183
<i>Lagerstroemia indica</i>	FA	0,664*	0,613*	0,832*	0,476	0,803*	0,509	0,532	-0,653
	QF	-0,772*	-0,273	-0,388	-0,560*	-0,489*	0,07	-0,038	0,635*
	SF	-0,198	-0,447*	-0,709*	-0,427	-0,629*	-0,464	-0,425	0,551*
	NF	-0,055	-0,114	-0,019	0,363	0,047	-0,241	-0,181	-0,242
<i>Moquilea tomentosa</i>	FA	0,067	0,039	0,087	0,101	0,086	0,058	-0,062	-0,014
	QF	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	SF	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	NF	-0,195	0,066	0,049	-0,054	0,033	0,089	0,19	-0,035
<i>Murraya paniculata</i>	FA	0,03	-0,075	-0,256	-0,211	-0,256	-0,316	-0,257	0,134
	QF	-0,731*	-0,442	-0,403	-0,501	-0,530	0,006	-0,135	0,664*
	SF	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	NF	-0,030	0,075	0,256	0,211	0,256	0,316	0,257	-0,134

Espécie	Fen.	F	P	T1	T2	TM	UM	U1	U2
<i>Pleroma granulosum</i>	FA	-0,041	-0,418	-0,558*	-0,16	-0,548*	-0,557*	-0,614*	0,293
	QF	0,070	0,458	0,579*	0,225	0,559*	0,480	0,452	-0,286
	SF	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	NF	-0,199	0,148	0,305	0,016	0,339	0,493	0,474	-0,051
<i>Spathodea campanulata</i>	FA	-0,125	0,339	0,461	-0,209	0,355	0,583*	0,545*	0,044
	QF	0,147	-0,339	-0,460	0,204	-0,383	-0,613*	-0,627*	-0,065
	SF	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	NF	-0,065	0,015	0,025	-0,004	0,092	0,111	0,235	0,046

Nota teste de Sperman $\alpha = 5\%$. * representam correlações significativas ao nível de $p < 0,05$;

Legenda: Fenofases (Fen); Folhas Adultas (FA); Queda de Folhas (QF); Ausência de folhas (SF); Surgimento de novas folhas (NF) com as variáveis meteorológicas de fotoperíodo (F); precipitação (P), Temperatura mínima (T1); Temperatura Máxima (T2), Temperatura Média (TM); Umidade Média (UM); Umidade Máxima (U1); Umidade Mínima (U2)

A presença de folhas adultas foi, em geral, associada a condições mais úmidas e quentes, com correlações positivas predominando para a precipitação, temperatura e umidade. Esse padrão foi observado em *B. forficata*, *C. pluviosum*, *E. mulungu*, *H. impetiginosus*, *H. serratifolius*, *L. indica* e *C. speciosa*, indicando maior desenvolvimento foliar durante o período chuvoso. Em *C. speciosa*, contudo, verificou-se relação negativa com a umidade mínima, enquanto *P. granulosum* apresentou resposta inversa, com correlações negativas entre folhas adultas e as variáveis térmicas e de umidade, sugerindo redução da folhagem em períodos mais quentes e úmidos. Já *S. campanulata* manteve folhas sob alta umidade, com correlações positivas com umidade média e máxima.

A queda foliar, por sua vez, esteve predominantemente associada a fotoperíodo reduzido e menores temperaturas, além de correlações positivas com a umidade mínima. Esse comportamento foi particularmente evidente em *H. impetiginosus*, *H. serratifolius*, *L. indica*, *E. mulungu* e *M. paniculata*, além de *C. pluviosum* e *C. speciosa*, que também intensificam a perda foliar sob resfriamento e redução da luminosidade.

A ausência de folhas correlacionou-se negativamente com a precipitação e as temperaturas e positivamente com a umidade mínima em espécies decíduas, como *B. forficata*, *H. impetiginosus*, *H. serratifolius*, *L. indica* e *C. speciosa*, reforçando a influência da seca e do frio na indução da deciduidade.

Entre as espécies de resposta mais neutra, *F. decipiens* apresentou correlação positiva apenas para o surgimento de novas folhas com a temperatura, enquanto *M. tomentosa* não mostrou correlações significativas, sugerindo comportamento vegetativo mais estável frente às variações climáticas.

Esses padrões refletem estratégias diferenciadas de adaptação hídrica e térmica, que permitem a coexistência de espécies de diferentes origens ecológicas no ambiente.

1.4 Discussão

1.4.1 Caracterização das variáveis meteorológicas e das fenofases das espécies

A ocorrência de diferentes picos de floração ao longo do ano evidencia estratégias adaptativas distintas entre as espécies às variações sazonais: enquanto algumas florescem após o período chuvoso, aproveitando a maior disponibilidade de água e temperaturas favoráveis, outras florescem em plena estação seca, possivelmente para evitar a competição por polinizadores ou dispersores de sementes (Morellato *et al.*, 2000; Rankine *et al.*, 2024).

A presença de frutos imaturos tanto no período chuvoso quanto no período seco configura, além de reflexo dos picos de floração, uma estratégia adaptativa que explora condições ambientais contrastantes para otimizar a reprodução (Dunham *et al.*, 2018). frutos imaturos durante a estação úmida (chuva, temperatura e fotoperíodo elevados) indicam uma fase de desenvolvimento favorecida pela ampla disponibilidade de recursos abióticos (Lechowicz, 1995; Fenner, 1988). Por outro lado, a ocorrência de frutos imaturos na estação seca sugere plasticidade fenológica: espécies distintas adiantam sua fase de desenvolvimento quando a competição por dispersores é menor e o ambiente é menos hospitaleiro (Singh *et al.*, 2023).

A maturação sincronizada com o início da estação chuvosa se alinha à lógica de maximizar a viabilidade dos frutos maduros em um período propício à germinação (Barret; Brownl., 2021). A dispersão, por sua vez, ocorrendo em condições de alta umidade e temperatura, aproveita a fase ideal para dispersores biológicos e condições edáficas que favorecem o estabelecimento de plântulas (Souza *et al.*, 2022; Singh *et al.*, 2023).

Além disso, a ocorrência de frutos em diferentes épocas do ano pode estar associada à presença de dormência nas sementes, mecanismo adaptativo que impede a germinação imediata mesmo sob condições ambientais favoráveis. A dormência contribui para distribuir o recrutamento de plântulas ao longo do tempo, funcionando como estratégia de redução de riscos em ambientes sazonais (Martins *et al.*, 2019; Escobar *et al.*, 2018). Em florestas tropicais, esse processo permite que espécies ajustem a emergência de plântulas a períodos mais propícios ao estabelecimento, mesmo quando a dispersão ocorre em fases ambientais adversas (Garwood, 1983; Vázquez-Yanes; Orozco-Segovia, 1990; Faife-Cabrera *et al.*,

2022). Dessa forma, a dormência amplia a plasticidade fenológica das espécies e complementa a estratégia adaptativa de sincronizar frutificação e dispersão com condições ambientais favoráveis (Baskin; Baskin, 2014).

De forma análoga às estratégias reprodutivas, as respostas vegetativas também refletem ajustes sazonais. A ocorrência das fases de senescência foliar e ausência em período de estiagem evidencia a integração entre sinais ambientais (fotoperíodo, chuva, temperatura) e mecanismos endógenos que guiam a fenologia foliar em ambientes urbanos (Estiarte *et al.*, 2015; Wu *et al.*, 2025). A ausência de folhas, resultado da senescência foliar, durante o ápice da estação seca é uma resposta funcional ao estresse hídrico, sem folhas, a planta minimiza a transpiração e evita danos estruturais, até que as condições voltem a ser favoráveis (Marien *et al.*, 2021).

Essas respostas fenológicas resultam da interação entre estímulos ambientais e mecanismos endógenos de controle, que determinam o início da senescência e o momento da brotação. O fotoperíodo funciona como relógio endógeno, de controle sazonal, sincronizando o relógio circadiano e sazonal das plantas, enquanto a disponibilidade hídrica (removida durante a seca é restabelecida nas chuvas) religa os processos metabólicos e fisiológicos associados à brotação (Inoue *et al.*, 2020; Tang *et al.*, 2023). Em ambientes urbanos, onde condições térmicas variam menos drasticamente que em regiões naturais, a sensibilidade foliar às temperaturas anormais é determinante para o início da senescência e brotação (Zhang *et al.*, 2022; Meng *et al.*, 2022).

1.4.2 Floração das espécies e relação com as variáveis meteorológicas

O clima constitui o principal fator regulador dos eventos fenológicos das plantas, sendo a temperatura e a disponibilidade hídrica determinantes para a floração em diferentes regiões tropicais (Morellato *et al.*, 2016). Esses elementos controlam processos fisiológicos essenciais, como a indução floral, a abertura de gemas e o desenvolvimento das estruturas reprodutivas.

Condições de menor temperatura e umidade possivelmente favorecem o florescimento de *E. mulungu* e *H. serratifolius*, enquanto em *B. forficata* e *H. impetiginosus* a floração ocorreu sob temperaturas reduzidas e com leve aumento da umidade mínima, indicando preferência por períodos amenos e de menor secura do ar.

Nessas espécies, o florescimento precoce sob limitação hídrica constitui possivelmente uma estratégia adaptativa que antecipa o período chuvoso e maximiza a eficiência reprodutiva

(Borchert, 1994; Pirani *et al.*, 2009). A redução da umidade e da temperatura, frequentemente acompanhada pela perda parcial das folhas, estabelece condições mais favoráveis à floração, reduzindo a incidência de patógenos e aumentando a visibilidade das flores aos polinizadores (Frankie, 1974, Braga *et al.*, 2019). A floração induzida pela seca e pelo resfriamento é amplamente documentada em florestas estacionais, onde baixa umidade e temperatura funcionam como gatilhos combinados que garantem sua ocorrência antes das primeiras chuvas, otimizando a polinização e a dispersão (Frankie *et al.*, 1974; Borchert, 1994; McLaren & McDonald, 2005; Luna-Nieves *et al.*, 2017).

Enquanto algumas espécies perdem parte da folhagem e sincronizam a floração à estação seca, outras apresentam estratégias diferenciadas de resposta ao estresse sazonal. *M. tomentosa* se destaca por também florescer sob menores temperaturas e umidade, sem, contudo, apresentar deciduidade. O comportamento observado indica uma resposta fenológica ao resfriamento e à restrição hídrica sem a necessidade de desfolha completa, evidencia uma estratégia alternativa de adaptação ao estresse sazonal. Essa característica sugere que a espécie mantém atividade fotossintética residual durante o período seco, acumulando reservas de carboidratos e água suficientes para sustentar a emissão floral mesmo sob condições de restrição hídrica moderada (Borchert, 1994; Grossman, 2023).

Esse tipo de resposta tem sido associado a mecanismos fisiológicos de espécies que regulam a floração em função do estresse ambiental. Estudos têm demonstrado que a floração pode ser fisiologicamente induzida por sinais combinados de estresse hídrico e térmico, atuando como mecanismos de sincronização em ambientes tropicais sujeitos a variações sazonais sutis (Satake *et al.*, 2019; Grossman, 2023).

Em contraste, espécies exóticas adaptadas a climas tropicais, como *L. indica* e *S. campanulata*, apresentaram correlações positivas com temperatura e umidade, caracterizando floração típica da estação quente e chuvosa. Nessas condições, a abundância de água e o aumento térmico favorecem o crescimento dos tecidos florais, a antese e a liberação de néctar, criando condições ideais para a atividade de polinizadores (Van Schaik *et al.*, 1993; Bergamaschi., 2007). A temperatura ainda assim atua possivelmente como estímulo fisiológico para a diferenciação floral e acelera os processos de expansão e metabolismo energético das flores (Menzel *et al.*, 2006; Pereira *et al.*, 2007).

Ceiba speciosa, *C. pluviosum*, *F. decipiens* e *P. granulosum* não apresentaram correlações significativas com as variáveis meteorológicas, o que sugere que a floração dessas espécies pode depender de múltiplos fatores, possivelmente combinando mecanismos

endógenos e estímulos ambientais não detectados no período de um ano (Fournier; Charpentier, 1975; Morellato *et al.*, 2016).

De forma geral, a alternância entre períodos secos e úmidos, de baixas e altas temperaturas sugere que a floração das espécies estudadas resulta da interação entre fatores climáticos sazonais, especialmente temperatura, umidade e luminosidade, e características fisiológicas específicas. Como resultado, há uma distribuição temporal diversificada de eventos reprodutivos, na qual espécies adaptadas a condições contrastantes, como floração na seca ou no início das chuvas, ocupam janelas fenológicas complementares, assegurando a continuidade da oferta de recursos florais e de néctar ao longo do ano, sustentando polinizadores e contribuindo para a estabilidade ecológica e estética da paisagem urbana (Morellato *et al.*, 2016; Frankie *et al.*, 1974).

É importante ressaltar que alterações nos regimes de temperatura e precipitação, associadas às mudanças climáticas globais e à intensificação das ilhas de calor urbanas, tendem a desregular a sincronia entre as fenofases e as condições ambientais ideais, resultando em assimetrias temporais entre floração e atividade dos polinizadores (Schwartz *et al.*, 2020; Numata *et al.*, 2022). Essa dessincronia pode reduzir o sucesso reprodutivo, alterar redes de interação planta-polinizador e comprometer a resiliência ecológica dos ecossistemas urbanos, que dependem da continuidade desses fluxos biológicos para manter suas funções e serviços ecossistêmicos (Memmott *et al.*, 2007; Hegland *et al.*, 2009; Morellato *et al.*, 2016).

1.4.3 Frutificação das espécies e relação com as variáveis meteorológicas

A frutificação das espécies estudadas foi influenciada por uma combinação de fatores climáticos, especialmente temperatura, umidade, precipitação e fotoperíodo, refletindo diferentes estratégias reprodutivas associadas ao tipo de fruto. De modo geral, espécies de frutos secos apresentaram frutificação relacionada a condições mais secas e amenas, enquanto espécies de frutos carnosos mostraram associação com maior umidade e temperaturas elevadas, evidenciando adaptações contrastantes aos regimes sazonais locais. Essa interação entre variáveis ambientais e mecanismos fisiológicos internos determina o ritmo de produção e maturação dos frutos, influenciando diretamente o sucesso reprodutivo e a dispersão das espécies (Borchert, 1994; van Schaik *et al.*, 1993; Morellato *et al.*, 2016; Numata *et al.*, 2022).

As espécies *B. forficata*, *H. impetiginosus*, *H. serratifolius*, *E. mulungu* e *C. speciosa* apresentaram correlações negativas entre as fenofases frutíferas e as variáveis de umidade e

temperatura, indicando frutificação sob condições mais secas e amenas. Esse comportamento é compatível com estratégias anemocóricas e de escape a patógenos fúngicos, uma vez que a alta umidade favorece o desenvolvimento de fungos em frutos e sementes, reduzindo sua viabilidade (Van Schaik *et al.*, 1993; Borchert, 1994; Martins *et al.*, 2022). Em contextos mais áridos, a menor disponibilidade hídrica acelera a lignificação e a desidratação dos frutos, favorecendo a maturação e a deiscência (Li *et al.*, 2025). Sob temperaturas mais baixas, o aumento dos níveis de ácido abscísico (ABA) e a redução da atividade metabólica promovem o redirecionamento de assimilados, resultando em uma frutificação “de inverno”, estratégia que combina escape patogênico e sincronização com o início do regime chuvoso seguinte (Cutler *et al.*, 2010; Gupta *et al.*, 2022; Grossman, 2023).

Em contraste, espécies de frutos carnosos, como *M. tomentosa* e *M. paniculata*, apresentaram frutificação associada a maior umidade e temperaturas elevadas. Em *M. paniculata*, o desenvolvimento inicial ocorre sob condições úmidas e de temperaturas elevadas, enquanto a maturação tende a coincidir com a transição para o período seco, refletindo uma estratégia de aproveitamento do final da estação chuvosa. Nessas condições, a temperatura e a disponibilidade hídrica favorecem o crescimento e o enchimento dos frutos, além da produção de compostos atrativos aos frugívoros (Lenza & Klink, 2006; Frankie *et al.*, 1974; Morellato *et al.*, 2016). Temperaturas mais elevadas também atuam como estímulo metabólico, acelerando a maturação e o acúmulo de reservas energéticas (Lopez: Dejong., 2007; Tang *et al.*, 2023). Em *M. tomentosa*, a correlação positiva com o fotoperíodo reforça esse padrão, indicando frutificação durante dias longos e luminosos.

Uma exceção dentro do grupo de frutos secos foi observada em *L. indica*, cuja frutificação se iniciou sob temperaturas elevadas e a dispersão ocorreu em condições levemente mais amenas, porém ainda úmidas. Esse comportamento indica uma estratégia de transição entre as estações, na qual a liberação das sementes ocorre ao final do período chuvoso, quando a umidade ainda é suficiente para evitar a dessecação, mas a redução do calor favorece a abertura das cápsulas. Essa sincronização entre maturação e dispersão possivelmente maximiza a eficiência anemocórica e o sucesso de germinação em ambientes tropicais (Howe & Smallwood, 1982; Berdiev & Rakhmatov, 2023).

Além disso, o fotoperíodo mostrou-se um fator-chave em algumas espécies, atuando de forma independente das demais variáveis meteorológicas e revelando diferentes modos de resposta à duração do dia. Em espécies como *S. campanulata*, o aumento do fotoperíodo coincidiu com a dispersão, indicando sincronização da deiscência com o período de maior

luminosidade e circulação de ventos, o que potencializa a dispersão anemocórica (Howe & Smallwood, 1982; Connor & Francis, 2002; Fenner & Thompson, 2005). Já em *P. granulatum*, a frutificação correlacionou-se negativamente com o fotoperíodo, sugerindo que o encurtamento dos dias atua como sinal para o término do ciclo reprodutivo. Essa dualidade evidencia que o fotoperíodo pode funcionar tanto como gatilho para a maturação e dispersão quanto como sinalizador de encerramento do ciclo fenológico, reforçando seu papel como marcador temporal essencial da sazonalidade tropical (Zhang *et al.*, 2018; Lee *et al.*, 2021).

Cenostigma pluviosum, por sua vez, apresentou comportamento misto, com formação dos frutos associada a temperaturas elevadas e alta umidade, e maturação relacionada a leve resfriamento, menor precipitação e dias mais curtos. Esse padrão sugere uma estratégia de transição, em que o desenvolvimento inicial dos frutos é favorecido por condições de maior disponibilidade hídrica, que sustentam o crescimento celular e o enchimento dos frutos, enquanto a maturação ocorre sob condições mais amenas, que favorecem a desidratação gradual e a deiscência (Baskin; Baskin 2014; Li *et al.*, 2023). A correlação positiva com a umidade mínima durante a maturação indica que a espécie mantém certa dependência de ar saturado, evitando perda excessiva de água e protegendo o conteúdo seminal durante o amadurecimento (Bewley *et al.*, 2012; Baskin; Baskin, 2014; Li *et al.*, 2023). Essa alternância entre fases úmidas e secas reflete um ajuste fino ao regime sazonal local, otimizando tanto a formação quanto a dispersão dos frutos (Morellato *et al.*, 2016)

Filicium decipiens não apresentou correlações significativas com as variáveis meteorológicas. No entanto, como o presente estudo abrangeu apenas um ciclo anual de observações, é possível que parte das variações interanuais não tenha sido captada (Fournier e Charpentier, 1975; Bencke; Morellato, 2002). Estudos de maior duração são necessários para confirmar se essa estabilidade representa um padrão consistente ou uma resposta específica às condições climáticas do ano de monitoramento (Morellato *et al.*, 2016).

Em conjunto, os resultados indicam que a frutificação das espécies analisadas é modulada por interações complexas entre fatores meteorológicos e fisiológicos, refletindo estratégias adaptativas distintas. A coexistência de espécies de diferentes estratégias de frutificação amplia a disponibilidade de recursos alimentares e de dispersão ao longo do ano, contribuindo para a manutenção de funções ecológicas e estéticas nas paisagens urbanas. Em um contexto de aquecimento e secas mais prolongadas, compreender essa integração hídrico-térmica é essencial para selecionar e manejar espécies resilientes às alterações climáticas e ao efeito de ilhas de calor (Villa-Lobos-Jimenez *et al.*, 2017).

1.4.4 Foliação das espécies e sua relação com as variáveis meteorológicas

A sazonalidade meteorológica exerceu forte influência sobre a foliação das espécies, evidenciando a dependência do balanço térmico e hídrico na regulação do ciclo vegetativo das árvores urbanas. Observou-se maior intensidade de foliação sob condições quentes e úmidas, enquanto a queda foliar se acentuou em períodos frios, secos e de menor fotoperíodo, padrão típico de espécies tropicais sazonais (Borchert *et al.*, 2015; Wolfe *et al.*, 2016). Nesses ambientes, a sincronização entre a disponibilidade hídrica e a atividade fotossintética maximiza a eficiência no uso da água, enquanto a abscisão foliar durante o período seco atua como mecanismo adaptativo para reduzir a transpiração e evitar falhas hidráulicas, assegurando o equilíbrio entre luz e água ao longo do ciclo vegetativo (Zhang *et al.*, 2022).

Por exemplo, espécies como *B. forficata*, *E. mulungu*, *H. impetiginosus*, *H. serratifolius* e *L. indica* apresentaram correlação de maior desenvolvimento foliar durante o período quente e úmido. A perda das folhas, por sua vez, ocorreu predominantemente sob condições de resfriamento, menor luminosidade e redução hídrica, revelando estratégias de deciduidade voltadas à economia de água durante a estação seca. Durante esse período, a redução do potencial hídrico nos ramos desencadeia a produção de ácido abscísico (ABA), o fechamento estomático e a ativação de genes de senescência, culminando na abscisão foliar (Nour *et al.*, 2024). Essa resposta é amplamente descrita em florestas sazonais (Borchert *et al.*, 2015; Wolfe *et al.*, 2016), nas quais a deciduidade reduz a transpiração e o risco de cavitação, além de promover a reciclagem de nutrientes no solo por meio da deposição de serrapilheira antes do início das chuvas (Martins; Rodrigues, 1999; Vilagrosa *et al.*, 2003; Wolfe *et al.*, 2016).

Em contrapartida, a manutenção ou retomada da folhagem sob condições mais quentes e úmidas indica que o acúmulo térmico e a disponibilidade hídrica funcionam como gatilhos para a brotação e o crescimento foliar. A elevação das temperaturas mínimas ao final da estação seca estimula a saída da dormência das gemas e reativa os processos metabólicos necessários à expansão foliar (Fadón *et al.*, 2020; Zhao *et al.*, 2025 ; Huang *et al.*, 2025). Esse padrão de retomada foliar foi observado principalmente em *H. impetiginosus* e *H. serratifolius*, mas também em espécies como *B. forficata*, *E. mulungu* e *C. pluviosum*, que mantiveram a folhagem durante o período chuvoso e retomaram o crescimento com o aumento gradual da temperatura e da umidade. Tal comportamento favorece o

restabelecimento rápido da fotossíntese e a reposição das reservas antes do início pleno das chuvas (Zhao *et al.*, 2025; Huang *et al.*, 2025).

O fotoperíodo também exerceu papel relevante na modulação das fenofases vegetativas. A redução da duração do dia coincidiu com a intensificação da senescência e da abscisão foliar em espécies como *B. forficata*, *H. serratifolius*, *H. impetiginosus*, *L. indica* e *M. paniculata*, enquanto o aumento do comprimento do dia esteve associado à manutenção da folhagem adulta em *C. speciosa* e novamente em *L. indica*. Do ponto de vista fisiológico, a variação do fotoperíodo regula vias hormonais ligadas ao equilíbrio entre citocininas e etileno, modulando a duração funcional das folhas e o momento de ativação dos genes de senescência (Rivera *et al.*, 2002; Wang *et al.*, 2025). Assim, as espécies parecem combinar a sensibilidade ao balanço hídrico e térmico com a percepção fotoperiódica, o que lhes confere flexibilidade fenológica para ajustar o ritmo vegetativo às oscilações sazonais de temperatura e luminosidade.

De forma integrada, os resultados indicam dois grandes padrões de comportamento vegetativo: espécies decíduas, que sincronizam a perda foliar com períodos secos, frios e de menor luminosidade como estratégia de conservação hídrica, e espécies perenifólias ou parcialmente decíduas, que mantêm ou renovam a folhagem sob temperaturas e fotoperíodos elevados, associando-se à fase úmida do ano. Essa diversidade de respostas fisiológicas contribui para a estabilidade ecológica e a diversidade visual das paisagens urbanas, garantindo continuidade fotossintética, sombreamento e ciclagem de nutrientes ao longo das estações.

1.5 Conclusão

Os eventos fenológicos das espécies analisadas foram fortemente influenciados pelas condições meteorológicas locais, evidenciando o papel do balanço hídrico-térmico como principal modulador das respostas vegetativas e reprodutivas. A queda e ausência de folhas ocorreram, em geral, sob baixas temperaturas e fotoperíodo reduzido, enquanto a manutenção da folhagem associou-se a maior temperatura, precipitação e umidade relativa do ar. A floração apresentou dois padrões principais: espécies decíduas, que florescem sob seca, frio e dias curtos, e espécies de perfil úmido, estimuladas por temperaturas e umidade elevadas. De forma análoga, a frutificação variou conforme o tipo de fruto e as condições meteorológicas, frutos secos amadureceram preferencialmente em ambientes frios e secos, enquanto frutos carnosos desenvolveram-se sob calor e alta umidade.

As variáveis de temperatura mínima e média (T1 e TM) e de umidade relativa (UM e U1) mostraram-se as mais determinantes para floração e frutificação, enquanto a precipitação exerceu influência mais direta sobre a manutenção e renovação da folhagem. Esses padrões confirmam que os fatores climáticos não atuam isoladamente, mas em interação, moldando o ciclo fenológico das espécies urbanas. A deciduidade revelou-se uma estratégia eficiente de economia hídrica em parte do conjunto, ao passo que espécies perenifólias mantêm a atividade fotossintética durante o período úmido, assegurando continuidade ecológica e produtiva.

A coexistência desses perfis fenológicos garante oferta contínua de flores e frutos ao longo do ano, o que favorece polinizadores e frugívoros, além de enriquecer o valor estético e funcional da arborização urbana. Esses resultados reforçam a importância de considerar a diversidade funcional e a variabilidade fenológica das espécies no planejamento urbano e paisagístico. Embora as correlações observadas não indiquem causalidade direta, o monitoramento fenológico contínuo é essencial para aprimorar estratégias de manejo, orientar o plantio e adaptar a arborização urbana às mudanças climáticas e à intensificação dos microclimas urbanos.

1.6 Referências

ALMEIDA, D. L.; SILVA, J. M. Espécies nativas da mata atlântica pernambucana com potencial paisagístico. *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, v. 12, n. 2, 2024.

ARAÚJO, M. R. *et al.* Comportamento fenológico das espécies *Jacaranda mimosifolia* D. Don (jacarandá-mimoso) e *Ligustrum lucidum* W.T. Aiton (ligustro) na arborização urbana. *Nativa*, v. 10, n. 1, p. 74-82, 2022.

ARMSTRONG, Richard A. When to use the Bonferroni correction. **Ophthalmic and physiological optics**, v. 34, n. 5, p. 502-508, 2014.

ASTIVIA, O. L. O.; ZUMBO, B. D. Population models and simulation methods: the case of the Spearman rank correlation. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, v. 70, n. 3, p. 347-367, 2017.

BARRETT, Alan; BROWN, Leslie. Effects of rainfall, temperature and photoperiod on the phenology of ephemeral resources for selected bushveld woody plant species in southern Africa. *Plos one*, v. 16, n. 5, p. e0251421, 2021.

BASKIN, Carol C.; BASKIN, Jerry M. Seeds: ecology, biogeography, and, evolution of dormancy and germination. Academic press, 2014.

BENCKE, Cinara SC; MORELLATO, L. Patricia C. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. **Brazilian Journal of Botany**, v. 25, p. 269-275, 2002.

BERDIEV, E. T.; RAKHMATOV, K. C. The morphology of fruits and seeds of *Lagerstroemia indica* L. *International Journal of Current Science Research and Review*, v. 6, n. 5, p. 2976-2978, 2023. DOI: 10.47191/ijcsrr/V6-i5-36.

BERGAMASCHI, H. O clima como fator determinante da fenologia das plantas. In: REZENDE, A. V.; VALE, V. S. do (orgs.). *Fenologia: ferramenta para conservação, melhoramento e manejo de recursos vegetais arbóreos*. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. p. 291-310.

BEWLEY, J. Derek *et al.* **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**. Springer Science & Business Media, 2012.

BORCHERT, R. *et al.* Insolation and photoperiodic control of tree development near the equator. *New Phytologist*, v. 205, n. 1, p. 7-13, 2015.

BORCHERT, R. Soil and stem water storage determine phenology and distribution of tropical dry forest trees. *Ecology*, v. 75, n. 5, p. 1437-1449, 1994.

BRAGA, A. M. S. *et al.* Fenologia de três espécies arbóreas em um trecho de vegetação subcaducifólia no norte do Piauí, Brasil. *Biotemas*, v. 32, n. 2, p. 33-44, 2019.

BUCCI, M. E. D. *et al.* Arborização urbana como política de promoção de saúde e de planejamento urbano: um levantamento das capitais brasileiras. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, v. 8, n. 19, p. 725-738, 2021.

CONNOR, K. F.; FRANCIS, J. K. *Spathodea campanulata* P. Beauv. In: VOZZO, J. A. (Ed.). *Tropical tree seed manual*. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 2002. p. 716-718.

COSTA, J. S. *et al.* Fenologia de duas espécies arbóreas na cidade de Alegre-ES. *Biodiversidade*, v. 20, n. 2, 2021.

CUTLER, Sean R. *et al.* Abscisic acid: emergence of a core signaling network. **Annual review of plant biology**, v. 61, n. 1, p. 651-679, 2010.

DUNHAM, A. E. *et al.* Fruiting phenology is linked to rainfall variability in a tropical rain forest. *Biotropica*, v. 50, n. 3, p. 396-404, 2018.

EISENLOHR, P. V. *et al.* Flora fanerogâmica do campus da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais. *Revista Ceres*, v. 55, n. 4, 2008.

EMBRAPA FLORESTAS. *Fenologia: ferramenta para a conservação da biodiversidade*. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 180 p.

ESCOBAR, Diego FE; SILVEIRA, Fernando AO; MORELLATO, Leonor Patricia C. Timing of seed dispersal and seed dormancy in Brazilian savanna: two solutions to face seasonality. **Annals of botany**, v. 121, n. 6, p. 1197-1209, 2018.

- ESTIARTE, M.; PEÑUELAS, J. Alteration of the phenology of leaf senescence and fall in winter deciduous species by climate change: effects on nutrient proficiency. *Global Change Biology*, v. 21, n. 3, p. 1005-1017, 2015.
- FADÓN, Erica *et al.* A conceptual framework for winter dormancy in deciduous trees. *Agronomy*, v. 10, n. 2, p. 241, 2020.
- FAIFE-CABRERA, Michel; GARCÍA-MÉNDEZ, Melisa; SÁNCHEZ, Jorge A. Dormancia fisiológica en semillas de *Thespesia cubensis* (Malvaceae), árbol endémico y en peligro de extinción de Cuba. *Acta Botánica Cubana*, v. 221, 2022.
- FENNER, Michael. The phenology of growth and reproduction in plants. *Perspectives in plant ecology, evolution and systematics*, v. 1, n. 1, p. 78-91, 1998.
- FENNER, Michael; THOMPSON, Ken. *The ecology of seeds*. Cambridge university press, 2005.
- FIALHO, E. S.; SANTOS, L. G. F. Unidades mesoclimáticas de Viçosa-MG, na Zona da Mata Mineira. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 31, p. 230-258, 2022.
- FIALHO, R. F.; SANTOS, M. S. S. Arborização e vegetação dos campi universitários: estudo de caso da UFV. *Revista Brasileira de Arborização Urbana*, v. 17, n. 1, p. 1-20, 2022.
- FOURNIER, L.; CHARPENTIER, C. El tamaño de la muestra y la frecuencia de las observaciones en el estudio de las características fenológicas de las especies tropicales. *Revista Turrialba*, v. 2, p. 45-47, 1975.
- FRANKIE, Gordon W.; BAKER, Herbert G.; OPLER, Paul A. Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forests in the lowlands of Costa Rica. *The Journal of Ecology*, p. 881-919, 1974.
- GARWOOD, Nancy C. Seed germination in a seasonal tropical forest in Panama: a community study. *Ecological monographs*, v. 53, n. 2, p. 159-181, 1983.
- GROSSMAN, Jake J. Phenological physiology: seasonal patterns of plant stress tolerance in a changing climate. *New Phytologist*, v. 237, n. 5, p. 1508-1524, 2023.
- GUPTA, Kapil *et al.* Abscisic acid: role in fruit development and ripening. *Frontiers in plant science*, v. 13, p. 817500, 2022.
- HEGLAND, Stein Joar *et al.* How does climate warming affect plant-pollinator interactions?. *Ecology letters*, v. 12, n. 2, p. 184-195, 2009.
- HOWE, Henry F.; SMALLWOOD, Judith. Ecology of seed dispersal. *Annual review of ecology and systematics*, v. 13, p. 201-228, 1982.
- HUANG, S. *et al.* Global distribution and local variation of pre-rain green-up in tropical dryland. *Remote Sensing*, v. 17, n. 8, p. 1377, 2025.
- IGBOABUCHI, N. A.; ECHEREME, C. B.; EKWEALOR, K. U. Phenology in plants: concepts and uses. *International Journal of Science Research and Methodology*, v. 11, p. 8-24, 2018.

INOUE, Sahari *et al.* Photoperiod,[CO₂] and soil moisture interactively affect phenology in trembling aspen: Implications to climate change-induced migration. **Environmental and Experimental Botany**, v. 180, p. 104269, 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades e Estados: Viçosa – MG. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/vicosa.html>. Acesso em: 07 jun. 2024.

JOCHNER, S.; MENZEL, A. Urban phenological studies: past, present, future. *Environmental Pollution*, v. 203, p. 250-261, 2015.

JU, P. *et al.* Plant phenology and its anthropogenic and natural influencing factors in densely populated areas during the economic transition period of China. *Frontiers in Environmental Science*, v. 9, p. 792918, 2022.

KISVARGA, S. *et al.* Plant responses to global climate change and urbanization: implications for sustainable urban landscapes. *Horticulturae*, v. 9, n. 9, p. 1051, 2023.

KREHBIEL, C.; ZHANG, X.; HENEERY, G. M. Impacts of thermal time on land surface phenology in urban areas. *Remote Sensing*, v. 9, n. 5, p. 499, 2017.

LECHOWICZ, Martin J. Seasonality of flowering and fruiting in temperate forest trees. *Canadian Journal of Botany*, v. 73, n. 2, p. 175-182, 1995.

LEE, Y. *et al.* Cold stress triggers premature fruit abscission through ABA-dependent signal transduction in early developing apple. *PLoS One*, v. 16, n. 4, p. e0249975, 2021.

LENZA, E.; KLINK, C. A. Comportamento fenológico de espécies lenhosas em um cerrado sentido restrito de Brasília, DF. *Brazilian Journal of Botany*, v. 29, p. 627-638, 2006.

LI, C. *et al.* Mechanism of ABA in plants exposed to cold stress. *Agronomy*, v. 15, n. 2, p. 403, 2025.

LI, Shenchang *et al.* Responses and adaptations of fruit trees to high temperatures. **Fruit Research**, v. 3, n. 1, 2023.

LIANG, Danchen; HUANG, Ganlin. Influence of urban tree traits on their ecosystem services: a literature review. **Land**, v. 12, n. 9, p. 1699, 2023.

LOPEZ, G.; DEJONG, T. M. Spring temperatures have a major effect on early stages of peach fruit growth. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, v. 82, n. 4, p. 507-512, 2007.

LORENZI, H. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. 6. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2021.

LUNA-NIEVES, Adriana L. *et al.* Reproductive phenology of useful Seasonally Dry Tropical Forest trees: Guiding patterns for seed collection and plant propagation in nurseries. **Forest Ecology and Management**, v. 393, p. 52-62, 2017.

LUO, Z. *et al.* Phenological responses of plants to climate change in an urban environment. *Ecological Research*, v. 22, p. 507-514, 2007.

MARIEN, B. *et al.* Does drought advance the onset of autumn leaf senescence in temperate deciduous forest trees? *Biogeosciences*, v. 18, n. 11, p. 3309-3330, 2021.

MARTINI, Angeline *et al.* Fenologia de espécies nativas com potencial paisagístico Phenology of native species with landscaping potential. **Semina: Ciências Agrárias, Londrina**, v. 31, n. 1, p. 75-84, 2010.

MARTINI, Angeline; CANGUÇU, Josilene Aguiar. Qualidade da arborização viária do campus da Universidade Federal de Viçosa. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 2, p. 418-433, 2020.

MARTINS, Adriana A. *et al.* Rainfall seasonality predicts the germination behavior of a tropical dry-forest vine. **Ecology and Evolution**, v. 9, n. 9, p. 5196-5205, 2019.

MARTINS, R. S.; SANTOS JUNIOR, N. A.; BARBEDO, C. J. Seed pathology of non-domesticated species of tropical ecosystems. *Journal of Seed Science*, v. 44, p. e202244029, 2022.

MARTINS, SEBASTIÃO VENÂNCIO; RODRIGUES, Ricardo Ribeiro. Produção de serapilheira em clareiras de uma floresta estacional semidecidual no município de Campinas, SP. **Brazilian Journal of Botany**, v. 22, p. 405-412, 1999.

MCLAREN, Kurt P.; MCDONALD, Morag A. Seasonal Patterns of Flowering and Fruiting in a Dry Tropical Forest in Jamaica 1. **Biotropica: The Journal of Biology and Conservation**, v. 37, n. 4, p. 584-590, 2005.

MEIRELES, A. C. *et al.* Phenological synchronicity of *Byrsonima pachyphylla* A. Juss. and *B. verbascifolia* (L.) DC. (Malpighiaceae) and its relation with climate seasonality. *Revista Árvore*, v. 47, p. e4718, 2023.

MEMMOTT, Jane *et al.* Global warming and the disruption of plant–pollinator interactions. **Ecology letters**, v. 10, n. 8, p. 710-717, 2007.

MENG, L. *et al.* Artificial light at night: an underappreciated effect on phenology of deciduous woody plants. *PNAS Nexus*, v. 1, n. 2, p. pgac046, 2022.

MENZEL, A.; SPARKS, T. Temperature and plant development: phenology and seasonality. In: *Plant growth and climate change*. p. 70-95, 2006.

MORELLATO, L. P. C. *et al.* Phenology of Atlantic rain forest trees: a comparative study. *Biotropica*, v. 32, n. 4b, p. 811-823, 2000.

MORELLATO, Leonor Patrícia Cerdeira *et al.* Linking plant phenology to conservation biology. **Biological conservation**, v. 195, p. 60-72, 2016.

MU, Yanxia *et al.* Implementation of the visual aesthetic quality of slope forest autumn color change into the configuration of tree species. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, p. 1034, 2022.

NOUR, M. M. *et al.* Drought responses and adaptation in plants differing in life-form. *Frontiers in Ecology and Evolution*, v. 12, p. 1452427, 2024.

- NUMATA, S. *et al.* Impacts of climate change on reproductive phenology in tropical rainforests of Southeast Asia. *Communications Biology*, v. 5, n. 1, p. 311, 2022.
- PEREIRA, T. S.; MANTOVANI, W. Fenologia reprodutiva de *Miconia cinnamomifolia* (DC.) Naudin em floresta submontana no Estado do Rio de Janeiro. *Revista de Biologia Neotropical/Journal of Neotropical Biology*, v. 4, n. 1, p. 31-45, 2007.
- PHUKON, S. N. *et al.* Climate change and plant phenological variability. In: SINGH, V. P. (ed.). *Climate change alleviation for sustainable progression*. Boca Raton: CRC Press, 2022. p. 256-279.
- PIRANI, F. R.; PEDRONI, F. Fenologia de uma comunidade arbórea em cerrado sentido restrito, Barra do Garças, MT, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, v. 23, p. 1096-1110, 2009.
- RANKINE, C. *et al.* Succession and seasonality of a Brazilian secondary tropical dry forest: phenology and climate moderation. *Forest Ecology and Management*, v. 568, p. 122151, 2024.
- RICE, William R. Analyzing tables of statistical tests. *Evolution*, p. 223-225, 1989.
- RIVERA, G. *et al.* Increasing day-length induces spring flushing of tropical dry forest trees in the absence of rain. *Trees*, v. 16, n. 7, p. 445-456, 2002.
- SAKAI, Shoko; KITAJIMA, Kaoru. Tropical phenology: Recent advances and perspectives. *Ecological Research*, v. 34, n. 1, p. 50-54, 2019.
- SATAKE, Akiko *et al.* Field transcriptome revealed a novel relationship between nitrate transport and flowering in Japanese beech. *Scientific Reports*, v. 9, n. 1, p. 4325, 2019.
- SCHWARTZ, M. D. *et al.* (Ed.). *Phenology: an integrative environmental science*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2020.
- SILVA JÚNIOR, M. C.; LIMA, R. M. C. 100 Árvores Urbanas de Brasília: Guia de Campo. Brasília: Rede de Sementes do Cerrado, 2010.
- SILVA, A. M. de A. Aspectos agroclimatológicos da cultura do lúpulo no Estado de São Paulo. 2024.
- SINGH, R.; RAWAT, M.; CHAND, T.; TRIPATHI, S. K.; PANDEY, R. Phenological variations in relation to climatic variables of moist temperate forest tree species of western Himalaya, India. *Heliyon*, v. 9, n. 6, 2023.
- SOUZA DINIZ, M. C. *et al.* Análise da fenologia de *Quassia amara* L. em relação às condições climáticas: influência da precipitação na floração e frutificação para o planejamento de coleta de material vegetal. *Contribuciones a las Ciencias Sociales*, v. 18, n. 3, p. 6, 2025.
- SOUZA, A. C.; DONOHUE, K.; DE MATTOS, E. A. The effect of seed-dispersal timing on seedling recruitment is modulated by environmental conditions that vary across altitude in a threatened palm. *Annals of Botany*, v. 129, n. 7, p. 839-856, 2022.
- TANG, Y.; ZHOU, W.; DU, Y. Effects of temperature, precipitation, and CO₂ on plant phenology in China: a circular regression approach. *Forests*, v. 14, n. 9, p. 1844, 2023.

- VAN SCHAIK, C. P.; TERBORGH, J. W.; WRIGHT, S. J. The phenology of tropical forests: adaptive significance and consequences for primary consumers. *Annual Review of Ecology and Systematics*, p. 353-377, 1993.
- VÁZQUEZ-YANES, C.; OROZCO-SEGOVIA, Alma. Ecological significance of light controlled seed germination in two contrasting tropical habitats. **Oecologia**, v. 83, n. 2, p. 171-175, 1990.
- VILAGROSA, A. *et al.* Cavitation, stomatal conductance, and leaf dieback in seedlings of two co-occurring Mediterranean shrubs during an intense drought. *Journal of Experimental Botany*, v. 54, n. 390, p. 2015-2024, 2003.
- VILLALOBOS-JIMÉNEZ, G.; HASSALL, C. Effects of the urban heat island on the phenology of Odonata in London, UK. *International Journal of Biometeorology*, v. 61, n. 7, p. 1337-1346, 2017.
- WANG, F. *et al.* Effects of air temperature, photoperiod, and soil moisture on leaf senescence and dormancy depth in four subtropical tree species. *Forestry Research*, v. 5, p. e007, 2025.
- WOLFE, B. T.; SPERRY, J. S.; KURSAR, T. A. Does leaf shedding protect stems from cavitation during seasonal droughts? A test of the hydraulic fuse hypothesis. *New Phytologist*, v. 212, n. 4, p. 1007-1018, 2016.
- WU, Z. *et al.* Tree species composition governs urban phenological responses to warming. *Nature Communications*, v. 16, n. 1, p. 3696, 2025.
- YANG, Xueqin *et al.* A comprehensive framework for seasonal controls of leaf abscission and productivity in evergreen broadleaved tropical and subtropical forests. **The Innovation**, v. 2, n. 4, 2021.
- ZHANG, H.; WANG, X.; PENG, D. Evaluation of urban vegetation phenology using 250 m MODIS vegetation indices. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, v. 88, n. 7, p. 461-467, 2022.
- ZHANG, P. *et al.* Leaf functional traits vary in urban environments. *Frontiers in Ecology and Evolution*, v. 9, p. 681959, 2021.
- ZHANG, Q. *et al.* Pod anatomy, morphology and dehiscing forces in pod dehiscence of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). *Flora*, v. 248, p. 48-53, 2018.
- ZHANG, R. *et al.* The chilling requirement of subtropical trees is fulfilled by high temperatures: a generalized hypothesis for tree endodormancy release and a method for testing it. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 298, p. 108296, 2021.
- ZHANG, Yaru *et al.* Effects of vegetation phenology on ecosystem water use efficiency in a semiarid region of northern China. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, p. 945582, 2022.
- ZHAO, Y. *et al.* Wake up: the regulation of dormancy release and bud break in perennial plants. *Frontiers in Plant Science*, v. 16, p. 1553953, 2025.
- ZHOU, Y. Understanding urban plant phenology for sustainable cities and planet. *Nature Climate Change*, v. 12, n. 4, p. 302-304, 2022.

CAPÍTULO 2

**PREDITORES DA BELEZA CÊNICA DE ÁRVORES URBANAS E SUA
RELAÇÃO COM A CONSERVAÇÃO DAS ESPÉCIES**

Resumo

A estética das árvores urbanas desempenha um papel central na construção de vínculos afetivos com o espaço e pode favorecer atitudes voltadas à conservação ambiental. Atributos visuais como cor das flores, forma da copa e porte arbóreo são comumente associados à valoração estética. Este estudo investigou como tais características influenciam a preferência da população por árvores urbanas e como essa percepção pode contribuir para a conservação. A pesquisa foi conduzida em Viçosa (MG), com doze espécies selecionadas, cujas imagens foram obtidas ao longo de um ano. As imagens foram avaliadas por 306 participantes por meio de um questionário online baseado no método Scenic Beauty Estimation (SBE). Os resultados indicaram maior valorização para flores amarelas, copas elípticas e árvores de grande porte. Observou-se correlação positiva entre a valoração estética e o reconhecimento das espécies: árvores consideradas mais bonitas foram mais facilmente identificadas. Esses achados sugerem que atributos visuais influenciam não apenas a estética percebida, mas também a construção de memória e contribuição com a valoração da biodiversidade urbana. Promover a valorização contínua desses elementos pode fortalecer ações de conservação e planejamento paisagístico em contextos urbanos.

Palavras-chave: Percepção ambiental; Scenic Beauty Estimation; Estética da paisagem; Paisagismo; Planejamento.

CHAPTER 2

**PREDICTORS OF SCENIC BEAUTY OF URBAN TREES AND THEIR
RELATIONSHIP WITH SPECIES CONSERVATION**

Abstract

The aesthetic appeal of urban trees plays a central role in building emotional bonds with public spaces and can encourage attitudes favorable to environmental conservation. Visual attributes such as flower color, crown shape, and tree size are commonly associated with aesthetic valuation. This study investigated how these characteristics influence public preference for urban trees and how such perceptions may contribute to conservation efforts. The research was conducted in Viçosa, Brazil, using twelve selected species whose images were obtained through year-long photographic monitoring. A total of 306 participants evaluated these images via an online questionnaire based on the Scenic Beauty Estimation (SBE) method. Results indicated higher appreciation for yellow flowers, elliptical crowns, and large-sized trees. A positive correlation was observed between aesthetic valuation and species recognition: trees perceived as more beautiful were more easily identified. These findings suggest that visual attributes influence not only perceived beauty but also memory and engagement with urban biodiversity. Promoting continuous appreciation of these features may strengthen conservation initiatives and landscape planning in urban environments.

Key words: Environmental perception; Scenic Beauty Estimation; Landscape aesthetics; Landcaping; Planning.

2.1 Introdução

A estética das árvores pode despertar conexões emocionais, construir memórias afetivas e fortalecer o senso de pertencimento e cidadania, incentivando atitudes de cuidado e conservação (Duong *et al.*, 2024; Vainio *et al.*, 2024; Vainio *et al.*, 2025). Atributos como a cor das folhas e flores, o porte da árvore, a forma da copa e a densidade visual da folhagem são frequentemente apontados como determinantes na preferência do público (Zhao *et al.*, 2017; Zheng *et al.*, 2022). Com maior destaque para a cor e a forma, sendo a cor responsável por até 80% da percepção inicial no ambiente (Mu *et al.*, 2022; Luo *et al.*, 2023).

A apreciação estética é influenciada por fatores culturais e experiências individuais, o que a torna, em parte, uma questão subjetiva (Jacobsen, 2010; Petrova *et al.*, 2015). Segundo Hägerhäll *et al.* (2018), preferências específicas variam conforme o contexto sociocultural e ambiental, sendo essencial que estudos sobre valoração estética sejam conduzidos em escala regional. No entanto, a estética não se restringe à subjetividade: é possível identificar pontos de encontro nas preferências humanas, associados à história evolutiva da espécie, que ajudam a explicar por que determinadas características visuais tendem a agradar mais (Tuan, 2012; Petrova *et al.*, 2015).

Embora atributos visuais sejam frequentemente considerados subjetivos, eles vêm sendo avaliados por metodologias que buscam objetividade. Entre eles, destaca-se o método *Scenic Beauty Estimation* (SBE), proposto por Daniel e Boster (1976). Essa abordagem permite quantificar a percepção estética por meio da avaliação de imagens por grupos de observadores, gerando uma estimativa numérica da beleza cênica percebida. Embora tenha sido originalmente criado para avaliar paisagens naturais, o SBE vem sendo amplamente aplicado em estudos sobre estética ambiental, incluindo a avaliação de espécies, parques urbanos e variações sazonais (Li *et al.*, 2020; Luo *et al.*, 2023; Mao *et al.*, 2015).

A adoção do SBE no contexto urbano é especialmente relevante para integrar variáveis estéticas ao planejamento de áreas verdes e arborização. Ao aplicar o método a diferentes espécies arbóreas, é possível identificar traços que geram maior valorização visual, como a cor das flores, o porte da árvore, ou a forma da copa (Zhao *et al.*, 2017). Estudos recentes têm apontado que a percepção estética está frequentemente associada, segundo opinião pública, à provisão de serviços ecossistêmicos e valores ecológicos, como biodiversidade, educação

ambiental ou bem-estar, indicando uma correlação percebida entre ambientes visualmente agradáveis e preservação florestal (Mundher *et al.*, 2022).

Diante da grande diversidade de espécies na floresta urbana tropical, aplicar métodos de valoração estética a cada uma delas torna-se inviável e oneroso (Xu; Jiang; Zhao.; Zhang *et al.*, 2022). Nesse cenário, identificar padrões recorrentes de preferência estética pode oferecer subsídios importantes para a seleção e o manejo de espécies que conciliam apelo visual e benefícios ecológicos.

Ao alinhar as preferências da população com critérios técnicos, essa estratégia contribui para o planejamento paisagístico e fortalece ações de conservação em áreas urbanas (Mao *et al.*, 2015; Wu *et al.*, 2023). Assim, o objetivo deste trabalho foi investigar como características visuais das árvores urbanas influenciam na sua valoração estética e como isso pode contribuir para sua conservação.

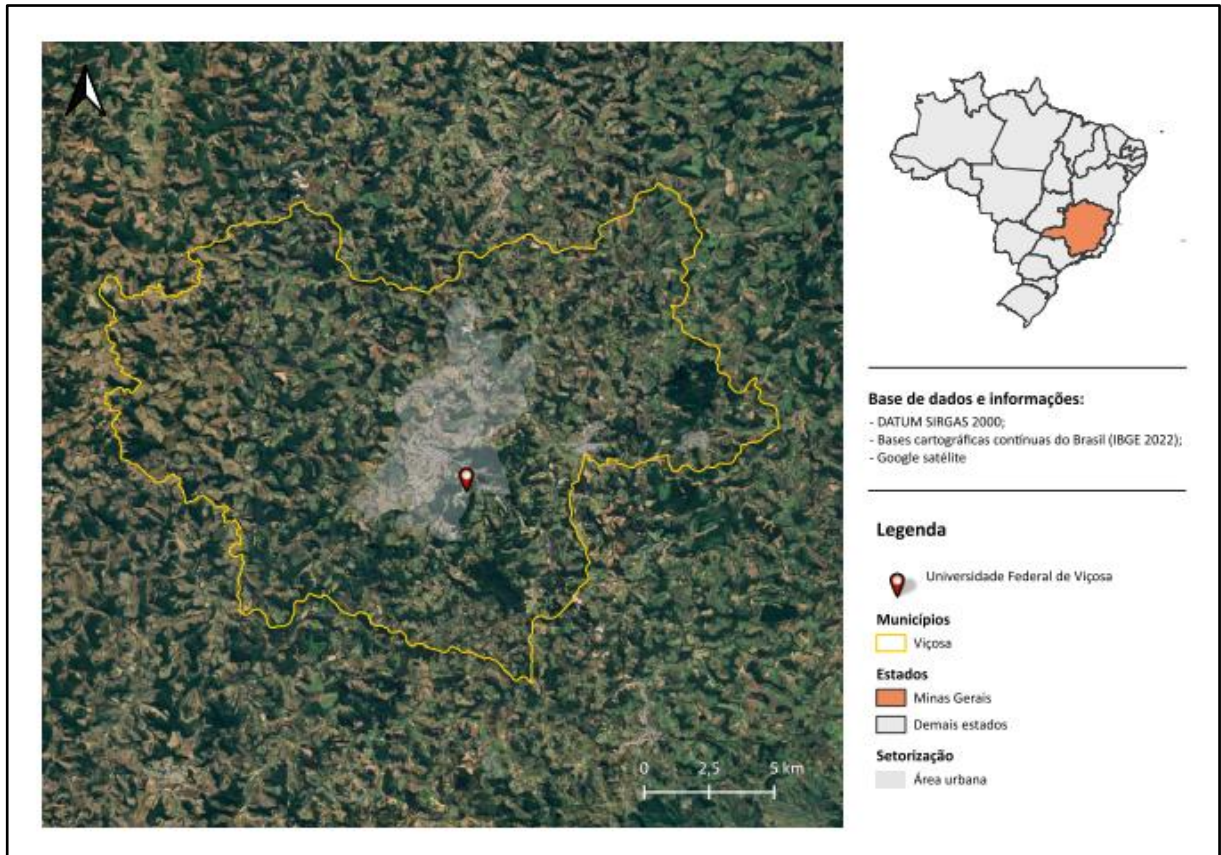
2.2 Materiais e métodos

2.2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado no campus sede da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, município da Zona da Mata Mineira (20°45'14"S; 42°52'53"W), com altitude média de 648 m e área de 299,418 km² (IBGE, 2025) (Figura 2.1). O clima da região é classificado como Cwa (Köppen), com verão quente e chuvoso e inverno ameno e seco. A vegetação original corresponde ao bioma Mata Atlântica, embora o campus universitário seja composto majoritariamente por áreas ajardinadas com espécies arbóreas nativas e exóticas utilizadas na arborização urbana (Eisenlohr *et al.*, 2008; Fialho; Santos, 2022).

Segundo o Censo de 2022, a população de Viçosa é de 76.430 habitantes, com densidade demográfica de 255,26 hab km⁻² (IBGE, 2023). O município apresenta IDH-M de 0,775 (2010), considerado alto, e destaca-se como polo universitário em função da presença da Universidade Federal de Viçosa (UFV). A instituição reúne cerca de 14 mil estudantes de graduação presenciais distribuídos em 68 cursos, além de mais de 1,3 mil pós-graduandos *stricto sensu*, com forte participação de alunos oriundos de outras cidades (UFV, 2024). Esse contingente, somado a visitantes de eventos científicos e culturais, contribui para um expressivo fluxo populacional temporário, impactando a economia local e a dinâmica sociocultural.

Figura 2.1 – Mapa com a localização do município de Viçosa – MG.



Fonte: Próprio autor (2025)

Com predomínio da população urbana (93%) e estrutura marcada por juventude, mobilidade e diversidade socioeconômica, Viçosa configura-se como uma cidade universitária média cuja paisagem urbana reflete diretamente os efeitos de sua configuração demográfica e institucional (Souza *et al.*, 2015.; Domingos *et al.*, 2021)

A cidade passou por acelerado processo de urbanização a partir da década de 1970, impulsionado pela federalização da UFV e pela valorização imobiliária decorrente da demanda estudantil (Costa *et al.*, 2017). A verticalização intensificou-se nos anos 1980, tornando Viçosa uma das cidades mineiras com maior número de edifícios com mais de quatro pavimentos (Zacchi *et al.*, 2014). A expansão urbana desordenada de Viçosa-MG, especialmente em seus vetores recentes, têm gerado conflitos de uso da terra e provocado problemas no abastecimento de água, além de pressionar a infraestrutura urbana em termos de uso do solo e qualidade ambiental (Maria, 2019)

A arborização viária do município é quantitativamente limitada e com diversidade reduzida. No bairro Ramos, um levantamento de 6,5 km de calçadas identificou apenas 121 árvores distribuídas em 18 espécies e 13 famílias, sendo 65% exóticas, com déficit de cerca de

148 árvores/km (Figueiró *et al.*, 2016). Estudos com a população urbana mostram que os moradores compreendem os benefícios da floresta urbana, como melhora da qualidade do ar, conforto térmico e bem-estar psicológico, porém percebem a arborização insuficiente e gerando conflitos com infraestrutura (Nascimento *et al.*, 2022). O diagnóstico da arborização viária também destaca que há concentração excessiva de espécies exóticas, baixa heterogeneidade de espécies e necessidade de manejo, além de um planejamento adequado para a expansão da cobertura arbórea e redução de conflitos com redes aéreas e calçadas (Barbosa, 2021).

2.2.2 Seleção das espécies e registro fotográfico

Foram selecionados exemplares arbóreos de espécies frequentemente utilizadas na arborização do município (Martini; Canguçu, 2020, Barbosa, 2021). A escolha contemplou espécies com floração de cores branco, vermelho, violeta, amarelo e rosa, além daquelas sem variação de cor visível na copa, nas quais predomina o verde da folhagem. Adicionalmente, incluiu-se uma espécie decídua (*H. serratifolius*), com o objetivo de avaliar a resposta da preferência estética em função da variação da densidade foliar. As espécies selecionadas foram: *Bauhinia forficata* Link (Pata-de-vaca), *Ceiba speciosa* (A.St.-Hil.) Ravenna (Paineira), *Cenostigma pluviosum* (DC.) Gagnon & G.P.Lewis (Sibipiruna), *Erythrina mulungu* Mart. (Mulungu), *Filicium decipiens* (Wight & Arn.) Thwaites (Felício), *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos (Ipê- roxo), *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.Grose (Ipê-amarelo), *Lagerstroemia indica* L. (Resedá), *Moquilea tomentosa* Benth. (Oiti), e *Murraya paniculata* (L.) Jack (Murta), *Pleroma granulosum* (Desr.) D. Don (Quaresmeira) e *Spathodea campanulata* P. Beauv (Espatódea).

Imagens de cada espécie foram obtidas ao longo do ano de 2024, com foco nos diferentes aspectos visuais dos indivíduos selecionados. Foram priorizados indivíduos com bom estado fitossanitário, desenvolvimento adequado e visualmente isolados de interferências como edificações, postes ou outras copas, garantindo melhor enquadramento e fidelidade visual.

As fotografias seguiram a metodologia de Luo *et al.* (2023), realizadas entre 10h e 16h, preferencialmente em dias ensolarados, para garantir padronização da luminosidade e das condições visuais. As imagens foram organizadas em quatro categorias: (a) árvores inteiras, destacando floração, forma da copa e porte; (b) flores isoladas sobre fundo neutro, para avaliar a cor; (c) silhuetas representativas das formas de copa; e (d) diferentes densidades

foliares de copa. Todas foram padronizadas quanto à proporção, resolução e enquadramento, utilizando câmera semiprofissional Sony com exposição manual entre 1/500 e 1/800, ajustada à luz ambiente para preservar a fidelidade visual das formas e cores.

2.2.3 Aplicação de questionário e método de Estimativa de Beleza Cênica (SBE)

A coleta de dados foi realizada por meio de um questionário criado no *Google Forms*, disponibilizado online e que permaneceu aberto entre janeiro e abril de 2025. A coleta de dados, caracterizada como pesquisa de opinião pública com participantes não identificados, é dispensada de aprovação do comitê de ética em pesquisa de acordo com a resolução 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde (Brasil, 2016).

O questionário seguiu metodologia padrão (Jia *et al.*, 2022; Yang *et al.*, 2023) para avaliar a percepção estética de diferentes atributos visuais das árvores urbanas, com sete seções no total, sendo seis com perguntas fechadas e uma aberta.

Todas as perguntas foram elaboradas com o uso de imagens para representar os atributos estéticos de interesse: (a) cores das flores; (b) espécies completas; (c) formas de copa; (d) densidade de copa; (e) porte das árvores (pequeno, médio ou grande); (f) mudança sazonal de uma espécie ao longo do tempo; e (h) identificação das espécies.

Para estimar a contribuição individual de cada atributo estético (cor, forma da copa, porte arbóreo e densidade da copa), na percepção de beleza cênica, as imagens foram organizadas em seis seções temáticas, cada uma correspondente a um grupo de atributos. Em cada seção, os participantes avaliaram as imagens utilizando uma escala de cinco pontos, variando de “muito desagradável” a “muito agradável”, conforme sua percepção (Apêndice B).

Para a variável "porte", optou-se por utilizar respostas diretas de preferência em vez de valores de SBE, uma vez que, na apresentação das imagens, não era possível garantir que o público conseguisse perceber com clareza comparativa a escala do tamanho das árvores.

Para mensurar a valoração estética das imagens apresentadas no questionário, foi utilizado o método de Estimativa de Beleza Cênica (SBE), conforme descrito por Daniel e Boster (1976). A fim de eliminar variações individuais no uso da escala de avaliação, as respostas atribuídas por cada participante foram padronizadas por meio do cálculo da pontuação Z. Esse procedimento consistiu em subtrair a média das notas fornecidas por cada respondente e dividir o resultado pelo respectivo desvio padrão, assegurando uma distribuição com média zero e variância um para cada conjunto individual de respostas. Tal padronização

garante que todos os avaliadores tenham o mesmo peso na média final, independentemente de tendências individuais a atribuir notas mais altas ou mais baixas.

Após a padronização, o valor de SBE de cada imagem foi obtido pela média das pontuações Z atribuídas por todos os participantes. Dessa forma, os valores de SBE representam a beleza cênica relativa de cada imagem em comparação ao conjunto avaliado. Valores positivos indicam maior apreciação estética em relação à média geral, enquanto valores negativos indicam menor apreciação. Essa metodologia além de ser aplicada para cada atributo visual das espécies também foi aplicada para a análise individual das espécies, presentes no formulário.

2.2.4 Determinação dos atributos estéticos mais relevantes

Para poder atribuir pesos às características isoladas (cor da flor, forma da copa, densidade foliar e porte) adotou-se uma abordagem baseada na normalização de dados (Liu *et al.*, 2024). Essa normalização transforma os valores brutos (de SBE ou de número de votos) em uma escala de 0 a 5, mantendo sua ordem relativa. A fórmula utilizada foi:

$$\text{pontuação}_i = (X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$$

Em que X_i representa o valor original da categoria (seja ele um valor de SBE ou número de votos), X_{\min} menor valor encontrado dentro do conjunto de categorias daquela variável, e X_{\max} o maior valor.

Dessa forma, cada característica passou a ter uma distribuição relativa padronizada, em que a categoria mais valorizada recebeu pontuação 5, a menos valorizada pontuação 0, e os demais valores intermediários proporcionais à sua posição dentro do intervalo. As pontuações resultantes representam a valoração estética relativa de cada atributo dentro do conjunto em que está inserido.

Para fornecer parâmetros quantitativos a todas as principais características visuais, foram feitas associações entre a imagem e métricas extraídas da imagem. Para a cor das flores, foi realizada a extração dos valores de matiz, saturação e brilho (HSB) das imagens utilizando análise digital em linguagem Python. A categorização seguiu a correspondência com os intervalos de matiz mais representativos para cada cor, considerando a percepção

visual média dos observadores e a distinção cromática entre as espécies analisadas (Perez-Udel *et al.*, 2023).

A classificação do porte baseou-se na altura estimada dos indivíduos fotografados, conforme observações de campo. Espécies com até 8 metros foram consideradas de pequeno porte, entre 8 e 12 metros de médio porte, e acima de 12 metros, de grande porte (Martini; Biondi, 2022). Para a forma da copa apresentada foi realizado o cálculo do índice formal de copa (FC) dos indivíduos, definido pela razão entre a largura e a altura da copa. A classificação da densidade foliar da copa foi realizada de forma qualitativa, com base em avaliação visual das imagens (Grulke *et al.*, 2020). As copas foram categorizadas em três classes: densa, média e rala, de acordo com o grau de preenchimento visual observado nas fotografias em condição de folhagem plena.

Os valores SBE das espécies foram normalizados de 0 a 10 conforme Liu *et al.* (2024), transformando-os em uma escala padronizada em que o valor mínimo recebeu 0 e o máximo, 10. Posteriormente, essas pontuações foram convertidas para uma escala ordinal de 1 a 4 (I a IV) de maneira proporcional à posição de cada categoria dentro do intervalo (Liu *et al.*, 2024).

Além da normalização e hierarquização das características estéticas, foi conduzida uma análise descritiva da distribuição dos valores de SBE em relação às categorias dos atributos cor das flores, forma da copa, porte arbóreo e densidade foliar. A comparação foi realizada por meio de gráficos de caixa (boxplots), com o objetivo de verificar a correspondência entre a valoração empírica obtida pelo público e as classificações previamente atribuídas aos atributos visuais.

Adicionalmente, com o intuito de identificar padrões de similaridade na apreciação estética entre espécies distintas, foi realizada uma análise de correlação utilizando o coeficiente de Spearman, por ser uma medida não paramétrica, apropriada para dados ordinais ou com distribuição não normal. As correlações foram calculadas entre as pontuações padronizadas (z) atribuídas pelos avaliadores a cada espécie, possibilitando avaliar o grau de correspondência entre os perfis de valoração das diferentes espécies. A matriz resultante permite identificar possíveis agrupamentos de preferência ou rejeição estética por parte dos participantes.

A partir da matriz de correlação de Spearman, foi realizada uma análise de agrupamento hierárquico entre as espécies, utilizando o método de ligação média com corte em 1,0 (Suzuki *et al.*, 2006). O objetivo foi identificar agrupamentos de espécies com padrões similares de valoração estética, segundo as percepções dos avaliadores.

2.2.5 Relação entre valoração estética e conservação das espécies

Foram apresentadas seis imagens na última seção do questionário, onde o respondente poderia escrever as espécies que conhecia o nome (popular).

O SBE de cada espécie foi relacionado à porcentagem de identificação correta das espécies informadas, levando em consideração todos seus nomes populares registrados na literatura. Além disso, o SBE das características estéticas para cada espécie foi também relacionado ao número de acertos.

2.3 Resultados

2.3.1 Estimativa de Beleza Cênica para cada atributo visual

A estimativa de Beleza Cênica para cada atributo visual das espécies foi obtida por meio de 306 respostas do formulário aplicado para a população de Viçosa-MG. Tais respostas permitiram inferir sobre as preferências da população quanto às características estéticas das árvores urbanas: cor da flor, forma de copa, porte e densidade de copa.

Entre as flores avaliadas, a maior valoração foi atribuída à cor amarela, seguida por violeta, branco e rosa, enquanto o vermelho obteve a menor pontuação. A cor amarela também apresentou o maior valor de brilho (Brightness), em contraste com o vermelho, que teve o menor. Embora ambas pertençam ao espectro de cores quentes, como evidenciado pelos baixos valores de matiz (Hue), e possuam saturações semelhantes (Tabela 2.1), o amarelo se destacou por sua maior luminosidade, o que pode ter contribuído para sua avaliação estética mais elevada.

Tabela 2.1 – Valor(H), saturação(S) e brilho (B) das cores apresentadas pelas flores das imagens avaliadas, com o SBE total e normalizado.

Cor	H(°)	S(%)	B (%)	SBE	Normalizado
Vermelho	40.46	59.28	52.88	-1,060	1
Rosa	304.69	65.92	69.27	3,552	3,11
Branco	87.01	18.58	62.45	3,800	3,23
Violeta	207.68	39.96	65.55	3,932	3,29
Amarelo	57.11	76.65	75.39	7,673	5

Fonte: Próprio autor (2025)

Entre os três componentes da cor, apenas o brilho correlaciona-se positiva e significativamente com a beleza cênica estimada (SBE) a 5%. Além disso, cores com porcentagem de brilho próxima (Violeta, Rosa e Branco) foram percebidas de forma similar de acordo com Teste de Tukey para as médias z. (Apêndice C). Isso sugere que, em relação à preferência estética por flores, há significativa relação com a intensidade luminosa da cor percebida.

Quanto à forma da copa, a elíptica foi a mais valorizada, seguida pela forma flabeliforme, informal e globosa. Isso sugere que copas com formas mais horizontalizadas tendem a ser mais valorizadas (Tabela 2.2)

Tabela 2.2 – Relação formal de copa (FC) e SBE.

Forma	FC	SBE	Normalizado
Flabeliforme	0,83	-6,423	1
Globosa	1,1	-9,147	1,41
Elíptica	1,31	2,02	2,54
Informal	1,15	-8,42	5

Fonte: Próprio autor (2025)

À medida que o índice de forma da copa (FC) se afasta de 1, seja para valores menores que 1 (indicando copas mais verticalizadas/ovoidais) ou maiores que 1 (indicando copas mais horizontalizadas), observa-se um aumento na beleza cênica estimada (SBE).

A categoria grande porte foi a mais valorizada, com 76,8% de aprovação. O porte médio obteve 22,9% de aprovação. Já o porte pequeno foi o menos preferido, com apenas 0,05% de aprovação (Tabela 2.3).

Tabela 2.3 – Porcentagem de preferência popular para o porte das espécies.

Categoria	Preferência da população (%)	Valor Normalizado
Pequeno	0,05	1
Médio	22,9	2
Grande	76,8	5

Fonte: Próprio autor (2025)

Quanto à densidade de copa, a valorização das imagens foi proporcional à quantidade de folhas na copa, sendo a mais densa a mais valorizada e a rala a menos valorizada (Tabela 2.4).

Tabela 2.4 – Pontuação SBE conforme densidade foliar.

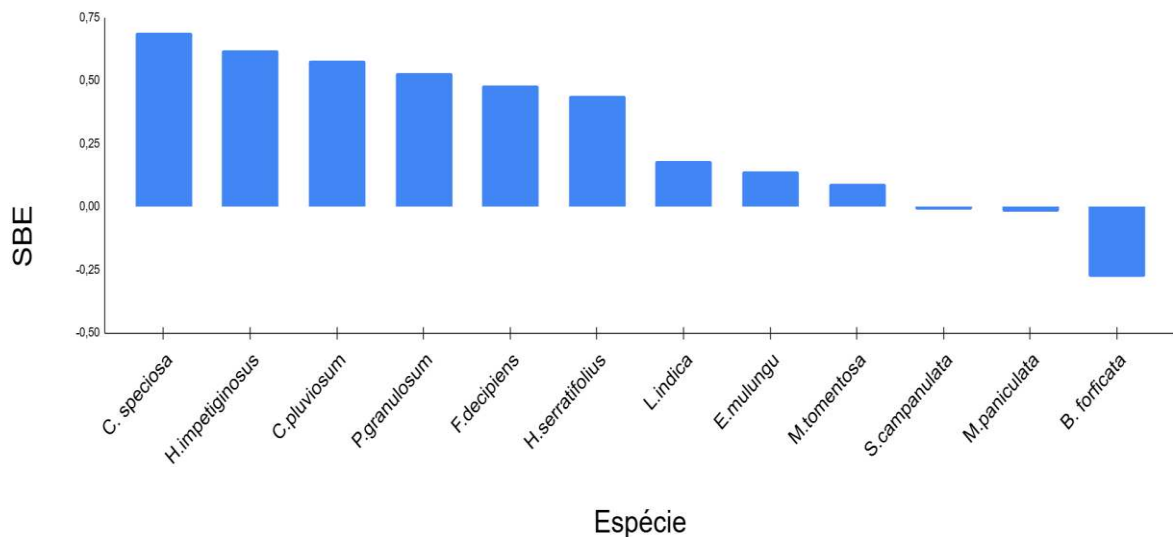
Densidade	% copa	SBE	Valor Normalizado
Rala	<15	-1,646	1
Média	<50	-8,788	3,93
Densa	>90	2,157	5

Fonte: Próprio autor (2025)

2.3.2 Estimativa de Beleza Cênica das espécies

A estimativa de beleza cênica (SBE) das doze espécies analisadas revelou variações significativas na percepção estética do público em relação às árvores urbanas. Algumas espécies se destacaram por sua elevada apreciação visual, enquanto outras apresentaram baixa pontuação, refletindo possíveis limitações em seus atributos visuais (Figura 2.2).

Figura 2.2 – Distribuição da Estimativa de Beleza Cênica (SBE) por espécie



Fonte: Próprio autor (2025)

Os indivíduos das espécies *C. speciosa*, *H. impetiginosus*, *C. pluviosum* e *P. granulosum* obtiveram os maiores valores de SBE (>0,50). Em contrapartida, *B. forficata*, *S. campanulata* e *M. paniculata* figuraram entre os menos valorizados, com valores próximos ou inferiores a zero.

Observa-se que apenas *B. forficata* obteve um valor negativo de SBE, sendo a única espécie esteticamente rejeitada pelo público. As demais espécies com valores próximos a zero, como *S. campanulata* e *M. paniculata*, foram avaliadas de forma neutra, sem forte aceitação nem repulsa.

A categorização das espécies em quatro grupos, com base nos valores de SBE, revelou padrões distintos de valorização visual (Tabela 2.5).

Tabela 2.5 – Distribuição da Estimativa de Beleza Cênica (SBE) por espécie

Espécie	Flores	Forma	Porte	Densidade	SBE	Classificação
<i>C. speciosa</i>	Rosa	Informal	Grande	Ralo	0,69	I
<i>H. impetiginosus</i>	Rosa	Flabeliforme	Grande	Ralo	0,62	I
<i>C. pluviosum</i>	Amarelo	Elíptica	Médio	Denso	0,58	I
<i>P. granulosum</i>	Violeta	Elíptica	Pequeno	Denso	0,53	II
<i>F. decipiens</i>	Não evidente	Elíptica	Médio	Denso	0,48	II
<i>H. serratifolius</i>	Amarelo	Flabeliforme	Grande	Ralo	0,44	II
<i>L. indica</i>	Branco	Informal	Pequeno	Médio	0,18	III
<i>E. mulungu</i>	Vermelho	Flabeliforme	Grande	Ralo	0,14	III
<i>M. tomentosa</i>	Não evidente	Globosa	Médio	Denso	0,09	IV
<i>M. paniculata</i>	Branco	Elíptica	Pequeno	Denso	-0,02	IV
<i>S. campanulata</i>	Vermelho	Informal	Médio	Médio	-0,01	IV
<i>B. forficata</i>	Branco	Globosa	Pequeno	Médio	-0,28	IV

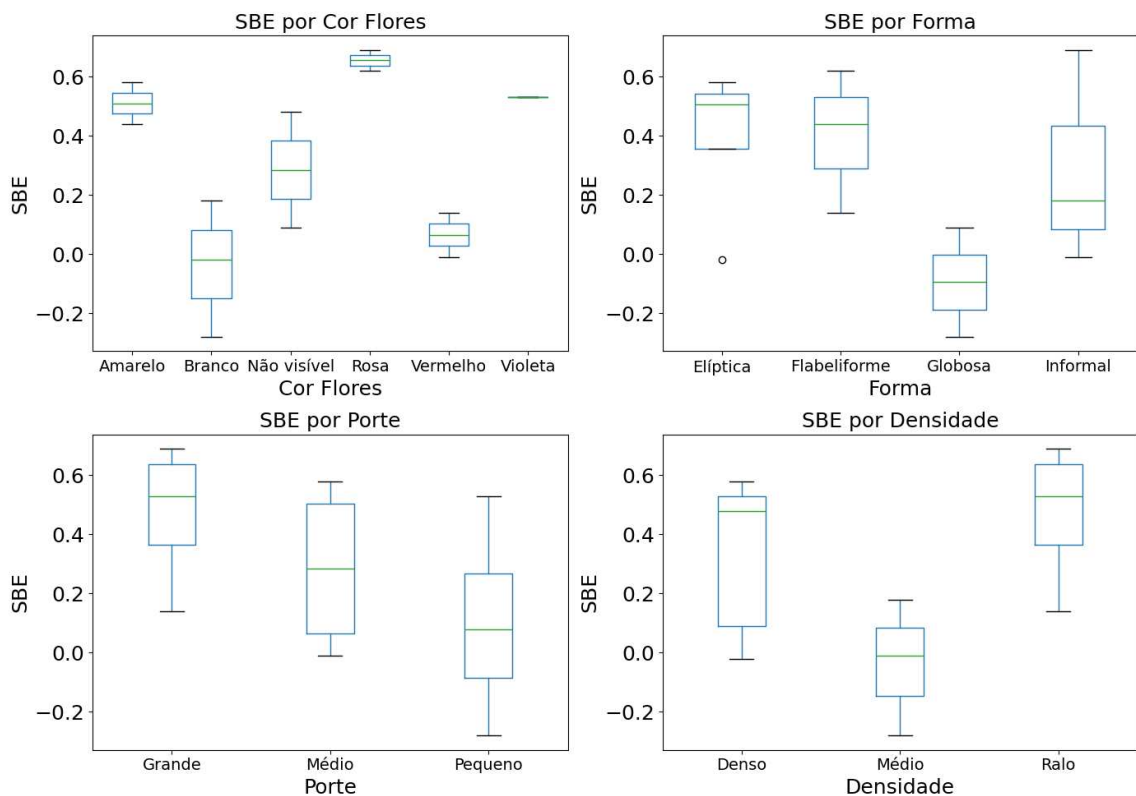
Fonte: Próprio autor (2025)

O Grupo I, formado por *C. speciosa*, *H. impetiginosus* e *C. pluviosum*, apresentou os maiores índices de apreciação estética, associados à presença de flores nas cores rosa ou amarelo, porte médio a grande, formas de copa informal ou flabeliforme e copas predominantemente ralas. O Grupo II incluiu espécies como *P. granulosum* e *F. decipiens*, cujos atributos incluem coloração violeta (no caso da primeira), copas densas e forma elíptica. Já o Grupo III, com avaliações moderadas (*L. indica* e *E. mulungu*), representado por flores brancas e vermelhas, porte pequeno a grande, copas de densidade rala e média. Por fim, o Grupo IV, com menor valorização estética (*B. forficata*, *S. campanulata* e *M. paniculata*), concentrou espécies com atributos menos destacados, como flores em tonalidades menos

valorizadas (branco e vermelho), formas globosas de copa, porte pequeno e, em sua maioria, copas com densidade média.

A distribuição dos valores de SBE em relação aos atributos visuais das espécies (Figura 2.3), evidencia tendências com os grupos formados.

Figura 2.3 – Variação da Estimativa de Beleza Cênica (SBE) das espécies conforme atributos. As caixas indicam o intervalo interquartil, a linha central representa a mediana, os whiskers mostram a variação de até 1,5 IQR e os pontos são valores atípicos.



Fonte: Próprio autor (2025)

Em relação à cor das flores, espécies com flores rosas mostraram a maior mediana de SBE, seguidas pelas com flores amarelas, violetas e pelas flores inconspícuas. Espécies com flores vermelhas e brancas apresentaram as medianas mais baixas, respectivamente.

No que tange à forma da copa, elípticas apresentaram a maior mediana de SBE e variação interquartil estreita; seguidas das copas flabeliformes. As copas informais por sua vez exibiram mediana intermediária e ampla variabilidade de valores, enquanto as copas globosas registraram a menor mediana e demonstraram dispersão sobretudo abaixo de zero.

Para o porte, não foi observada diferença significativa entre os grupos.

Por fim, em relação à densidade de copa, as copas ralas tiveram mediana elevada, as densas apresentaram valor moderado e as de densidade média se situam em torno de zero.

Embora as correlações diretas entre atributos isolados (cor da flor, forma de copa, porte e densidade) e os valores de SBE não tenham se mostrado significativas, a análise de correlação entre as pontuações-z dadas entre espécies revelou padrões consistentes de apreciação estética (tabela 2.6).

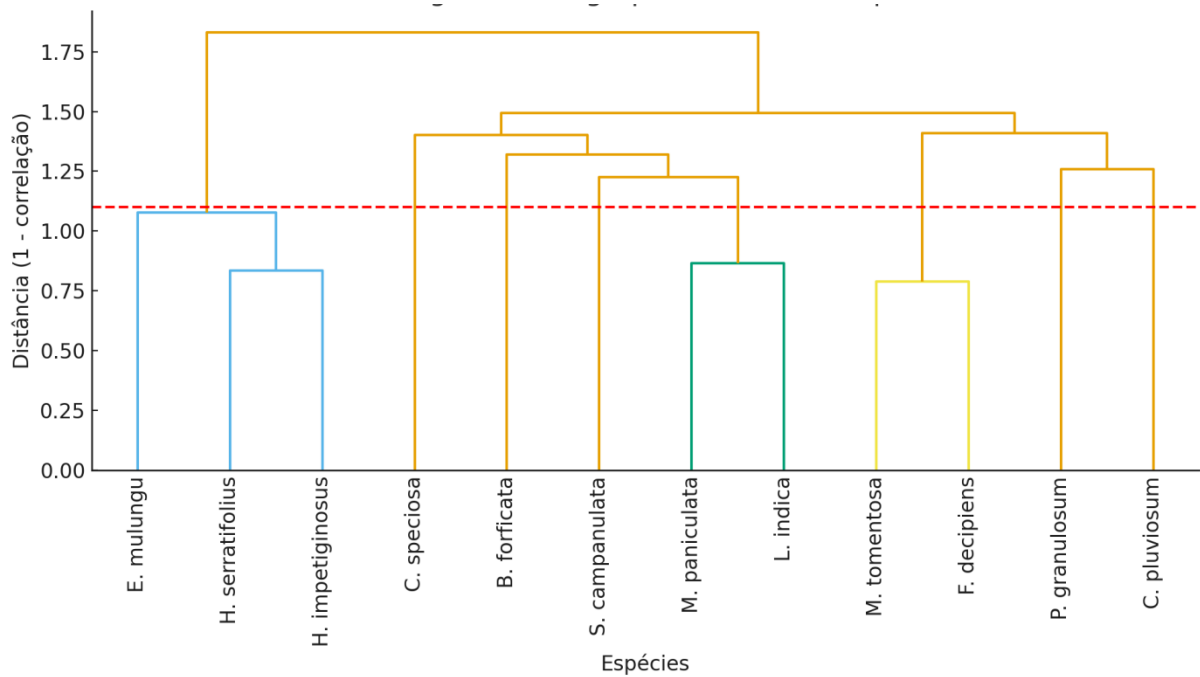
Tabela 2.6 – Matriz de correlação de Spearman entre pontuações z dadas às espécies.

Espécie	<i>S. campanulata</i>	<i>H. serratifolius</i>	<i>H. impetiginosus</i>	<i>E. mulungu</i>	<i>M. tomentosa</i>	<i>C. speciosa</i>	<i>P. granulatum</i>	<i>C. pluviosum</i>	<i>F. decipiens</i>	<i>M. paniculata</i>	<i>B. forficata</i>	<i>L. indica</i>
<i>S. campanulata</i>	1,00*											
<i>H. serratifolius</i>	-0,15*	1,00*										
<i>H. impetiginosus</i>	-0,12*	0,43*	1,00*									
<i>E. mulungu</i>	-0,04	0,29*	0,24*	1,00*								
<i>M. tomentosa</i>	0,19*	-0,33*	-0,24*	-0,26*	1,00*							
<i>C. speciosa</i>	0,15*	0,05	0,04	-0,06	-0,10	1,00*						
<i>P. granulatum</i>	0,08	-0,15*	-0,07	-0,16*	0,04	0,02	1,00*					
<i>C. pluviosum</i>	0,12*	-0,12*	-0,22*	-0,14*	0,19*	-0,07	0,14*	1,00*				
<i>F. decipiens</i>	0,12*	-0,19*	-0,20*	-0,24*	0,47*	-0,04	-0,04	0,09	1,00*			
<i>M. paniculata</i>	0,24*	-0,05	-0,12*	-0,10	0,11	0,04	0,04	0,01	0,11	1,00*		
<i>B. forficata</i>	0,14*	-0,03	-0,11	0,02	0,10	0,06	0,01	-0,07	0,01	0,14*	1,00*	
<i>L. indica</i>	0,14*	0,02	0,10	-0,03	-0,05	0,01	0,07	-0,09	0,03	0,44*	0,05	1,00*

Fonte: Próprio autor (2025)

A análise de agrupamento hierárquico revelou que espécies com atributos semelhantes foram avaliadas de forma próxima pelos respondentes. A análise indicou que determinadas combinações de atributos estruturais e cromáticos geraram padrões consistentes de apreciação estética entre os respondentes. (Figura 2.4).

Figura 2.4 – Dendrograma de agrupamento entre espécies.



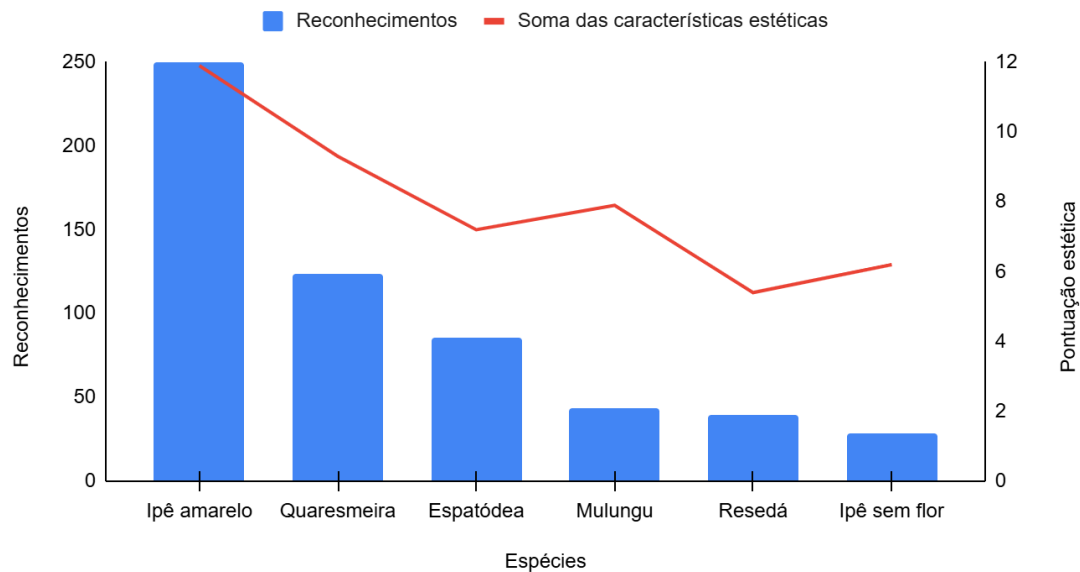
Fonte: Próprio autor (2025)

M. tomentosa e *F. decipiens* formam um par marcado por flores inconspícuas, predominância da coloração verde e copas densas, indicando uma valorização por aspectos estruturais mais do que florais. *H. serratifolius* e *H. impetiginosus* formam um agrupamento e, a níveis mais superiores, agrupam-se com *E. mulungu*. Essas espécies compartilham porte elevado, copas flabeliformes e copa saturada em floração (amarelo, rosa e vermelho). Outro agrupamento a níveis superiores é formado por *P. granulosum* e *C. pluviosum*, ambas com copas elípticas, porte pequeno a médio e densa folhagem. Já *M. paniculata* e *L. indica*, espécies de porte pequeno, com flores majoritariamente brancas e folhagem visível entre as flores, formam outro agrupamento. Por outro lado, *B. forficata*, *S. campanulata* e *C. speciosa* não se integraram firmemente a nenhum dos grupos principais, ocupando posições intermediárias no dendrograma. Curiosamente, essas três espécies apresentaram valores contrastantes de SBE: *B. forficata* recebeu a menor pontuação, *S. campanulata* intermediária e *C. speciosa* foi a mais bem avaliada.

2.3.3 Valoração estética e a conservação das espécies

O ipê-amarelo com flor foi a espécie mais reconhecida pelos participantes, com 81,7% de acertos (Figura 2.5).

Figura 2.5 – Relação entre o número de reconhecimentos e a soma de características estéticas.



Fonte: Próprio autor (2025)

Nenhum participante atribuiu nomes equivocados à imagem da espécie (Ipê-amarelo) em floração. Por outro lado, a mesma espécie sem flores, representada apenas com a copa folhosa verde, foi identificada corretamente por apenas 29 participantes, o que equivale a 9,5% dos respondentes. A quaresmeira foi a segunda espécie mais reconhecida e com a segunda maior pontuação estética. Cerca de 13,4% dos participantes (41) reconheceram corretamente o Resedá, enquanto 14,4% (44) o confundiram com a Murta.

2.4 Discussão

Entre as flores avaliadas a cor amarela foi a mais valorizada, seguida por violeta, branco e rosa, enquanto o vermelho obteve a menor pontuação. Além disso, o amarelo apresentou o maior valor de brilho, em contraste com o vermelho, que teve o menor valor de matiz e brilho (Tabela 2.1).

Em relação às cores, tonalidades como amarelo, violeta, branco e rosa estão associadas a sensações de calma, foco e bem-estar. No contexto brasileiro, Bobrowski e Biondi (2016) já haviam identificado o amarelo como a cor mais apreciada. Estudos de neurofisiologia, como os de Jang *et al.* (2014) e Zhang *et al.* (2023), demonstraram que essas cores podem estimular a atividade de ondas α no cérebro, relacionadas a estados de relaxamento e atenção. As cores

branco e rosa apresentaram valoração semelhante, o que pode ser explicado por sua recorrente associação à tranquilidade e suavidade, conforme relatado por Zhang *et al.* (2023).

Por outro lado, a cor vermelha obteve menor valoração estética, o que pode estar relacionado a associações emocionais mais intensas ou ambíguas. Segundo Rahnema *et al.* (2019), o vermelho evoca emoções como raiva, enquanto Sadek *et al.* (2013) e Ferreira (2024) apontam sua associação com sinais de alerta e perigo. Em paisagens voltadas à contemplação, tais conotações podem ser menos desejáveis.

Essa tendência é compatível com os achados de Valdez e Mehrabian (1994), que demonstraram que cores claras e de alta luminosidade são, em geral, mais associadas a sentimentos positivos como alegria, leveza e vitalidade.

O violeta, especificamente, também se destacou como uma das cores preferidas, conforme observado em Rahnema *et al.* (2019), o que reforça seu apelo estético mesmo em contextos culturais diversos.

A forma de copa elíptica foi a mais valorizada, seguida pelas formas flabeliforme, informal e globosa. O formato de copas mais horizontalizadas, como o caso da elíptica, é frequentemente associado, na literatura científica, à sensação de conforto por proporcionar maior sombreamento, abrigo e melhor acessibilidade ao espaço urbano, isto é, maior facilidade de uso e apropriação social, já que essas copas permitem que pedestres circulem sob elas com mais conforto, ampliam a visibilidade do entorno e criam áreas de permanência mais convidativas (Lohr; Pearson-Mims, 2006; Gerstenberg; Hofmann, 2016). Visualmente, essa forma se destaca por apresentar linhas suaves e contínuas, favorecendo uma transição fluida aos olhos, conforme o princípio da continuidade. Além disso, sua estrutura mais definida facilita que se sobressaia com mais clareza em relação ao entorno, diferentemente de formas mais permeáveis, como a flabeliforme (Nelson *et al.*, 2001).

Enquanto a forma elíptica se destaca pela harmonia e pela sensação de acolhimento, as copas flabeliformes introduzem outra dimensão perceptiva, marcada pela verticalidade e pela força visual. Linhas verticais na composição tendem a transmitir tensão, potência e dinamismo, em contraste com as horizontais, que evocam calma e estabilidade (Arnheim, 1954; Bell, 2019). Estas formas, ao atrair o olhar para cima, funcionam como pontos de atração no desenho paisagístico e demandam atenção do observador (Bell, 2019; Motloch, 2000). Entretanto, quando isoladas, linhas verticalizadas podem transmitir menor sensação de acolhimento e até artificialidade, pela ausência de refúgio e equilíbrio compositivo (Appleton, 1996; Bell, 2004). Essa percepção é corroborada por Lohr e Pearson-Mims (2006), que

observaram que essas formas receberam pontuações visuais e emocionais menores do que copas horizontais em contexto urbano.

Essa diferença perceptiva evidencia como a orientação e a geometria da copa influenciam diretamente as respostas emocionais dos observadores. Nesse espectro, entre a tensão das formas verticais e a serenidade das horizontais, situam-se as copas mais circulares, que, embora apresentem regularidade e simetria, podem transmitir uma sensação de artificialidade ou monotonia visual, reduzindo a sensação de acolhimento devido à sua excessiva previsibilidade formal (Kaplan; Kaplan, 1989). Em termos de atração visual, essas formas estão em um ponto intermediário: não geram tanta excitação quanto formas verticais pontuais, nem proporcionam a serenidade associada a copas horizontais e abertas.

Essa tendência teórica também se refletiu nos resultados quantitativos. O índice de forma da copa (FC) apresentou correlação positiva com o SBE à medida que se afastou de 1, tanto para valores <1 (copas verticalizadas) quanto para valores >1 (copas horizontalizadas). Esse padrão indica que formas que rompem a circularidade perfeita, gerando dinamicidade visual, são mais atraentes.

Entretanto, ao comparar com estudos anteriores, observa-se uma divergência parcial. No trabalho de Lohr e Pearson-Mims (2006), as árvores de copa arredondada apresentaram preferência intermediária: foram mais valorizadas que as formas colunares, mas ficaram abaixo das copas amplamente horizontalizadas em termos de atratividade estética. Essa tendência, no entanto, não se confirmou completamente nos resultados do presente estudo, uma vez que as copas circulares obtiveram os menores valores de SBE.

Essa divergência pode estar relacionada à forma como o contexto urbano molda a percepção das árvores. Em paisagens consolidadas, a atratividade tende a estar associada à funcionalidade visual e microclimática, onde copas que ampliam o campo de visão e favorecem o sombreamento são percebidas como mais agradáveis (Gerstenberg; Hofmann, 2016; Zheng *et al.*, 2022; Yin *et al.*, 2024). Nesse sentido, copas perfeitamente circulares, ao concentrarem o volume foliar no centro, projetam sombra restrita e menor permeabilidade visual, o que pode reduzir seu valor estético. Além disso, conforme apontam Kaplan e Kaplan (1989), formas com complexidade moderada, nem excessivamente regulares, nem caóticas, tendem a gerar maior interesse visual, o que explicaria a preferência por copas mais abertas ou assimétricas.

De modo semelhante ao formato da copa, o porte das árvores também exerce influência significativa na percepção estética e emocional dos observadores. A categoria

grande porte foi a mais valorizada. A atratividade do grande porte pode estar ligada à sensação de ambiente aberto e seguro, já que árvores altas oferecem sombra e abrigo (refúgio) sem comprometer a visibilidade ao redor, conforme a Teoria do Prospecto-Refúgio (*Prospect-Refuge Theory*), de Appleton, onde copas elevadas conciliam proteção e amplitude visual, favorecendo a permanência no espaço (Stachovà *et al.*, 2023). Além disso, possivelmente, árvores de maior porte tendem a ser mais facilmente associadas a simbolismos culturais e históricos, atuando como marcos na paisagem e reforçando a conexão afetiva das pessoas com o lugar (Blicharska *et al.*, 2014; Lavy *et al.*, 2023).

Complementarmente ao porte, o estado da copa também se destacou como atributo determinante na percepção estética. A densidade da copa, frequentemente expressa como cobertura de copa, tem se destacado como um fator determinante na avaliação da beleza cênica em estudos de paisagem urbana e florestal (Brown, 1984; Pan *et al.*, 2020; Li *et al.*, 2021; Beatley *et al.*, 2023). Diversas pesquisas utilizando o método SBE demonstram que ambientes com copas mais densas são sistematicamente mais bem avaliados pelo público, uma vez que oferecem maior sensação de abrigo, harmonia visual e complexidade estrutural (Huang *et al.*, 2012; Zhang *et al.*, 2022). Em análises específicas de árvores isoladas ou em grupos, copas densas são preferidas por proporcionarem sombras marcantes, contraste com o entorno e uma aparência vigorosa e saudável (Mao *et al.*, 2015).

As espécies com maior SBE apresentaram flores rosas (*C. speciosa* e *H. impetiginosus*), grande porte e compartilharam o padrão de copa rala, ainda que apresentem formas distintas (informal e flabeliforme, respectivamente).

No estudo de Yang *et al.* (2022), as espécies que apresentaram os maiores valores de SBE foram aquelas com tonalidades de matiz (Hue) situadas entre arroxeadado, verde-amarelo e magenta. Em adição, autores como Mao *et al.* (2015) e Chen *et al.* (2016) observaram que árvores com maior diâmetro e copas densas foram as mais apreciadas visualmente, reforçando o papel da estrutura e volume da copa na percepção de beleza em contextos urbanos.

A interação entre esses atributos (forma, porte e densidade) parece exercer efeito combinado na percepção estética das espécies. Em conjunto, esses fatores definem tanto o equilíbrio visual quanto o impacto emocional das árvores na paisagem. Nesse contexto, as espécies com flores amarelas, *C. pluviosum* e *H. serratifolius* exibiram contrastes marcantes: a primeira, de porte médio e copa densa com forma elíptica, obteve SBE superior à segunda, que possui copa flabeliforme, rala e porte elevado. Essa diferença sugere que, mesmo diante

de uma cor floral semelhante, características como a forma e densidade da copa podem exercer papel decisivo na percepção estética.

Apesar da importância da cor, características como a forma e densidade da copa podem exercer papel decisivo na estética. Enquanto a floração do ipê-amarelo (SBE = 0,44) domina visualmente toda a copa, em *C. pluviosum* (SBE = 0,58) ela aparece de forma mais pontual, misturada à folhagem verde, mais densa, reforçando a hipótese de que não apenas a cor, mas sua distribuição espacial, influencia o julgamento visual. Segundo autores como Ma *et al.* (2020), Zhuang *et al.* (2021) e Moura e Martini (2025) não apenas a cor, mas também sua distribuição espacial como agrupamento de manchas e variedade de matizes aumenta significativamente a atratividade visual de paisagens vegetais urbanas.

As espécies com flores vermelhas (*E. mulungu* e *S. campanulata*) apresentaram copas flabeliforme e informal, respectivamente, com porte grande e médio. Ambas registraram baixos valores de SBE. No caso de *S. campanulata*, a combinação de atributos intermediários, porte médio, forma informal e densidade de copa média, resultou possivelmente em uma avaliação estética neutra, sendo a cor vermelha o atributo com pior desempenho entre os avaliados, o que sugere que a coloração possa ter sido determinante para seu resultado final. Já *E. mulungu*, embora apresentasse porte elevado e uma das formas de copa mais bem avaliadas (flabeliforme), teve pontuação baixa, possivelmente em função da baixa densidade da copa e da cor vermelha de suas flores, que se destacou negativamente no conjunto de dados.

Autores como Muderrisoglu *et al.* (2009) perceberam que cores como o vermelho reduzem a avaliação estética quando associado a copas agradáveis estruturalmente. Segundo Zhang *et al.* (2023), ao ativar o sistema cognitivo, a cor vermelha nem sempre é percebida como agradável. Tal coloração pode gerar estímulos intensos que desagradam em contextos que valorizam suavidade, equilíbrio e harmonia visual. Esses estudos estão em consonância com os achados desta pesquisa, uma vez que, apesar de atributos morfológicos esteticamente interessantes, a cor vermelha possivelmente reduziu a pontuação estética de espécies como *E. mulungu* e *S. campanulata*.

A interação entre atributos morfológicos e cromáticos indica uma tendência de influência conjunta na percepção, na qual a cor parece atuar como moduladora do valor visual. Por exemplo: apesar de *M. paniculata* apresentar atributos geralmente bem avaliados, como copa elíptica e densa, foi a terceira pior espécie em SBE. Em contrapartida, *P. granulosum*, com porte semelhante e estrutura próxima, obteve uma das maiores pontuações.

Essa discrepância sugere que a coloração violeta de *P. granulatum* pode ter exercido influência positiva na avaliação estética, compensando a limitação associada ao porte reduzido.

De forma análoga, quando se observa a interação entre cor e porte, nota-se um padrão semelhante. Espécies de menor porte e com flores brancas, uma tonalidade que, embora não associada às menores médias de SBE, também não figura entre as mais valorizadas, tendem a apresentar menores avaliações gerais. Esse resultado indica que o porte reduzido, aliado a menor expressividade cromática, pode desfavorecer a estética, reforçando que a apreciação da paisagem resulta da combinação de elementos como cor, forma e escala (Arriaza *et al.*, 2004; Ode; Tveit; Fry, 2008; Kendal; Williams; Williams, 2012).

De modo mais abrangente, embora as cores branco, rosa e violeta tenham apresentado avaliações medianas semelhantes quando avaliadas isoladamente, no conjunto de atributos, cores menos bem avaliadas acabaram ficando na frente no conjunto geral. Por outro lado, espécies mesmo com características complementares consideradas importantes (*E. mulungu* e *S. campanulata*), quando com o atributo da cor negativo, tiveram considerações negativas. Esse descompasso pode refletir o caráter multifatorial da percepção paisagística, em que atributos não atuam isoladamente, mas em combinação com o contexto visual (Arriaza *et al.*, 2004; Ode *et al.*, 2008; Zhao *et al.*, 2019).

Entre os atributos analisados, apenas o porte e a forma da copa apresentaram correspondência direta com as classificações normalizadas, reforçando que a percepção estética está fortemente ligada à escala e ao contorno da árvore (Lohr; Pearson-Mims, 2006; Gestenberg; hofmann, 2016). Para os demais atributos, como cor da flor e densidade da copa, surgiram discrepâncias entre a ordenação empírica da SBE e a hierarquização baseada em valores absolutos. Especificamente quanto à densidade, observou-se uma tendência não linear: espécies copas ralas foram mais bem avaliadas do que as de densidade intermediária ou densa.

Em síntese, embora atributos visuais como a cor das flores, a forma da copa e o porte das árvores exerçam influência sobre a estética percebida, a valoração da biodiversidade vai além desses aspectos isolados. Trata-se de um processo complexo e multifacetado, no qual interagem fatores ecológicos, como a funcionalidade ambiental das espécies, e aspectos culturais, como o simbolismo associado a determinadas árvores e suas relações com a memória coletiva e o sentimento de pertencimento (Ferguson *et al.*, 2023).

Essa complexidade também se refletiu nos resultados empíricos. De acordo com a análise de correlação, espécies com características visuais semelhantes foram frequentemente avaliadas de modo próximo, sugerindo a atuação de critérios perceptivos compartilhados na valorização das árvores analisadas. Os agrupamentos formados refletem padrões subjetivos de percepção visual compartilhada.

A proximidade entre *B. forficata* e *C. speciosa*, por exemplo, pode estar associada à presença de copas mais ralas. A presença conjunta nesse agrupamento, reforçada por correlações significativas na matriz, indica que os respondentes que apreciam uma dessas espécies também tendem a apreciar outras com características similares, sugerindo que a combinação de porte e coloração intensa exerceu forte influência positiva na avaliação estética. Em conjunto, esses padrões indicam que critérios perceptivos compartilhados guiam as avaliações: árvores de porte moderado a grande, com folhagem rica em cor e aparência vigorosa, tendem a ser agrupadas e bem-avaliadas pelos observadores.

O nível de coerência interna dentro dos agrupamentos reforça a hipótese que os respondentes aplicam critérios consistentes com base em elementos estruturais, volumétricos e cromáticos em conjunto. A presença de grupos distintos reforça a importância de entender a árvore como parte de padrões integrados de atributos estéticos. A percepção estética das árvores urbanas, porém, deve ser interpretada a partir de uma lente culturalmente sensível (Schroeder *et al.*, 2011). De acordo com Rahnema *et al.* (2019), essas preferências podem variar culturalmente: diferentes regiões valorizam cores, formas e tamanhos de copa conforme valores estéticos, simbólicos e ambientais locais.

Essa dimensão cultural da percepção se manifesta não apenas nas preferências estéticas, mas também na forma como as pessoas nomeiam e descrevem as árvores. A linguagem popular sobre a vegetação é moldada por um entrelaçamento entre o uso prático e a experiência sensível da paisagem (Singh *et al.*, 2008). Pesquisas etnobotânicas indicam que comunidades humanas tendem a nomear as plantas com base em traços visuais, táteis e utilitários. Autores como Berlin (1977) e Poncet *et al.* (2015) destacam que atributos morfológicos como cor das flores e forma das folhas predominam na construção dos nomes vernaculares, o que demonstra que o reconhecimento das espécies está profundamente ancorado tanto na estética quanto na funcionalidade percebida.

Contudo, a vegetação urbana é dinâmica e sazonal, passando por transformações ao longo do ano que alteram sua aparência e impacto visual (Duan *et al.*, 2024). A mesma árvore pode parecer exuberante durante a floração e discreta durante a senescência, o que influencia

diretamente sua valoração estética, simbólica ou afetiva. O ipê amarelo (*H. serratifolius*), por exemplo, espécie mais reconhecida no presente estudo, sem sua característica estética distintiva (as flores amarelas), torna-se visualmente anônimo para a maioria dos observadores. Esse contraste evidencia a forte dependência da floração na memória visual e na capacidade de reconhecimento, sugerindo que a valorização estética da espécie está intimamente ligada ao período reprodutivo.

Tais achados têm implicações claras para a conservação e educação ambiental, pois espécies que dependem de eventos sazonais para serem percebidas podem passar despercebidas pela população durante outras fases de desenvolvimento. Para promover a conservação e o engajamento, é estratégico valorizar não apenas a floração, mas também comunicar a relevância ecológica das espécies durante todo o ciclo vegetativo.

A quaresmeira (*P. granulosum*), segunda espécie mais reconhecida no estudo, é a espécie de uso urbano mais frequente no município de Viçosa (Barbosa, 2021). O ipê-amarelo, apesar de não ser uma das árvores mais frequentes, é amplamente reconhecido, embora não oficialmente, como a árvore símbolo do Brasil. Além disso, um dos pontos mais frequentados da cidade de Viçosa, a avenida Santa Rita, é composta por canteiros com ipês amarelos. Tais achados reforçam a hipótese de que frequência de exposição e familiaridade influenciam positivamente tanto no reconhecimento quanto na apreciação em detrimento ao não conhecido (Silva, 2014).

Nem sempre reconhecimento e valorização caminham juntos. Por exemplo, a espatódea (*S. campanulata*), embora tenha sido reconhecida com frequência maior que o Mulungu (*E. mulungu*), apresentou menor valorização estimada. A confusão entre respostas relacionadas a espécies de aparência semelhante, como Murta (*M. paniculata*) e Resedá (*L. indica*), ambas de porte pequeno e com flores brancas, evidencia que características visuais similares podem dificultar o reconhecimento individual, mesmo quando a valoração estética é positiva e equivalente. Esse padrão sugere que o reconhecimento popular depende fortemente de sinais visuais distintivos, e que atributos como cor da flor e forma da copa, isoladamente, podem ser insuficientes para garantir uma diferenciação perceptiva clara entre espécies semelhantes.

Os achados de Lundberg *et al.* (2019) revelaram que a estética visual, isoladamente, não foi capaz de aumentar a disposição a doar, sendo a “necessidade de conservação” o principal motivador, reforçando os resultados deste estudo, nos quais a Espatódea, embora visualmente marcante, não teve reconhecimento proporcional ao seu valor estético.

Gerstenberg e Hofmann (2016) já haviam apontado que o apelo visual nem sempre é suficiente para garantir apreciação ou preferência em contextos urbanos. De forma semelhante, um estudo sobre campanhas de conservação identificou que, embora espécies visualmente atrativas recebam atenção inicial, a disposição para apoiar sua conservação depende mais do conhecimento prévio, da familiaridade e da percepção de necessidade de proteção (Thomas-Walters *et al.*, 2017).

A estética, embora relevante, não atua isoladamente: elementos cognitivos e simbólicos também moldam a apreciação e o engajamento público. Assim, estratégias de valorização e conservação de árvores urbanas devem considerar não apenas atributos visuais, mas também investir na construção de familiaridade e consciência ecológica sobre os papéis das espécies no ambiente urbano, inclusive fora do período de floração.

Ainda assim, apesar do número pequeno de observações, nota-se uma correlação positiva e estatisticamente significativa entre a pontuação estética das espécies e o número de reconhecimentos, indicando que espécies com melhor reconhecimento tendem a ser mais valorizadas (embora existam exceções pontuais).

Esses resultados reforçam a importância de integrar a percepção pública à escolha e manejo das espécies utilizadas na arborização urbana. Ao evidenciar que a memória visual e a apreciação estética estão fortemente atreladas a atributos florais e à familiaridade, destaca-se a necessidade de estratégias de sensibilização que ampliem o reconhecimento das árvores mesmo fora do período reprodutivo.

Promover a valorização contínua das espécies ao longo de todo o ciclo vegetativo pode favorecer a construção de vínculos afetivos mais duradouros com a paisagem urbana, fortalecendo o engajamento da população com a conservação da biodiversidade nas cidades.

2.5 Conclusão

A percepção estética das árvores urbanas está fortemente ancorada em atributos visuais como a cor das flores, a forma da copa e o porte arbóreo. Formas elípticas e árvores de grande porte se destacaram como elementos visuais preferidos. Além disso, a correlação positiva entre a beleza cênica e o reconhecimento popular das espécies evidencia que atributos estéticos marcantes contribuem para a construção de memória visual e podem favorecer ações de conservação. No entanto, a ausência de flores ou atributos menos expressivos possivelmente dificulta o reconhecimento, o que destaca a importância de estratégias educativas que ampliem a valorização das espécies ao longo de todo seu ciclo fenológico.

Conclui-se que a beleza percebida não apenas qualifica a paisagem urbana, mas também atua como estímulo ambiental, sendo um recurso valioso para políticas de arborização e conservação urbana.

2.6 Referências

APPLETON, Jay. **The experience of landscape.**, 1996.

ARNHEIM, Rudolf. **Art and visual perception: A psychology of the creative eye.** Univ of California Press, 1954.

ARRIAZA, M.; CAÑAS-ORTEGA, J. F.; CAÑAS-MADUEÑO, J. A.; RUIZ-AVILÉS, P. Assessing the visual quality of rural landscapes. *Landscape and Urban Planning*, v. 69, n. 1, p. 115-125, 2004.

BARBOSA, G. A. L. Arborização de ruas da cidade de Viçosa, MG: parâmetros fitossociológicos e socioeconômicos. 2021.

BEATLEY, T. *Canopy cities: protecting and expanding urban forests.* Taylor & Francis, 2023.

BELL, Simon. **Elements of visual design in the landscape.** Routledge, 2019.

BERLIN, Brent. Speculations on the growth of ethnobotanical nomenclature. In: **Sociocultural dimensions of language change.** Academic Press, 1977. p. 63-101.

BLICHARSKA, M.; MIKUSIŃSKI, G. Incorporating social and cultural significance of large old trees in conservation policy. *Conservation Biology*, v. 28, n. 6, p. 1558–1567, 2014.

BOBROWSKI, Rogério; BIONDI, Daniela. Percepção e preferência popular por atributos estéticos e ecológicos na composição da arborização de ruas. **Floresta**, v. 46, n. 1, p. 123-133, 2016.

BRASIL. Conselho Nacional de Saúde. Resolução nº 510, de 7 de abril de 2016. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, n. 98, p. 44–46, 24 maio 2016.

BROWN, T. C. Modeling forest scenic beauty: concepts and application to ponderosa pine. US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, 1984.

CHEN, Y. *et al.* Landscape perception based on personal attributes in determining the scenic beauty of in-stand natural secondary forests. *Annals of Forest Research*, v. 59, n. 1, p. 91-103, 2016.

COSTA, G. O.; FARIA, T. C. A.; ANICETO, S. F. Análise das particularidades no processo de expansão urbana da cidade de Viçosa, Minas Gerais. 2017

DANIEL, Terry C; BOSTER, Ron S. Measuring landscape esthetics: the scenic beauty estimation method. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, 1976.

DOMINGOS, M. R. A. Do campo à universidade: análise das trajetórias acadêmicas de jovens oriundos do meio rural. 2021.

DUAN, Y. *et al.* Impact of seasonal changes in urban green spaces with diverse vegetation structures on college students' physical and mental health. *Scientific Reports*, v. 14, n. 1, p. 16277, 2024.

DUONG, M.-P. T. *et al.* From beauty to belief: The aesthetic and diversity values of plants and pets in shaping biodiversity loss belief among urban residents. *Humanities and Social Sciences Communications*, v. 11, art. 1510, 2024.

EISENLOHR, P. V. *et al.* Flora fanerogâmica do campus da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais. *Revista Ceres*, v. 55, n. 4, 2008.

FERGUSON, Bruce K. Symbolic meanings of ordinary city streets and their trees. *Frontiers in Psychology*, v. 13, p. 1080025, 2023.

FERREIRA, Kacianni. **Psicologia das cores**. Wak, 2024.

FIALHO, R. F.; SANTOS, M. S. S. Arborização e vegetação dos campi universitários: estudo de caso da UFV. *Revista Brasileira de Arborização Urbana*, v. 17, n. 1, p. 1-20, 2022.

FIGUEIRÓ, C. G. F. *et al.* Análise da arborização de vias públicas do bairro de Ramos, Viçosa/MG. *Enciclopédia Biosfera*, v. 13, n. 24, 2016.

GERSTENBERG, T.; HOFMANN, M. (2016) *Perception and preference of trees: a psychological contribution to tree species selection in urban areas*. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 15, p. 103–111.

GERSTENBERG, T.; HOFMANN, M. Perception and preference of trees: A psychological contribution to tree species selection in urban areas. *Urban Forestry & Urban Greening*, v. 15, p. 103–111, 2016.

GRULKE, N. *et al.* Quantitative and qualitative approaches to assess tree vigor and stand health in dry pine forests. *Forest Ecology and Management*, v. 465, p. 118085, 2020.

HÄGERHÄLL, C. M. *et al.* Do Humans Really Prefer Semi-open Natural Landscapes? A Cross-Cultural Reappraisal. *Frontiers in Psychology*, v. 9, art. 822, 2018.

HUANG, G. Y. *et al.* Landscape quality evaluation on scenic and recreational forest of *Pinus tabulaeformis* in Beijing Xi Mountain. *Advanced Materials Research*, v. 518, p. 5281-5284, 2012.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades: Viçosa (MG). Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/vicosa/panorama>. Acesso em: 12 maio 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Censo Demográfico 2022: população e domicílios: primeiros resultados*. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv102011.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2025.

JACOBSEN, Thomas. Beauty and the brain: culture, history and individual differences in aesthetic appreciation. *Journal of anatomy*, v. 216, n. 2, p. 184-191, 2010.

JANG, Hye Sook *et al.* Human brain activity and emotional responses to plant color stimuli. *Color research & application*, v. 39, n. 3, p. 307-316, 2014.

JIA, H. *et al.* Exploring the relationship between forest scenic beauty with color index and ecological integrity: case study of Jiuzhaigou and Giant Panda National Park in Sichuan, China. *Forests*, v. 13, n. 11, p. 1883, 2022.

KAPLAN, R.; KAPLAN, S.; RYAN, R. L. *With people in mind: design and management of everyday nature*. Washington, D.C.: Island Press, 1998.

KAPLAN, Rachel; KAPLAN, Stephen; BROWN, Terry. Environmental preference: A comparison of four domains of predictors. *Environment and behavior*, v. 21, n. 5, p. 509-530, 1989.

KENDAL, D.; WILLIAMS, K. J. H.; WILLIAMS, N. S. G. Plant traits link people's plant preferences to the composition of their gardens. *Landscape and Urban Planning*, v. 105, p. 34-42, 2012.

LAVY, B. L.; ZAVER, E. Recovering the urban forest: The role of trees, tree culture, and place attachment before and after Hurricane Harvey. *Urban Forestry & Urban Greening*, v. 84, p. 127949, 2023.

LI, C. L.; SHEN, S. G.; DING, L. Evaluation of the winter landscape of the plant community of urban park green spaces based on the scenic beauty estimation method in Yangzhou, China. *PLoS ONE*, v. 15, n. 9, e0239849, 2020.

LI, Q. *et al.* Canopy gaps improve landscape aesthetic service by promoting autumn color-leaved tree species diversity and color-leaved patch properties in subalpine forests of southwestern China. *Forests*, v. 12, n. 2, p. 199, 2021.

LIU, Shuang *et al.* Landscape evaluation of a residential plant community based on the scenic beauty estimation method. **Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Smart Infrastructure and Construction**, v. 177, n. 2, p. 127-136, 2024.

LOHR, V. I.; PEARSON-MIMS, C. H. (2006) *Responses to scenes with spreading, rounded, and conical tree forms*. **Environment and Behavior**, v. 38, n. 5, p. 667-688.

LOHR, Virginia I.; PEARSON-MIMS, Caroline H. Responses to scenes with spreading, rounded, and conical tree forms. *Environment and Behavior*, v. 38, n. 5, p. 667-688, 2006.

LUNDBERG, P. *et al.* The effect of knowledge, species aesthetic appeal, familiarity and conservation need on willingness to donate. *Animal Conservation*, v. 22, n. 5, p. 432-443, 2019.

LUO, Y. *et al.* The relationship between the color landscape characteristics of autumn plant communities and public aesthetics in urban parks in Changsha, China. *Sustainability*, v. 15, n. 4, p. 3119, 2023.

MA, B.; H, RICHARD J.; XU, CHENGYANG. Effects of design proportion and distribution of color in urban and suburban green space planning to visual aesthetics quality. *Forests*, v. 11, n. 3, p. 278, 2020.

MAO, B.; GONG, L.; XU, C. Evaluating the scenic beauty of individual trees: A case study using a nonlinear model for a *Pinus tabulaeformis* scenic forest in Beijing, China. *Forests*, v. 6, n. 6, p. 1933-1948, 2015.

MARIA, Ana Cristina. Análise da expansão urbana e conflitos de uso da terra nas áreas rurais da zona sul de Viçosa-MG. Anais do XVI Simpósio Nacional de Geografia Urbana-XVI SIMPURB, v. 1, p. 3686-3701, 2019.

MARTINI, A.; BIONDI, D. Arborização urbana. In: CEMIG; UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. *Arborização urbana: pesquisa e prática*. Curitiba: UFPR/Cemig, 2022. p. 120-122.

MARTINI, Angeline; CANGUÇU, Josilene Aguiar. Qualidade da arborização viária do campus da Universidade Federal de Viçosa. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 2, p. 418-433, 2020.

MOTLOCH, John L. **Introduction to landscape design**. John Wiley & Sons, 2000.

MOURA, Thiago Allain Martins Siqueira; MARTINI, Angeline. INFLUÊNCIA DAS CORES E PADRÕES VISUAIS NA PERCEPÇÃO EMOCIONAL E ESTÉTICA DA FLORESTA URBANA. **GEOFRONTER**, v. 11, p. e9255-e9255, 2025.

MÜDERRISOĞLU, H. *et al.* Effects of colours and forms of trees on visual perceptions. *Pakistan Journal of Botany*, v. 41, n. 6, p. 2697-2710, 2009.

MUNDHER, R. *et al.* Aesthetic quality assessment of landscapes as a model for urban forest areas: A systematic literature review. *Forests*, v. 13, n. 7, p. 991, 2022.

MU, Yanxia *et al.* Implementation of the visual aesthetic quality of slope forest autumn color change into the configuration of tree species. *Scientific Reports*, v. 12, n. 1, p. 1034, 2022.

NASCIMENTO, Marco Antônio; CARDOSO, Hiohanes Moura; MARTINI, Angeline. PERCEPÇÃO DA POPULAÇÃO SOBRE ESPAÇOS ARBORIZADOS DE VIÇOSA-MG. **Geo UERJ**, n. 41, p. e44145-e44145, 2022.

NELSON, T. *et al.* Perception of tree canopy. *Journal of Environmental Psychology*, v. 21, n. 3, p. 315-324, 2001.

ODE, Å.; TVEIT, M. S.; FRY, G. Capturing landscape visual character using indicators: touching base with landscape aesthetic theory. *Landscape Research*, v. 33, n. 1, p. 89-117, 2008.

- PAN, X.; LIN, Q. Simulation and Optimization of the Scenic Beauty of Green Plants in the Landscape Design. In: *Cyber Security Intelligence and Analytics*. Springer International Publishing, 2020. p. 287-292.
- PEREZ-UDELL, Rachel A.; UDELL, Andrew T.; CHANG, Shu-Mei. An automated pipeline for supervised classification of petal color from citizen science photographs. **Applications in Plant Sciences**, v. 11, n. 1, p. e11505, 2023.
- PETROVA, Elena G. *et al.* Comparing the visual perception and aesthetic evaluation of natural landscapes in Russia and Japan: cultural and environmental factors. **Progress in Earth and Planetary Science**, v. 2, n. 1, p. 6, 2015.
- PONCET, Anna; VOGL, Christian R.; WECKERLE, Caroline S. Folkbotanical classification: morphological, ecological and utilitarian characterization of plants in the Napf region, Switzerland. **Journal of ethnobiology and ethnomedicine**, v. 11, n. 1, p. 13, 2015.
- RAHNEMA, S. *et al.* Preferences and emotion perceptions of ornamental plant species for green space designing among urban park users in Iran. *Urban Forestry & Urban Greening*, v. 39, p. 98-108, 2019.
- SADEK, M. El *et al.* Human emotional and psycho-physiological responses to plant color stimuli. *J. Food Agric. Environ*, v. 11, p. 1584-1591, 2013.
- SCHROEDER, H. W. Does beauty still matter? Experiential and utilitarian values of urban trees. In: *Trees, people and the built environment. Proceedings of the Urban Trees Research Conference*, Edgbaston, Birmingham, UK, 13–14 abr. 2011. Institute of Chartered Foresters, p. 159–165.
- SHE, Q. *et al.* Human preferences for flower colors: Evidence from large-scale image-based experiments. *Urban Forestry & Urban Greening*, v. 91, p. 127874, 2025.
- SILVA, Rita Rocha. "The Truth is Never Pure and Rarely Simple": Understanding the Role of Repetition and Processing Fluency on the Illusion of Truth Effect. 2014. Tese de Doutorado. Instituto Superior de Psicologia Aplicada (Portugal).
- SINGH, H. Importance of local names of some useful plants in ethnobotanical study. *Indian Journal of Traditional Knowledge*, v. 7, n. 3, p. 524–526, 2008.
- SOUZA MARIA, A. C.; DE ALMEIDA FARIA, T. C.; STEPHAN, I. I. C. Um retrato da evolução urbana de Viçosa-MG: impactos da federalização da UFV sobre a cidade (1969-2014). *Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento*, v. 3, n. 1, p. 37-54, 2015.
- STACHOVÀ, J. A. N. A.; ČERMÀK, DANIEL. Social perception of trees in the landscape: the connection between attitudes and visual preferences. *Journal of Landscape Ecology*, v. 16, n. 1, p. 66-87, 2023.
- SUZUKI, R.; SHIMODAIRA, H. Pvclust: an R package for assessing the uncertainty in hierarchical clustering. *Bioinformatics*, v. 22, n. 12, p. 1540-1542, 2006.
- SUZUKI, Ryota; SHIMODAIRA, Hidetoshi. Pvclust: an R package for assessing the uncertainty in hierarchical clustering. **Bioinformatics**, v. 22, n. 12, p. 1540-1542, 2006.

THOMAS-WALTERS, L.; RAIHANI, N. J. Supporting conservation: The roles of flagship species and identifiable victims. *Conservation Letters*, v. 10, n. 5, p. 581-587, 2017.

TUAN, Y.-F. *Topofilia: um estudo da percepção, atitudes e valores do meio ambiente*. Londrina: EDUEL, 2012.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. *UFV em números: ano-base 2023*. Viçosa: Pró-Reitoria de Planejamento e Orçamento, 2024. Disponível em: <https://ppo.ufv.br/wp-content/uploads/2024/07/UFV-em-numeros-ano-base-2023.pdf>

VAINIO, Kaisa *et al.* Do you have a tree friend?—Human–tree relationships in Finland. *People and Nature*, v. 6, n. 2, p. 646-659, 2024.

VAINIO, Kaisa Kristiina *et al.* Green companions: Affordances of human–tree relationships. *Ambio*, v. 54, n. 5, p. 850-868, 2025.

VALDEZ, Patricia; MEHRABIAN, Albert. Effects of color on emotions. *Journal of experimental psychology: General*, v. 123, n. 4, p. 394, 1994.

WU, Shaowei *et al.* Ecological Benefits and Plant Landscape Creation in Urban Parks: A Study of Nanhu Park, Hefei, China. *Sustainability*, v. 15, n. 24, p. 16553, 2023.

XU, W.; JIANG, B.; ZHAO, J. Effects of seasonality on visual aesthetic preference. *Landscape Research*, v. 47, n. 3, p. 388–399, 2022.

YANG, C. *et al.* Scenic beauty evaluation of forests with autumn-colored leaves from aerial and ground perspectives: a case study in Qixia Mountain in Nanjing, China. *Forests*, v. 14, n. 3, p. 542, 2023.

YANG, J.; WANG, X.-R.; ZHAO, Y. Leaf color attributes of urban colored-leaf plants. *Open Geosciences*, v. 14, n. 1, p. 1591-1605, 2022.

YIN, Yihan *et al.* Cooling benefits of urban tree canopy: a systematic review. *Sustainability*, v. 16, n. 12, p. 4955, 2024.

ZACCHI, Raquel Callegario. O espaço urbano da cidade capitalista: um estudo sobre o processo de verticalização da área central da cidade de Viçosa (MG)(1970-2007). *Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium*, v. 5, n. 2, p. 352-370, 2014.

ZHANG, L.; DEMPSEY, N.; CAMERON, R. Flowers – Sunshine for the soul! How does floral colour influence preference, feelings of relaxation and positive up-lift? *Urban Forestry & Urban Greening*, v. 79, p. 127795, 2023.

ZHANG, Z.-Y. *et al.* Scenic beauty estimation in four seasons of the forest belt along the Winter Olympics expressway. 2022.

ZHAO, J.; WANG, R.; MEITNER, M. J.; HU, Y.; XU, X. Characteristics of urban green spaces and their impact on preference and restorative potential. *Urban Forestry & Urban Greening*, v. 41, p. 6-13, 2019.

ZHAO, J.; XU, W.; LI, R. Visual preference of trees: The effects of tree attributes and seasons. *Urban Forestry & Urban Greening*, v. 25, p. 19–25, 2017.

ZHENG, Junming *et al.* Subjective preference and visual attention to the attributes of ornamental plants in urban green space: An eye-tracking study. *Forests*, v. 13, n. 11, p. 1871, 2022.

ZHUANG, J. *et al.* Effects of visual attributes of flower borders in urban vegetation landscapes on aesthetic preference and emotional perception. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 18, n. 17, p. 9318, 2021.

CAPÍTULO 3

**DINÂMICA FENOLÓGICA E ESTÉTICA DAS ÁRVORES URBANAS:
IMPLICAÇÕES PARA O PLANEJAMENTO PAISAGÍSTICO**

Resumo

A estética da vegetação urbana é influenciada por fatores sazonais, como floração, frutificação e perda de folhas. A dinâmica fenológica altera a aparência das árvores ao longo do tempo, funcionando como estímulo visual recorrente e contribuindo para o valor simbólico e afetivo da paisagem urbana. Este estudo investiga como os diferentes estágios do ciclo fenológico influenciam a valoração estética de árvores em ambientes urbanos, buscando integrar o fator temporal ao planejamento paisagístico. A pesquisa foi conduzida no campus da Universidade Federal de Viçosa (MG), com monitoramento quinzenal de 12 espécies ao longo de um ano, registrando-se suas fenofases e atributos visuais (cor das flores, forma da copa, densidade foliar e porte). As imagens foram avaliadas em um questionário online aplicado entre janeiro e abril de 2025, utilizando o método Scenic Beauty Estimation (SBE) para estimar a atratividade cênica de cada espécie. A metodologia proposta também foi testada por meio da comparação entre as pontuações obtidas por SBE e uma métrica baseada na soma dos atributos visuais associados às fenofases observadas em campo. Os resultados mostraram padrões distintos de flutuação estética. Espécies como *Ceiba speciosa*, *Handroanthus serratifolius*, *Handroanthus impetiginosus*, e *Erythrina mulungu* tiveram picos de atratividade associados à floração intensa e ausência de folhas, mas baixa valorização no restante do ano. Em contraste, espécies como *Lagerstroemia indica* e *Spathodea campanulata* mantiveram níveis de apreciação mais constantes devido à floração prolongada, enquanto *Moquilea tomentosa* e *Filicium decipiens*, uma estabilidade visual contínua, com copas densas e verdes ao longo do ano. A validação da metodologia indicou congruência significativa entre os modelos estimados e a percepção do público, embora com limitações para prever períodos de baixa atratividade. Conclui-se que a estética percebida das árvores urbanas está fortemente condicionada à sua fenologia. A incorporação dessas dinâmicas ao planejamento paisagístico pode contribuir para a criação de ambientes mais dinâmicos, simbólicos e esteticamente ricos, além de oferecer base para o desenvolvimento de modelos preditivos mais precisos de valoração estética.

Palavras-chave: Fenologia; Estética da paisagem; SBE; Percepção ambiental; Arborização urbana.

CHAPTER 3

**PHENOLOGICAL AND AESTHETIC DYNAMICS OF URBAN TREES:
IMPLICATIONS FOR LANDSCAPE PLANNING**

Abstract

The aesthetic perception of urban vegetation is influenced by seasonal factors such as flowering, fruiting, and leaf loss. Phenological dynamics alter the appearance of trees over

time, functioning as a recurring visual stimulus and contributing to the symbolic and emotional value of the urban landscape. This study investigates how different stages of the phenological cycle influence the perception of trees in urban environments, aiming to integrate the temporal factor into landscape planning. The research was conducted on the main campus of the Federal University of Viçosa (MG, Brazil), with biweekly monitoring of 12 tree species over one year. Phenophases of flowering, fruiting, and leafing were recorded, along with standardized photographs. These images were used in an online questionnaire applied between January and April 2025, in which visual attributes (flower color, crown shape, foliage density, and tree size) were evaluated separately. To quantify perceived aesthetics, the Scenic Beauty Estimation (SBE) method was used, with scores standardized using z-scores. Data were normalized and summed to estimate the monthly attractiveness of each species. The methodology's validity was tested by comparing these results with SBE scores of real images of *Handroanthus serratifolius* (ipê-amarelo) at different phenological stages. The results revealed distinct aesthetic variation patterns. Species such as *Ceiba speciosa*, *Handroanthus spp.*, and *Erythrina mulungu* showed concentrated aesthetic peaks associated with intense flowering and leaflessness, creating strong visual contrasts. In contrast, species like *Lagerstroemia indica* and *Spathodea campanulata* maintained more stable attractiveness due to prolonged blooming. Others, such as *Moquilea tomentosa* and *Filicium decipiens*, remained dense and green throughout the year. Fruiting also contributed to visual variation, especially in species with showy fruits or extended dispersal periods. The validation confirmed strong alignment between the estimated visual scores and public perception. It is concluded that perceived aesthetics in urban landscapes are strongly modulated by the phenological cycles of trees. Incorporating these aspects into landscape planning allows for the creation of dynamic, symbolic, and functionally enriched environments.

Keywords: Phenology; Landscape aesthetics; SBE; Environmental perception; Urban tree planting.

3.1 Introdução

A dinâmica fenológica das árvores influencia diretamente a composição da paisagem. Estágios como floração, frutificação e senescência alteram suas fisionomias, modificando a percepção humana dos espaços urbanos ao longo do tempo (Tarakçi *et al.*, 2017; Pórolniczak; Kolendowicz, 2023). Essas variações atuam como marcadores sazonais e elementos de valor estético. Compreender esses efeitos é essencial para o planejamento paisagístico, uma vez que a percepção positiva diante das variações fenológicas pode ampliar o reconhecimento da vegetação como parte funcional e dinâmica do ambiente urbano (Poje *et al.*, 2024).

A variação fenológica funciona como estímulo visual recorrente. Ambientes com mudanças visuais tendem a atrair mais atenção, onde espécies com floração marcante ou frutificação visível contribuem para a memória coletiva e valorização simbólica da paisagem (Kaplan, 1992; Hula *et al.*, 2016). Tais elementos não apenas embelezam, mas também

favorecem o senso de identidade e pertencimento ao espaço, sendo parte essencial dos chamados serviços ecossistêmicos culturais, como o bem-estar estético, o valor simbólico e o potencial educativo da vegetação urbana (Dushkova *et al.*, 2020).

Há, dentre as espécies utilizadas para o planejamento urbano, uma ampla diversidade nos padrões de duração e intensidade das suas fenofases. Enquanto algumas florescem e frutificam concentradas em curtos períodos, com alta expressividade visual, outras distribuem essas manifestações de maneira mais constante e prolongada (Ocokoljić *et al.*, 2023). Entender tais variações ornamentais para aplicá-las ao planejamento urbano favorece a criação de cenários mais ricos e contínuos, reduzindo a monotonia visual e promovendo uma experiência sensorial mais envolvente nos espaços públicos (Moya *et al.*, 2011; Zhu *et al.*, 2022).

A transferência de resultados da pesquisa sobre biodiversidade urbana em larga escala para o planejamento urbano permanece desafiadora (Norton *et al.*, 2016). A estética percebida não se limita aos ápices ornamentais, sendo construída também nas transições sazonais. Reconhecer o valor das diferentes etapas fenológicas é fundamental para composições paisagísticas mais completas, que reflitam a dinâmica natural das espécies.

Considerar a mutabilidade reforça a necessidade de compreender a vegetação como um elemento vivo, em constante diálogo com a percepção humana e com a paisagem urbana em transformação (Zhao *et al.*, 2017; Pórolniczak *et al.*, 2023). Desta forma, o objetivo desta pesquisa é avaliar a influência das diferentes fases do ciclo fenológico da valoração estética de espécies da paisagem urbana. De modo a inserir os padrões fenológicos na discussão paisagística, destacando seu papel na composição visual ao longo do tempo e seu potencial para qualificar cenários urbanos por meio de uma dinâmica sazonalmente estruturada.

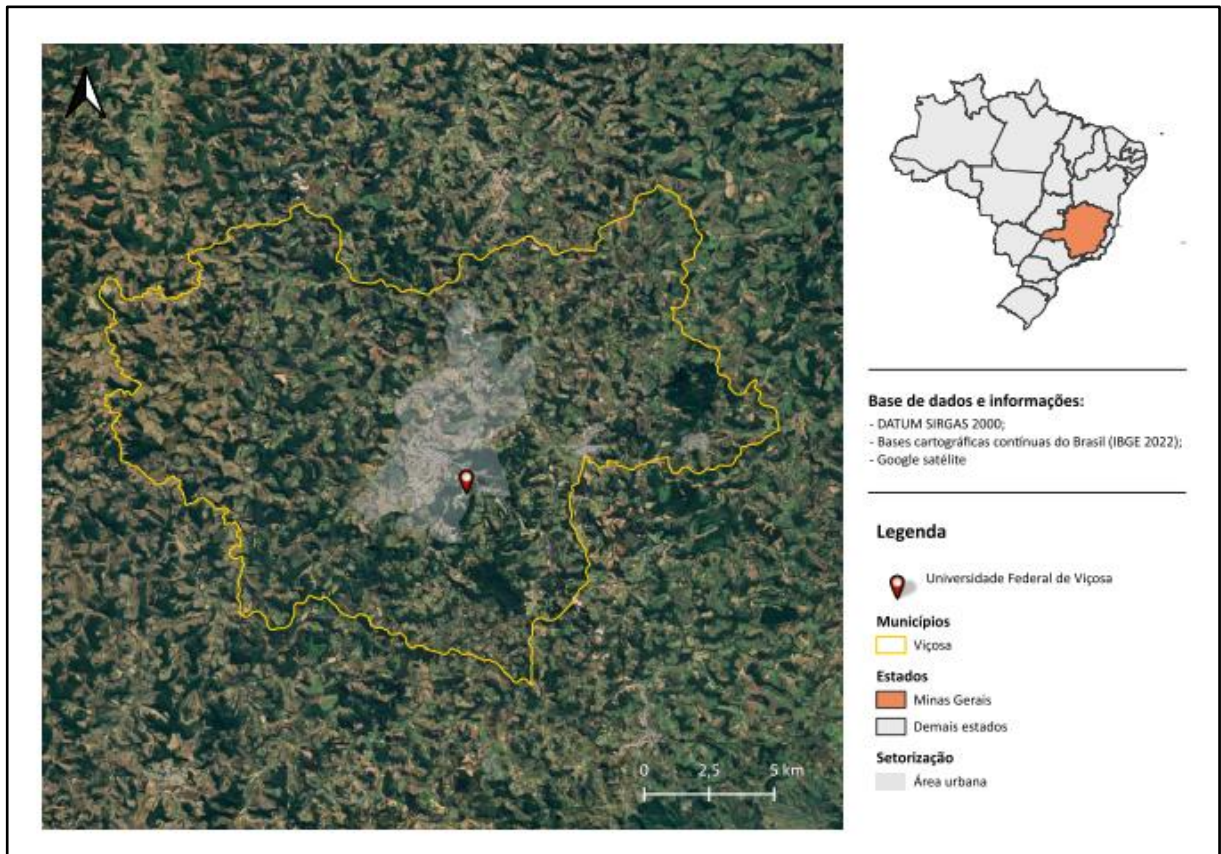
3.2 Metodologia

3.2.1 Área de Estudo e Seleção das Espécies

O estudo foi conduzido no campus principal da Universidade Federal de Viçosa (UFV), localizado no município de Viçosa, na região da Zona da Mata de Minas Gerais (20°45'14"S; 42°52'53"W), a uma altitude média de 648 metros. A área total do município é de 299,418 km² (IBGE, 2025) (Figura 3.1). O clima local é do tipo Cwa, segundo a classificação de Köppen, caracterizado por verões quentes e chuvosos e invernos secos e temperaturas amenas. A vegetação nativa da região pertence ao bioma Mata Atlântica;

contudo, o campus é predominantemente composto por áreas ajardinadas, com presença de espécies arbóreas nativas e exóticas comumente utilizadas em projetos de arborização urbana (Eisenlohr *et al.*, 2008; Fialho; Santos, 2022).

Figura 3.1 – Localização do município de Viçosa – Minas Gerais.



Fonte: Próprio autor (2025)

Foram selecionadas 12 espécies arbóreas frequentemente utilizadas no paisagismo com base em levantamento florístico realizado na cidade de Viçosa (Barbosa, 2021). A amostra foi composta pelas seguintes espécies: *Bauhinia forficata* Link (Pata-de-vaca), *Ceiba speciosa* (A.St.-Hil.) Ravenna (Paineira), *Cenostigma pluviosum* (DC.) Gagnon & G.P.Lewis (Sibipiruna), *Erythrina mulungu* Mart. (Mulungu), *Filicium decipiens* (Wight & Arn.) Thwaites (Felício), *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos (Ipê-roxo), *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.Grose (Ipê-amarelo), *Lagerstroemia indica* L. (Resedá), *Moquilea tomentosa* Benth. (Oiti), *Murraya paniculata* (L.) Jack (Murta), *Pleroma granulosum* (Desr.) D. Don (Quaresmeira) e *Spathodea campanulata* P. Beauv (Espatódea).

3.2.2 Coleta de dados

O monitoramento fenológico foi realizado quinzenalmente, entre fevereiro de 2024 e janeiro de 2025, por meio da observação direta de cinco indivíduos por espécie. As fenofases registradas incluíram foliação, floração e frutificação, anotadas em fichas de campo. Paralelamente, foram feitos registros fotográficos com câmera semiprofissional, seguindo protocolo padronizado (Luo *et al.*, 2023). As imagens buscaram documentar as plantas em plena floração, com destaque para a copa, além de detalhes das flores para representar a variação de cores entre as espécies (Vermelho, Violeta, Rosa, Branco e Amarelo). Também foram registradas diferentes formas de copa (Globosa, Elíptica, Flabeliforme e Informal), com base na diversidade de porte dos indivíduos selecionados, e variações na densidade foliar de um mesmo indivíduo ao longo do tempo (Copa densa, copa intermediária e copa rala).

Os registros fotográficos foram utilizados na elaboração de um questionário aplicado ao público, no qual cada atributo (cor da flor, forma da copa, porte e densidade foliar) foi avaliado de maneira isolada para estimar um valor de beleza cênica para cada espécie, menos a variável porte, onde optou-se por utilizar respostas diretas de preferência, uma vez que, na apresentação das imagens, não era possível garantir que o público conseguisse perceber com clareza comparativa a escala do tamanho das árvores. O questionário foi disponibilizado online entre janeiro e abril de 2025. A estrutura do instrumento incluiu sessões temáticas nas quais os participantes atribuíram notas, em escala de 1 a 5, para os atributos visuais que as compõem: coloração das flores, forma da copa, densidade foliar e separadamente uma seção para preferência de porte (pequeno, médio, grande).

Além da avaliação dos atributos individuais, o questionário incluiu uma seção específica com imagens representativas das 12 espécies analisadas, permitindo que os participantes atribuíssem notas também para a beleza cênica geral de cada uma.

Da mesma forma, a última sessão do questionário foi reservada para investigar como a mesma espécie (*H. serratifolius*) é vista em quatro momentos diferentes (Floração plena, com folhas, queda de folhas e ausência de folhas).

3.2.3 Processamento dos dados

O monitoramento fenológico foi sintetizado em um calendário quinzenal (Lima *et al.*, 2022), contemplando fenofases vegetativas e reprodutivas definidas a partir de Costa *et al.* (2021). As fenofases compreendem os principais estágios do ciclo anual das espécies,

permitindo registrar de forma padronizada as fases de crescimento foliar, floração e frutificação. O brotamento foliar marca o início do ciclo vegetativo, com emissão de folhas jovens de coloração mais clara. Folhas maduras correspondem ao estágio em que a copa já atingiu a expansão total, apresentando folhas completamente desenvolvidas e em plena atividade fotossintética. A abscisão foliar é caracterizada pela queda de folhas senescentes, perceptível pelo amarelamento, desprendimento e acúmulo no solo, enquanto a ausência de folhas representa o período de completa desfolha e repouso vegetativo. No período reprodutivo, botões florais indicam a formação inicial das estruturas reprodutivas, ainda fechadas; a antese compreende a abertura plena das flores e exposição dos órgãos reprodutivos; e a senescência floral corresponde ao murchamento das pétalas e início do desenvolvimento do ovário. A frutificação inicia-se com frutos imaturos, verdes e em crescimento, evoluindo para frutos maduros, com coloração e tamanho característicos e sementes viáveis, culminando em frutos em dispersão, quando ocorre a liberação espontânea de frutos ou sementes.

A diferenciação das espécies quanto às fenofases seguiu um padrão único para folha, flor e fruto, baseado na duração dos eventos registrados ao longo do monitoramento. Para a fenologia foliar, as espécies foram classificadas em decíduas, semidecíduas e perenes (Morellato *et al.*, 1989). No caso da floração e da frutificação, a classificação considerou a extensão temporal de cada evento, sendo definidos como de curta duração os períodos de até dois meses, como intermediários aqueles de três a quatro meses e como prolongados os superiores a aproximadamente sete meses. Esse enquadramento foi estabelecido a partir das observações quinzenais realizadas em todo o período de monitoramento fenológico.

Para transformar os julgamentos subjetivos obtidos nos questionários em valores comparáveis entre si, foi adotado o método *Scenic Beauty Estimation* (SBE), conforme descrito por Daniel e Boster (1976). Como diferentes avaliadores podem utilizar a escala de forma distinta, as notas atribuídas por cada participante foram padronizadas individualmente por meio do cálculo da pontuação Z. Esse procedimento ajusta as respostas com base na média e no desvio padrão de cada conjunto individual de avaliações, colocando todos os participantes em uma mesma escala de referência (Daniel e Boster, 1976; Brown *et al.*, 1990). Dessa forma, o julgamento de cada avaliador é relativizado em relação à sua própria tendência de avaliação. A média das pontuações atribuídas a cada imagem forneceu o valor final de SBE, representando o grau de beleza percebida de forma comparável dentro do conjunto avaliado.

Com base nas médias de SBE obtidas e na distribuição das preferências declaradas no questionário, os atributos estéticos foram normalizados em uma escala de 0 a 5 utilizando a técnica de min-max *scaling* (Wang *et al.*, 2024), a fim de garantir proporcionalidade e permitir comparações diretas entre variáveis de diferentes naturezas.

Para estimar a variação estética dos indivíduos, os valores dos atributos visuais foram somados conforme sua presença em cada quinzena do ciclo fenológico. Os atributos considerados foram: (1) forma da copa e porte, mantidos como constantes ao longo do ano; e (2) densidade foliar e cor das flores, variáveis de acordo com a leitura das anotações quinzenais feitas em campo referente à fenologia.

A soma ponderada desses valores resultou em uma pontuação estimada da valoração estética para cada espécie, quinzena a quinzena. Em seguida, os valores atribuídos a cada fenofase foram associados ao calendário fenológico das demais espécies, permitindo a construção de gráficos de flutuação da atratividade visual ao longo do ano, de acordo com a dinâmica fenológica de cada espécie conforme proposto por Daniel e Boster (1976).

Para validar a metodologia proposta de estimativa da atratividade visual ao longo do ano, foi realizada uma comparação entre os valores obtidos pela soma dos atributos estéticos e os valores empíricos obtidos diretamente pelo método *Scenic Beauty Estimation* (SBE). Para isso, foram selecionadas as pontuações das quatro imagens representativas de um mesmo indivíduo de *Handroanthus serratifolius* (ipê-amarelo), cada uma correspondendo a um estágio fenológico distinto: (1) com folhas adultas, (2) em queda de folhas, (3) sem folhas e (4) em floração plena.

Os valores da soma dos atributos visuais estimados para essas mesmas fases foram extraídos do banco de dados fenológico da espécie. A comparação entre ambas as abordagens permitiu avaliar a correspondência entre os dois métodos, verificando se a métrica baseada em atributos visuais seria capaz de refletir a percepção estética expressa diretamente pelos participantes.

As análises estatísticas foram realizadas no software Python, em ambiente Google Colab. Para verificar a consistência entre os valores de atratividade estética estimada e as pontuações obtidas por meio da técnica de *Scenic Beauty Estimation* (SBE), foram aplicadas correlações de Spearman entre as pontuações de SBE atribuídos mensalmente às espécies e os valores compostos resultantes da soma ponderada dos atributos visuais.

Optou-se pelo coeficiente de Spearman por se tratar de um teste não paramétrico, adequado para avaliar associações monotônicas entre variáveis, sem pressupor distribuição normal dos dados ou relação linear direta (Statistics, 2012).

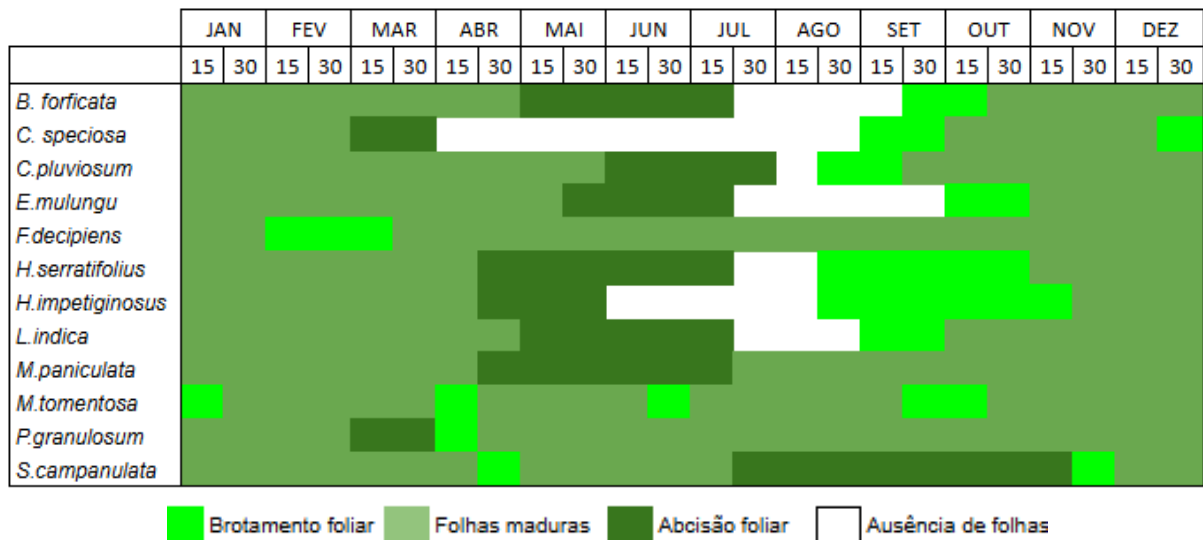
3.3 Resultados

3.3.1 Fenologia das espécies

3.3.1.1 Foliação

A perda foliar ocorreu majoritariamente no inverno, variando em duração e intensidade entre as espécies analisadas. Algumas espécies comportaram-se com abscisão e ausência de folhas da copa por longos períodos, enquanto outras exibiram apenas perda de folhas parcial. Já a brotação de novas folhas da maioria das espécies sincronizou com o início da primavera em meados de setembro (Figura 3.2).

Figura 3.2 – Fenofases vegetativas das doze espécies monitoradas ao longo do ano em Viçosa-MG.



Fonte: Próprio autor (2025)

Com base no padrão observado, as espécies foram divididas em três grupos principais: aquelas que perdem completamente as folhas, as que apresentam queda parcial e as perenes.

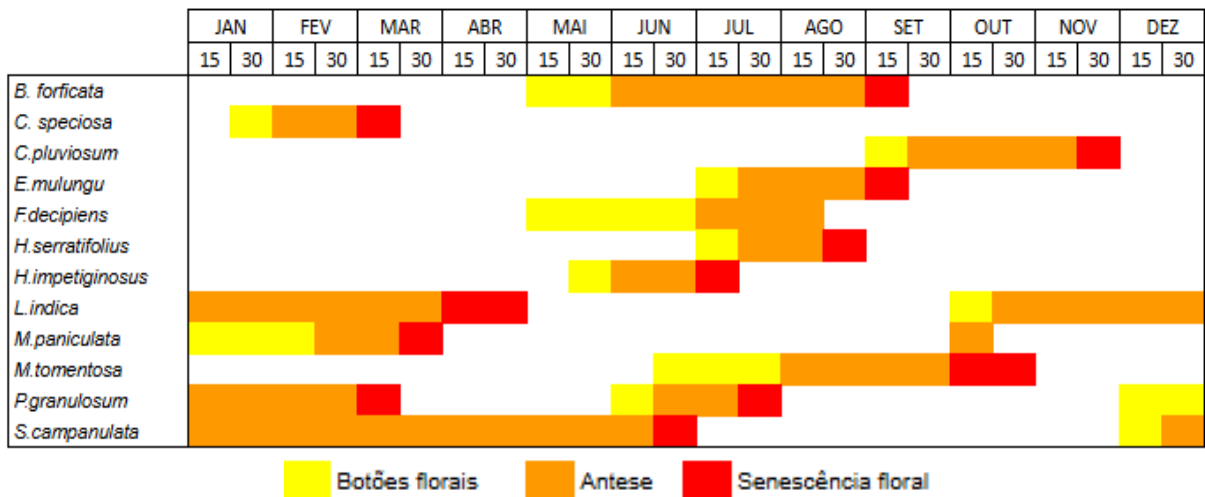
No primeiro grupo, destacam-se *C. speciosa* (perdeu a copa de abril a agosto, cinco meses), *H. impetiginosus* e *E. mulungu* (2,5 meses), *B. forficata* (2 meses), *L. indica* (1,5 mês), *H. serratifolius* (1 mês) e *C. pluviosum* (menos de um mês).

O segundo grupo inclui *M. paniculata*, que desfolhou de abril a julho (três meses), *S. campanulata*, de julho a novembro (quatro meses), e *P. granulosum*, com queda concentrada em março. Por fim, no terceiro grupo, *F. decipiens* e *M. tomentosa* mantiveram folhagem densa ao longo de todo o ano.

3.3.1.2 Floração

A duração e a intensidade da floração são variáveis fundamentais na construção da atratividade visual de espécies em ambientes urbanos. Algumas espécies concentram seu florescimento em curtos períodos, enquanto outras prolongam a emissão de flores por várias semanas ou até meses (Figura 3.3).

Figura 3.3 – Representação do ciclo reprodutivo (floração) das doze espécies ao longo do ano.



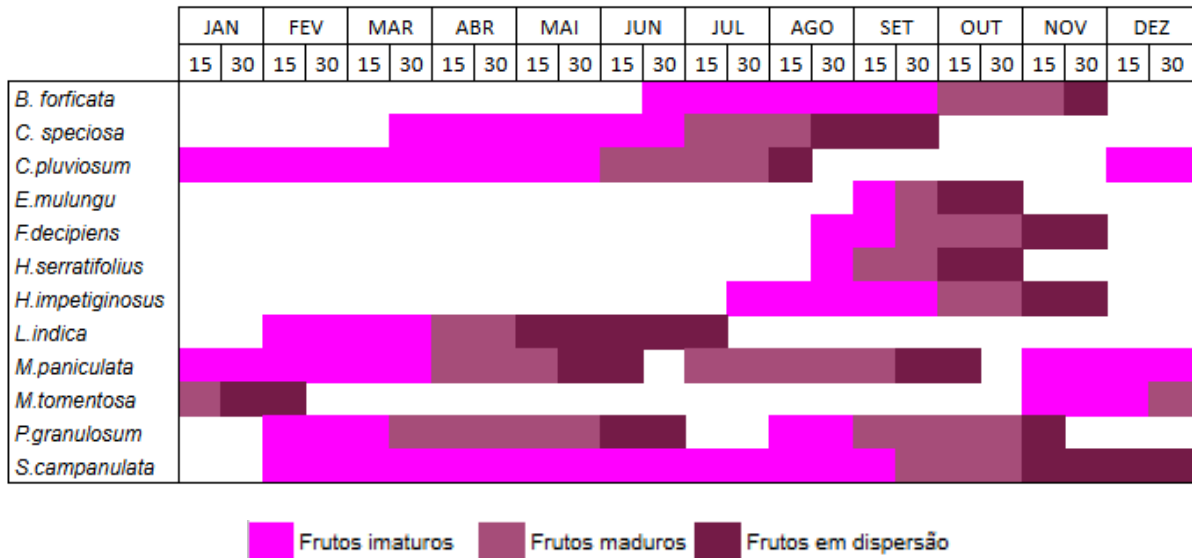
Fonte: Próprio autor (2025)

As espécies podem ser agrupadas conforme a duração de sua janela floral. *C. speciosa*, *H. serratifolius*, *H. impetiginosus* e *E. mulungu* concentram sua floração em períodos curtos, de até dois meses, geralmente coincidindo com a ausência de folhas. *B. forficata*, *C. pluviosum*, *F. decipiens* e *M. tomentosa* apresentam janelas florais intermediárias, de três a quatro meses, embora *F. decipiens* e *M. tomentosa* exibam flores inconspícuas. *L. indica* e *S. campanulata* destacam-se por uma floração prolongada, de cerca de sete meses, assegurando presença contínua na paisagem; por fim, *M. paniculata* e *P. granulosum* seguem um padrão bimodal, com dois picos de floração em momentos distintos do ano, ampliando os destaques visuais em diferentes estações.

3.3.1.3 Frutificação

A frutificação das espécies analisadas variou amplamente ao longo do ano. Essa dinâmica influencia a paisagem urbana de forma complementar à floração, uma vez que frutos visíveis ou a queda deles ao solo também modificam o aspecto estético e funcional das paisagens (Figura 3.4).

Figura 3.4 – Representação do ciclo reprodutivo (frutificação) das doze espécies ao longo do ano.



Fonte: Próprio autor (2025)

As espécies podem ser agrupadas conforme a duração da fase de maturação e o padrão de dispersão dos frutos. *C. speciosa* amadureceu de março a agosto (cinco meses) e dispersou em agosto-setembro; *C. pluviosum* manteve frutos imaturos de dezembro a julho, mas dispersou brevemente em agosto; *L. indica* amadureceu de fevereiro a abril, com dispersão prolongada de maio a julho; *S. campanulata* frutificou quase continuamente ao longo do ano, dispersando em novembro e dezembro; *M. paniculata* apresentou frutificação intermitente, com dois picos de dispersão em maio-junho e setembro-outubro; *E. mulungu* e *H. serratifolius* dispersaram seus frutos em outubro; *H. impetiginosus* e *B. forficata* liberaram sementes em novembro após longo período de frutos imaturos; *F. decipiens* dispersou em novembro, enquanto *M. tomentosa* o fez no início de fevereiro; por fim, *P. granulosum* seguiu padrão bimodal, com dispersão em junho e novamente entre outubro e novembro.

3.3.2 Flutuação da valoração estética ao longo do ano

A partir do calendário fenológico foi atribuída a cada quinzena, a somatória da pontuação dos atributos estéticos obtidos por meio do questionário (Tabela 3.1).

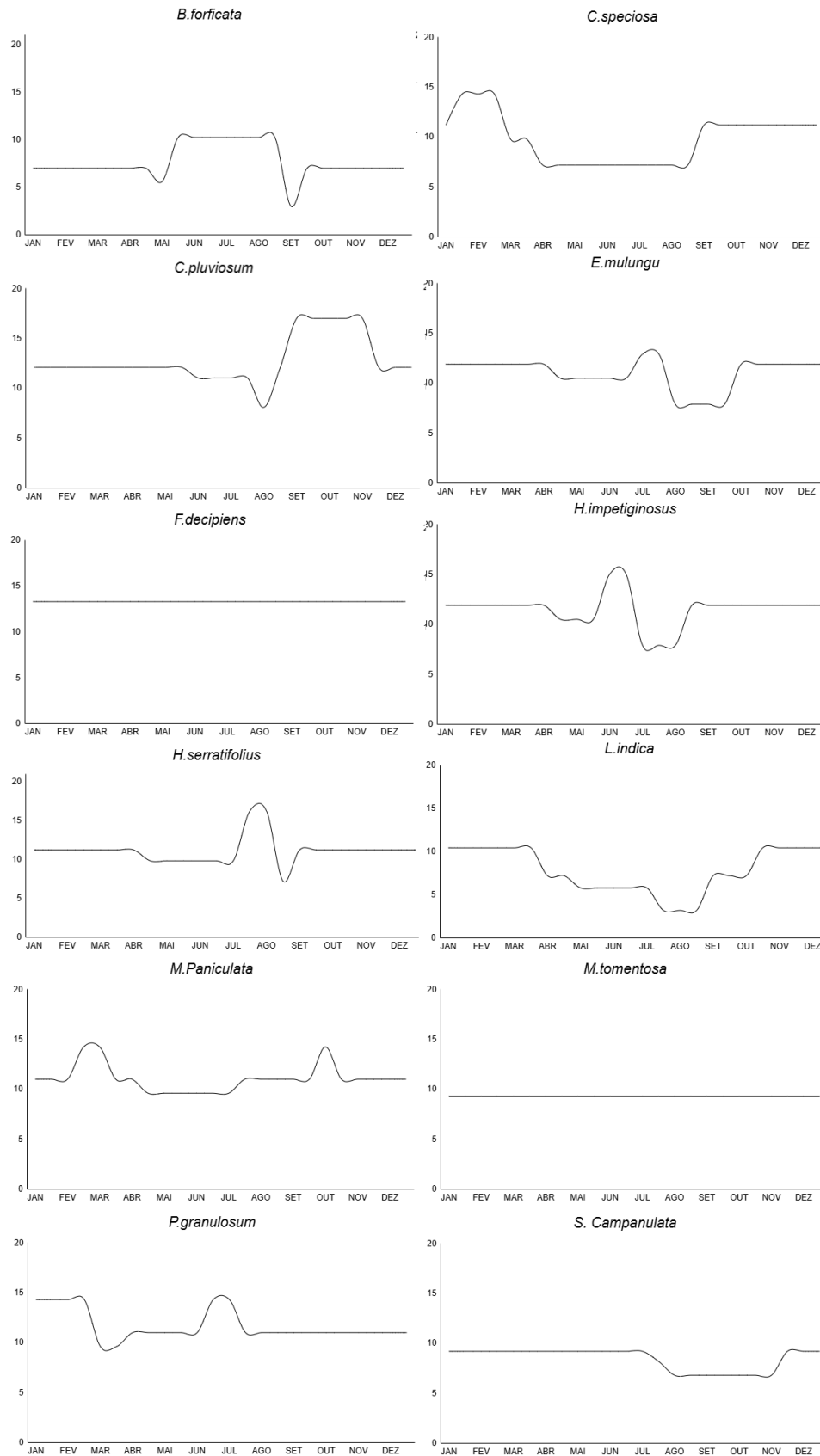
Tabela 3.1 – Pontuação dos atributos estéticos conforme resultado do questionário.

Seção	Categoria	SBE	(1-5)
Cor da flor	Vermelho	-1,060	1
	Rosa	3,552	3,11
	Branco	3,800	3,23
	Violeta	3,932	3,29
	Amarelo	7,673	5
Forma da copa	Circular	-9,174	1
	Irregular	-8,422	1,41
	Flabeliforme	-6,423	2,54
	Elíptica	2,020	5
Densidade	Rala	-1,646	1
	Média	-8,788	3,93
	Densa	2,157	5
Seção	Categoria	Preferência da população (%)	(1-5)
Porte	Pequeno	0,05	1
	Médio	22,9	2
	Grande	76,8	5

Fonte: Próprio autor (2025)

A variação da soma dos atributos estéticos de cada espécie, ao longo do ano, revelou padrões distintos entre as espécies avaliadas (Figura 3.5). De maneira geral, foi possível observar dois comportamentos principais: espécies com picos concentrados de valorização estética, em função da floração intensa e espécies com atratividade mais constante, embora menos impactante visualmente.

Figura 3.5 – Variação da atratividade estética estimada para cada uma das espécies analisadas, ao longo do monitoramento fenológico em Viçosa-MG.



Fonte: Próprio autor (2025)

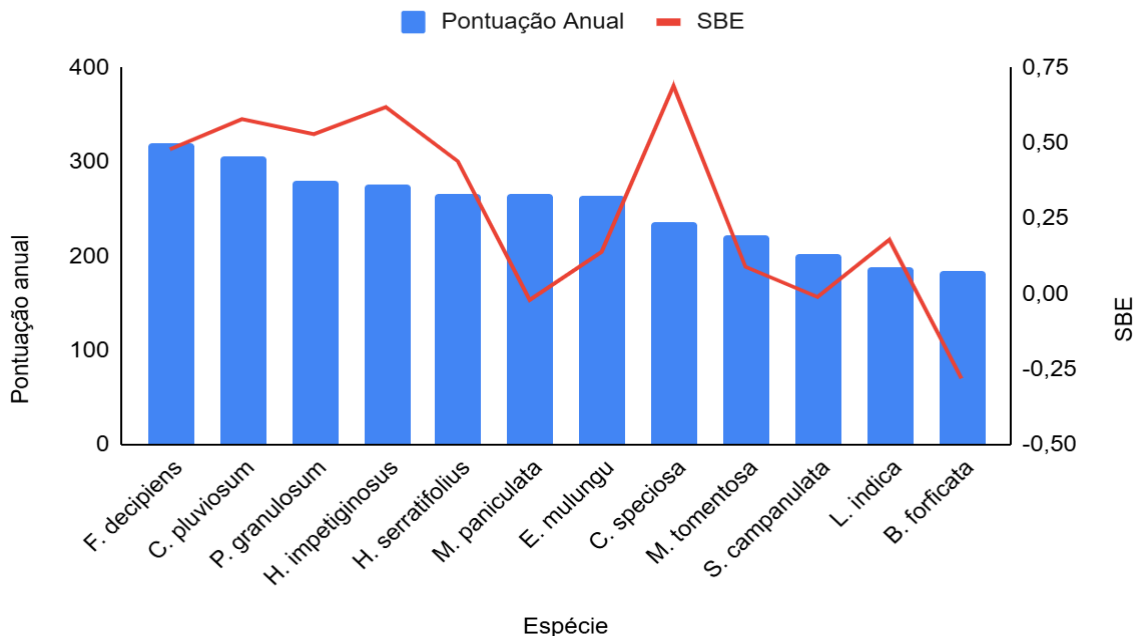
P. granulosum e *M. paniculata* destacaram-se por dois períodos distintos com maior valoração estética: janeiro/março e outro em junho/julho para *P. granulosum* e fevereiro/março e outro em outubro para *M. paniculata*. Tais espécies contribuem para momentos de destaque visual e podem ser estratégicas no planejamento de pontos focais ao longo do ano.

As espécies *B. forficata*, *L. indica*, *S. campanulata*, e *C. pluviosum* obtiveram valoração estética mais constante ao longo dos meses, com valores maiores no período de floração e menores na ausência de flores.

M. tomentosa e *F. decipiens* permanecem com valores constantes ao longo do ano, refletindo seu caráter perenifólio e ausência de florada ornamental marcante. Estas espécies, apesar de menos atrativas visualmente, são importantes para garantir continuidade estética na paisagem.

A comparação entre a ordem das espécies com base na pontuação média de beleza cênica (SBE) e aquela derivada da pontuação anual revelou uma mudança na hierarquia estética das espécies analisadas (Figura 3.6).

Figura 3.6 – Pontuação anual e estimativa média de beleza cênica (SBE) das doze espécies avaliadas.



Fonte: Próprio autor (2025)

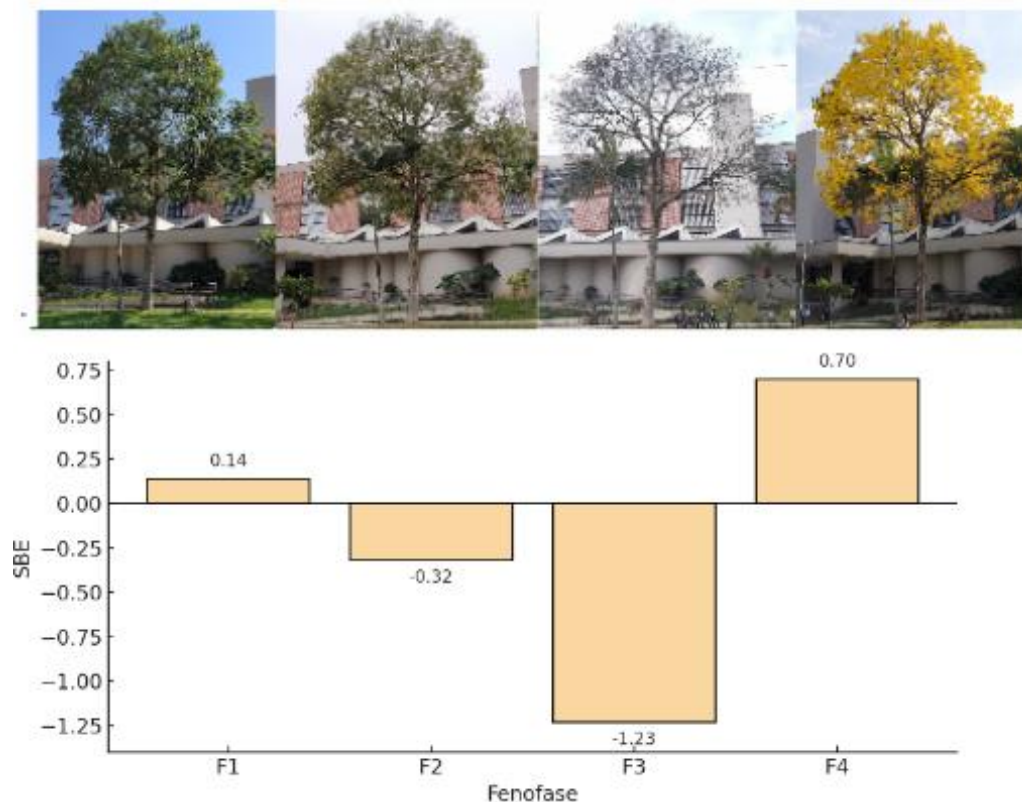
Enquanto os valores de SBE das espécies refletem a percepção estética de imagens pontuais associadas a momentos de maior destaque visual, a pontuação anual integra a frequência e consistência dessas avaliações positivas ao longo do ciclo fenológico. Com isso, espécies como *C. speciosa*, que ocupava a 1ª posição quando considerada apenas por seu pico estético (SBE = 0,69), passaram a figurar entre as últimas colocações (8ª).

Por outro lado, *C. pluviosum* (4ª colocada em SBE), *F. decipiens* (5ª colocada) e *P. granulosum* (3ª colocada) emergem como espécies particularmente relevantes não apenas por seus altos valores médios de beleza cênica, mas sobretudo por manterem atributos estéticos valorizados ao longo de períodos mais amplos do ano.

3.3.3 Validação da metodologia aplicada

A beleza cênica estimada (SBE) de *H. serratifolius* variou significativamente ao longo das fenofases, com a floração intensa se destacando como o momento de maior valorização visual e a fase sem folhas como a de menor apreciação (Figura 3.7).

Figura 3.7 – Variação da beleza cênica (SBE) da espécie *H. serratifolius* ao longo de quatro fenofases distintas.

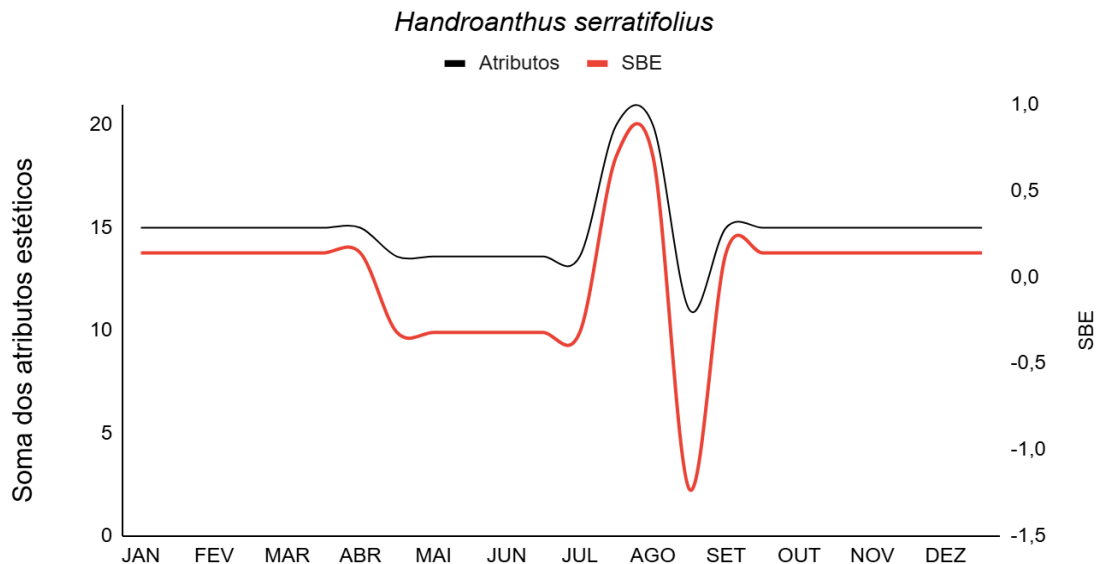


Fonte: Próprio autor (2025)

Durante o auge da floração, *H. serratifolius* se tornou um ponto focal na paisagem, com alta valorização estética (SBE: 0,70). Após esse período, à medida que a árvore retorna à folhagem verde comum, há uma queda nas avaliações, sendo a fase sem folhas a menos valorizada (SBE: -1,23) e, numericamente, maior do que a fase florida.

A congruência entre as curvas da pontuação SBE e a soma de atributos para as variações sazonais de *H. serratifolius* reforçam a validade da metodologia de valorização estética como uma estimativa objetiva alinhada à percepção do público. Ainda que exista correlação entre fenofase e estética, há dificuldade em prever com a mesma intensidade os períodos de menor apreciação (Figura 3.8).

Figura 3.8 – Variação mensal do SBE. e da soma dos atributos estéticos para *Handroanthus serratifolius* (Ipê-amarelo).



Fonte: Próprio autor (2025)

3.4 Discussão

3.4.1 Fenologia das espécies

3.4.1.1 Foliação

A variação nos padrões de queda foliar entre as espécies influencia diretamente a composição visual e funcional da paisagem urbana ao longo do ano. Enquanto a desfolha total reforça o dinamismo estacional e intensifica o impacto de eventos fenológicos como a

floração, a manutenção da folhagem contribui para a estabilidade cênica e a continuidade dos serviços ecossistêmicos. Espécies como *C. speciosa*, *H. impetiginosus*, *E. mulungu* e *B. forficata* apresentaram comportamento marcadamente decíduo.

A ausência prolongada de folhas pode conferir à paisagem um caráter mais escultural e expressivo, ao revelar o traçado dos galhos e destacar a estrutura da copa. Quando esse padrão coincide com a floração, o contraste entre ramos expostos e cores vibrantes potencializa o impacto visual e a atratividade da cena. Contudo, na ausência de elementos ornamentais expressivos, a perda acentuada da folhagem pode produzir uma percepção de vazio ou abandono, atenuando o valor estético e simbólico do ambiente (Kaplan; Kaplan, 1989).

Por outro lado, espécies como *F. decipiens* e *M. tomentosa*, que mantiveram a copa densa ao longo de todo o ano, contribuem para a regulação térmica, proteção contra radiação solar e redução do desconforto ambiental (Gillerot *et al.*, 2022). A manutenção da copa verde contribui para uma percepção de permanência e continuidade espacial. A presença constante das folhas colabora para o conforto visual e manutenção da estrutura paisagística ao longo do ano (Nelson *et al.*, 2001; Hofmann *et al.*, 2017). Além dos benefícios estéticos, a folhagem persistente também reforça a funcionalidade ecológica da arborização, oferecendo abrigo à fauna urbana, atuando como barreira visual e acústica e favorecendo a biodiversidade (Watts *et al.*, 2011; Berthon *et al.*, 2021).

A coexistência entre espécies decíduas e sempre-verdes, portanto, é fundamental para a diversidade visual e funcional da paisagem urbana. Essa alternância entre variação e estabilidade cria ritmos sazonais perceptíveis, que enriquecem a experiência estética e reforçam a resiliência ecológica dos espaços arborizados (Xu *et al.*, 2022). Enquanto as espécies decíduas intensificam a dinâmica visual e marcam o tempo com contrastes expressivos, as sempre-verdes asseguram continuidade, conforto e equilíbrio ao longo do ano (Nelson *et al.*, 2001; Hofmann *et al.*, 2017). Assim, a combinação de diferentes padrões fenológicos favorece paisagens urbanas mais atraentes, equilibradas e ecologicamente integradas.

3.4.1.2 *Floração*

Espécies com floração intensa e concentrada em períodos específicos, como *C. speciosa*, *H. serratifolius*, *H. impetiginosus*, *E. mulungu*, funcionam como verdadeiros rituais na paisagem urbana, sendo facilmente reconhecidas e aguardadas pela população (Wang *et*

al., 2017; Nagai *et al.*, 2019). Esses eventos fenológicos reforçam a memória afetiva e a percepção das estações. Casos como os jacarandás de Pretória, conhecida como “cidade do jacarandá”, ilustram como árvores floridas podem tornar-se ícones urbanos, incorporando-se à cultura local e fortalecendo vínculos emocionais com o ambiente (Vollenhoven *et al.*, 2020).

Além do valor simbólico e afetivo associado à floração, seu impacto estético também se manifesta na forma como as cores, volumes e contrastes se integram à estrutura da árvore e à paisagem. O contraste gerado pela perda de folhas pode destacar a coloração das flores e a arquitetura dos galhos, ampliando o efeito cênico da paisagem (Özgüner *et al.*, 2007). Espécies como *C. speciosa* e *Handroanthus* spp. são exemplos desse efeito. O dinamismo proporcionado pelas mudanças fenológicas é percebido como uma riqueza estética ao longo do ano, especialmente quando há alternância entre períodos de copa cheia, floração e desfolha (Jorgensen *et al.*, 2007).

Das espécies que florescem por períodos de três a quatro meses (*B. forficata*, *F. decipiens*, *M. tomentosa* e *C. pluviosum*) aquelas com floração inconspícua, como *F. decipiens* e *M. tomentosa*, tendem a passar despercebidas. Conforme apontam Kaplan, Kaplan e Ryan (1998), a atenção do observador se concentra em elementos visualmente destacados e facilmente interpretáveis. Dessa forma, ainda que biologicamente relevantes, atributos florais discretos podem ter baixa contribuição para a valoração estética.

Essa relação entre visibilidade e apreço estético também se manifesta em uma escala mais ampla, no modo como o público interpreta e valoriza a expressão da biodiversidade urbana. Como sugere Nassauer (1995), paisagens com alta legibilidade visual e sinais evidentes de cuidado humano ou de uma beleza ordenada são geralmente mais apreciadas. Nesse contexto, a expressividade das flores na composição visual da árvore torna-se um elemento central na construção da preferência estética, atuando como um possível “sinal de cuidado” que favorece a aceitação pública de paisagens mais naturalizadas.

A visibilidade, contudo, não se expressa apenas pela presença de elementos marcantes, mas também pela ausência de outros, como a perda de folhas, que intensifica contrastes e revela novas formas. Os indivíduos de *B. forficata*, por exemplo, perderam parte da folhagem durante a floração, o que acentua o contraste visual entre flores e galhos expostos, destacando-se mais facilmente na paisagem (Xu *et al.*, 2022). Embora flores brancas nem sempre figurem entre as mais valorizadas do ponto de vista estético (Zhang *et al.*, 2023), sua disposição durante o período de desfolha aumenta a legibilidade da espécie nesse momento.

Enquanto esse tipo de visibilidade está associado a um impacto momentâneo e sazonal, outras espécies expressam valor estético por meio da constância e da duração prolongada da floração. *Lagerstroemia indica* e *S. campanulata*, por sua vez, destacam-se pela longa duração da floração, que se estende por cerca de sete meses ao longo do ano. A distribuição temporal extensa de um recurso estético, contudo, pode reduzir o impacto visual das espécies, especialmente quando associada a cores menos vibrantes. Por outra ótica, floradas prolongadas contribuem para o bem-estar cotidiano, uma vez que a presença constante de flores pode reforçar laços afetivos e sensação de familiaridade com o ambiente (Zhang *et al.*, 2023). *Cenostigma pluviosum*, em contraste, apresenta um equilíbrio interessante: suas inflorescências amarelas, de duração intermediária, mantêm-se perceptíveis por cerca de dois meses.

Além da duração e da intensidade, o momento em que a floração ocorre também influencia a forma como o público percebe e se relaciona com o ambiente. Espécies como *L. indica* encerram sua florada em sincronia com estações de período seco e retomam com estações de retorno das chuvas. Esse tipo de associação intuitiva entre fenômenos naturais e padrões vegetativos facilita a leitura ecológica do espaço pelos usuários, criando um elo entre vegetação e conforto climático (Zhang *et al.*, 2022).

De modo complementar, outras espécies contribuem para essa conexão temporal de forma mais sutil e contínua. Espécies como *P. granulosum* e *M. paniculata*, embora apresentem floração bianual menos marcada por mudanças sazonais, também contribuem para esse processo. Sua recorrência floral em diferentes momentos do ano oferece estímulos visuais que podem ser percebidos por quem convive diariamente com a vegetação, promovendo um tipo de ritualização mais sutil, ligada à familiaridade e à presença constante no cotidiano. (Hohm *et al.*, 2024; Dümpelman *et al.*, 2025)

Dessa maneira, a floração exerce um papel relevante não apenas na dinâmica fenológica das espécies, mas também na construção da estética da paisagem urbana, funcionando como indicador visual de sazonalidade, ordenamento e cuidado (Poje *et al.*, 2024).

3.4.1.3 Frutificação

A diferenciação entre espécies de frutificação prolongada e aquelas de frutificação pontual é útil tanto para fins paisagísticos quanto ecológicos. Espécies de dispersão longa

oferecem alimento por mais tempo à fauna urbana, ao contrário das de frutificação breve (Alvey *et al.*, 2006; Lorenzi, 2020).

A frutificação pode criar eventos paisagísticos marcantes, desde que os frutos sejam visíveis ou causem efeitos perceptíveis (queda sonora, acúmulo de sementes, mudança de coloração). Contudo, também podem exigir ações rápidas de manejo, como varrição, caso os frutos causem sujeira ou risco de escorregamento (Kirkpatrick *et al.*, 2013; Shackleton *et al.*, 2017).

Assim como na floração, uma composição variada de espécies com frutificação breve e prolongada permite manter a paisagem dinâmica. Tal planejamento favorece tanto o embelezamento sazonal quanto a oferta de serviços ecossistêmicos, como alimentação para fauna e educação ambiental (Livesley *et al.*, 2016; Mao *et al.*, 2023). Apesar dos benefícios, os frutos podem ser mal vistos se gerarem sujeira, cheiro ou atração de animais indesejados (Shackleton *et al.*, 2017).

Saber sobre o apelo estético dos frutos de uma espécie pode ser tão importante quanto a floração. A espécie *C. speciosa*, por exemplo, popularmente conhecida como paineira, cobre-se de painas brancas quando ocorre a abertura dos frutos (Lorenzi, 2020), criando a aparência de uma floração branca.

Além desse efeito visual, frutos e flores atuam como importante recurso para a fauna, atraindo aves e insetos que enriquecem a experiência paisagística (Graviola *et al.*, 2024). Nesse contexto, o avistamento de animais integra a estética da biodiversidade percebida. Tanto a floração quanto a frutificação de espécies.

Assim, compreender a duração, o padrão e os efeitos visuais e funcionais da frutificação é essencial para o manejo integrado da arborização urbana. A seleção de espécies deve considerar não apenas a estética associada à presença ou ausência de frutos, mas também os impactos sobre a fauna, o ambiente construído e a percepção pública.

3.4.2 Flutuação da valoração estética ao longo do ano

Curvas de flutuação estética breves e intensas como as de *C. speciosa*, *H. impetiginosus*, e *H. serratifolius*, geram impacto visual imediato e são percebidas como eventos marcantes, funcionando quase como “explosões de cor” que capturam a atenção. Por outro lado, curvas mais prolongadas como as de *B. forficata*, *L. indica*, *S. campanulata*, e *C. pluviosum* asseguram uma atratividade estética constante, oferecendo uma beleza duradoura, ainda que com menor apelo de surpresa ou contraste (Ito *et al.*, 2024; Walters *et al.*, 2025).

A estética sazonal é influenciada tanto pela intensidade quanto pela previsibilidade. Segundo Mu *et al.* (2022), floradas concentradas podem desencadear eventos simbólicos e culturais, como festivais com potencial para educação ambiental e turismo. Um evento pontual pode gerar memória afetiva, como “a época do ipê”, enquanto uma florada constante tende a se integrar ao cenário cotidiano (Moriuchi *et al.*, 2019; Tabatabaie *et al.*, 2023).

Quando a floração coincide com a perda de folhas, o contraste entre flores e galhos despidos amplifica o impacto escultural (Mu *et al.*, 2022). As quatro espécies *C. speciosa*, *H. impetiginosus*, *H. serratifolius* e *E. mulungu* são exemplos de como esse contraste entre ausência de folhas e cor vibrante gera um efeito que pode ser utilizado estrategicamente na paisagem, especialmente quando representados por copas flabeliformes.

Diferentemente de cores vibrantes que capturam a atenção imediata, o verde, presente sem interrupções em espécies como *M. tomentosa* e *F. decipiens*, característica principal dessas espécies, promove relaxamento e restauração mental (Jang *et al.*, 2014). A presença contínua do verde em ambientes urbanos tem sido associada à melhora da saúde mental e à redução do estresse (Zheng *et al.*, 2022). Além dos benefícios psicológicos, as árvores perenes contribuem para a melhoria do microclima urbano, oferecendo sombra, reduzindo a temperatura ambiente e servindo de abrigo para a fauna local.

A mudança de perspectiva da colocação das espécies após a soma da pontuação estética anual evidencia que a atratividade paisagística de uma árvore não pode ser medida apenas por seus momentos de maior impacto visual, mas também pela sua capacidade de sustentar elementos valorizados ao longo do tempo, o que é especialmente importante para a construção de paisagens urbanas visualmente dinâmicas (Xu *et al.*, 2022).

A trajetória da flutuação estética de *C. speciosa* ao longo do ano revela um padrão altamente concentrado. A espécie obteve seus maiores índices em apenas três quinzenas consecutivas, indicando um pico estético intenso, porém breve. Fora desse intervalo, os valores caem gradativamente, permanecendo estáveis e moderados durante o restante do ano. Esse comportamento reflete a característica fenológica da espécie, que perde totalmente suas folhas durante o período seco e floresce de forma intensa em um curto espaço de tempo (Lorenzi, 2020; Siqueira *et al.*, 2021). Esse padrão reforça a força visual do evento de floração como um marco paisagístico temporal valorizado. No entanto, a contribuição estética da espécie é altamente sazonal, o que se reflete na sua baixa pontuação anual acumulada, mesmo sendo a espécie com maior valor de SBE. Ou seja, embora seu impacto visual seja elevado durante o pico, ele não é sustentado ao longo do ano.

Embora não tenham atingido o pico estético máximo como *C. speciosa*, o desempenho mais estável de *C. pluviosum*, *F. decipiens* e *P. granulatum* as torna mais confiáveis para compor a paisagem urbana do município com atratividade contínua ao longo do ano. Isso não significa que o impacto visual concentrado de espécies de destaque pontual seja menos importante para a qualidade percebida da paisagem, mas sim que cada espécie deve ser compreendida e manejada conforme seu comportamento fenológico.

Espécies com efeito visual prolongado contribuem para a estruturação da paisagem em termos de permanência e regularidade, enquanto aquelas de floração breve e intensa podem atuar como marcos sazonais de forte apelo simbólico e afetivo.

3.4.3 Validação da metodologia aplicada

O pico de apreciação do ipê florido reforça a tendência observada em outros estudos, segundo a qual árvores floridas são geralmente mais apreciadas do que aquelas em estado vegetativo (Kuper *et al.*, 2020).

Com relação às diferenças entre intensidade do método utilizado para a SBE calculada, a abordagem baseada exclusivamente na soma de pesos referentes aos atributos estéticos pode não ser suficientemente sensível para estimar com precisão fases de baixa atratividade, especialmente quando os julgamentos envolvem aspectos subjetivos mais sutis ou desinteresse geral. Essa lacuna evidencia a necessidade de aprimorar os indicadores utilizados e, paralelamente, integrar análises qualitativas ou simbólicas para compreender melhor a estética da paisagem urbana em sua totalidade.

Gobster *et al.* (2007) discutem que, apesar da precisão dos métodos quantitativos em paisagens naturais, estes muitas vezes ignoram fatores simbólicos e emocionais, especialmente em contextos urbanos, que só emergem em análises qualitativas. A função estética, argumentam os autores, só pode ser compreendida de forma plena quando combinada com percepções subjetivas que revelam conexões culturais e afetivas.

A diferença entre os valores captados pelo SBE e aqueles obtidos por meio da métrica da soma dos atributos estéticos pode ser explicada pela hipótese de que nuances perceptivas complexas não são plenamente captadas por métricas visuais simplificadas, como a simples adição de atributos visuais (ex.: cor, densidade, forma) (Franek *et al.*, 2023). Isso, no entanto, não invalida a abordagem. Os padrões observados sugerem que essas métricas possuem potencial para refletir, de forma objetiva, a flutuação estética ao longo do tempo quando associadas a dados fenológicos.

Essas métricas podem ser aprimoradas e calibradas a partir de dados empíricos e análises estatísticas, contribuindo para o desenvolvimento de modelos mais robustos de predição estética. Tais modelos permitem estimar com maior precisão o valor visual sazonal de diferentes espécies, como já demonstrado em estudos recentes que aplicam métodos quantitativos e técnicas de aprendizado de máquina no contexto da valoração paisagística (Aboufazeli *et al.*, 2021; Shi *et al.*, 2025)

A integração entre dados fenológicos, análises estatísticas e percepção pública pode fortalecer a construção de indicadores paisagísticos mais sensíveis e aplicáveis, especialmente em contextos de planejamento urbano onde o monitoramento contínuo nem sempre é viável. Com o aprimoramento dessas métricas, abre-se a possibilidade de prever, com maior confiabilidade, os momentos de maior ou menor valorização estética ao longo do ano, apoiando decisões mais eficazes e sensíveis ao olhar coletivo.

3.5 Conclusão

A análise fenológica das espécies permitiu identificar padrões distintos de comportamento ao longo do ano, definindo as informações sobre perda ou manutenção das folhas, duração e época da floração e frutificação das espécies em ambiente urbano. Tais informações demonstraram a existência de espécies com atratividade estética maior em momentos específicos e outras de forma mais constante, sustentada por copas densas e floração prolongada.

Essa variação refletiu diretamente nos valores de beleza cênica atribuídos às espécies, indicando que eventos pontuais e marcantes, como floradas intensas associadas à queda de folhas, geram picos de valorização estética ligados à sazonalidade. Por outro lado, espécies com valoração estética constante, garantem estrutura paisagística e conforto sensorial ao longo do ano, funcionando como base para uma composição mais equilibrada.

O método aplicado demonstrou ser capaz de estimar a atratividade visual de forma coerente com a percepção do público, reforçando a relevância da incorporação das fases fenológicas no planejamento paisagístico. A diversidade nos ciclos vegetativos oferece oportunidade para criar paisagens urbanas dinâmicas, simbólicas e funcionais.

3.6 Referências

- ABOUFAZELI, Sahar; JAHANI, Ali; FARAHPOUR, Mehdi. A method for aesthetic quality modelling of the form of plants and water in the urban parks landscapes: An artificial neural network approach. **MethodsX**, v. 8, p. 101489, 2021.
- ALVEY, A. A. Promoting and preserving biodiversity in the urban forest. *Urban Forestry & Urban Greening*, v. 5, n. 4, p. 195–201, 2006.
- BARBOSA, Gerson Augusto Lourenço. Arborização de ruas da cidade de Viçosa, MG: parâmetros fitossociológicos e socioeconômicos. 2021.
- BERTHON, K.; THOMAS, F.; BEKESSY, S. The role of ‘nativeness’ in urban greening to support animal biodiversity. *Landscape and Urban Planning*, v. 205, p. 103959, 2021.
- BROWN, T. C. Scaling of ratings: concepts and methods. 1990.
- COSTA, Thayse Moreira *et al.* Phenological dynamics of *Croton heliotropiifolius* populations in a savanna/caatinga gradient, Chapada Diamantina, Brazil. **Rodriguésia**, v. 72, p. e01322020, 2021.
- DANIEL, Terry C; BOSTER, Ron S. Measuring landscape esthetics: the scenic beauty estimation method. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, 1976.
- DÜMPELMANN, Sonja. Tree Times: Urban Plants as Timekeepers and Seasonal Indicators. **Journal of Urban History**, v. 51, n. 1, p. 48-60, 2025.
- DUSHKOVA, D. *et al.* Cultural ecosystem services of urban green spaces: how and what people value in urban nature? In: *SMART AND SUSTAINABLE CITIES CONFERENCE*. Cham: Springer International Publishing, 2020. p. 292–318.
- EISENLOHR, P. V. *et al.* Flora fanerogâmica do campus da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais. *Revista Ceres*, v. 55, n. 4, 2008.
- FIALHO, R. F.; SANTOS, M. S. S. Arborização e vegetação dos campi universitários: estudo de caso da UFV. *Revista Brasileira de Arborização Urbana*, v. 17, n. 1, p. 1-20, 2022.
- FRANĚK, Marek. Landscape preference: The role of attractiveness and spatial openness of the environment. **Behavioral Sciences**, v. 13, n. 8, p. 666, 2023.
- GILLEROT, L. *et al.* Forest structure and composition alleviate human thermal stress. *Global Change Biology*, v. 28, n. 24, p. 7340–7352, 2022.
- GOBSTER, Paul H. *et al.* The shared landscape: what does aesthetics have to do with ecology?. **Landscape ecology**, v. 22, n. 7, p. 959-972, 2007.
- GRAVIOLA, Gabriela Rosa; RIBEIRO, Milton Cezar; PENA, João Carlos. Human Perception of Birds in Two Brazilian Cities. **Birds**, v. 5, n. 2, p. 202-216, 2024.

- HOFMANN, M.; GERSTENBERG, T.; GILLNER, S. Predicting tree preferences from visible tree characteristics. *European Journal of Forest Research*, v. 136, p. 421–432, 2017.
- HOHM, Ian *et al.* Homo temporus: seasonal cycles as a fundamental source of variation in human psychology. **Perspectives on Psychological Science**, v. 19, n. 1, p. 151-172, 2024.
- HŮLA, M.; FLEGR, J. What flowers do we like? The influence of shape and color on the rating of flower beauty. *PeerJ*, v. 4, e2106, 2016.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades: Viçosa (MG). Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/vicosa/panorama>. Acesso em: 12 maio 2025.
- ITO, K. *et al.* Understanding urban perception with visual data: a systematic review. *Cities*, v. 152, p. 105169, 2024.
- JANG, Hye Sook *et al.* Human brain activity and emotional responses to plant color stimuli. *Color research & application*, v. 39, n. 3, p. 307-316, 2014.
- JORGENSEN, A.; TYLECOTE, M. Ambivalent landscapes: wilderness in the urban interstices. *Landscape Research*, v. 32, n. 4, p. 443–462, 2007.
- KAPLAN, R. The psychological benefits of nearby nature. In: ULRICH, R. L.; SIMONS, R. S. (ed.). *The role of horticulture in human well-being and social development*. Arlington: Timber Press, 1992. p. 125–133.
- KAPLAN, R.; KAPLAN, S. *The experience of nature: a psychological perspective*. Cambridge: Cambridge University Press, 1989.
- KAPLAN, R.; KAPLAN, S.; RYAN, R. L. *With people in mind: design and management of everyday nature*. Washington, D.C.: Island Press, 1998.
- KIRKPATRICK, J. B.; DAVISON, A.; HARWOOD, A. How tree professionals perceive trees and conflicts about trees in Australia's urban forest. *Landscape and Urban Planning*, v. 119, p. 124–130, 2013.
- KUPER, R. Effects of flowering, foliation, and autumn colors on preference and restorative potential for designed digital landscape models. *Environment and Behavior*, v. 52, n. 5, p. 544–576, 2020.
- LIMA, Ricardo Cordeiro de *et al.* Phenology of tree species in an open Ombrophilous Forest: bases for silviculture and conservation. **Floresta e Ambiente**, v. 29, n. 1, p. e20210030, 2022.
- LIVESLEY, S. J.; ESCOBEDO, F. J.; MORGENROTH, J. The biodiversity of urban and peri-urban forests and the diverse ecosystem services they provide as socio-ecological systems. *Forests*, v. 7, n. 12, p. 291, 2016.
- LORENZI, H. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2020. v. 1.

- LUO, Y. *et al.* The relationship between the color landscape characteristics of autumn plant communities and public aesthetics in urban parks in Changsha, China. *Sustainability*, v. 15, n. 4, p. 3119, 2023.
- MAO, Q. *et al.* How does vegetation landscape structure of urban green spaces affect cultural ecosystem services at multiscale: based on PLS-SEM model. *Forests*, v. 14, n. 7, p. 1401, 2023.
- MORELLATO, L. Patricia C.; ALBERTI, L. F.; HUDSON, Irene L. Applications of circular statistics in plant phenology: a case studies approach. In: **Phenological research: methods for environmental and climate change analysis**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2009. p. 339-359.
- MORELLATO, Leonor Patricia Cerdeira *et al.* Estudo comparativo da fenologia de espécies arbóreas de floresta de altitude e floresta mesófila semidecídua na Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 12, p. 85-98, 1989.
- MORIUCHI, E.; BASIL, M. The sustainability of Ohanami Cherry Blossom Festivals as a cultural icon. *Sustainability (Basel)*, v. 11, n. 6, p. 1820, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11061820>.
- MOYA, A. The phenomenological experience of the visual landscape. In: *Exploring the Visual Landscape*. Amsterdam: IOS Press, 2011. p. 57–71.
- MU, Y. *et al.* Implementation of the visual aesthetic quality of slope forest autumn color change into the configuration of tree species. *Scientific Reports*, v. 12, n. 1, p. 1034, 2022.
- NAGAI, S.; SAITOH, T. M.; YOSHITAKE, S. Cultural ecosystem services provided by flowering of cherry trees under climate change: a case study of the relationship between the periods of flowering and festivals. *International Journal of Biometeorology*, v. 63, p. 1051–1058, 2019.
- NASSAUER, J. I. Messy ecosystems, orderly frames. *Landscape Journal*, v. 14, n. 2, p. 161–170, 1995.
- NELSON, T. *et al.* Perception of tree canopy. *Journal of Environmental Psychology*, v. 21, n. 3, p. 315–324, 2001.
- NORTON, B. A.; EVANS, K. L.; WARREN, P. H. Urban biodiversity and landscape ecology: patterns, processes and planning. *Current Landscape Ecology Reports*, v. 1, p. 178–192, 2016.
- OCOKOLJIĆ, M. *et al.* Phenological flowering patterns of woody plants in the function of landscape design: case study Belgrade. *Land*, v. 12, n. 3, p. 706, 2023.
- ÖZGÜNER, H.; KENDLE, A. D.; BISGROVE, R. J. Attitudes of landscape professionals towards naturalistic versus formal urban landscapes in the UK. *Landscape and Urban Planning*, v. 81, n. 1–2, p. 34–45, 2007.
- POJE, M. *et al.* Perception of the vegetation elements of urban green spaces with a focus on flower beds. *Plants*, v. 13, n. 17, p. 2485, 2024.

- PÓŁROLNICZAK, M.; KOLENDOWICZ, L. The effect of seasonality and weather conditions on human perception of the urban–rural transitional landscape. *Scientific Reports*, v. 13, n. 1, p. 15047, 2023.
- RATHMANN, J. *et al.* Towards quantifying forest recreation: exploring outdoor thermal physiology and human well-being along exemplary pathways in a central European urban forest (Augsburg, SE-Germany). *Urban Forestry & Urban Greening*, v. 49, p. 126622, 2020.
- SHACKLETON, C. M. *et al.* Urban foraging: a ubiquitous human practice overlooked by urban planners, policy, and research. *Sustainability*, v. 9, n. 10, p. 1884, 2017.
- SHI, Jiaxuan *et al.* Revealing the Relationship Between Urban Park Landscape Features and Visual Aesthetics by Deep Learning-Driven and Spatial Analysis. **Buildings**, v. 15, n. 14, p. 2487, 2025.
- SIQUEIRA, K. N. *et al.* Florada de plantas melíferas no Cerrado. *Revista Tecnia*, v. 6, n. 1, p. 237–252, 2021.
- STATISTICS, Laerd. *SPSS Statistics. Spearman Correlations*. 23. ed., 2012.
- TABATABAIE, S.; LITT, J. S.; MULLER, B. H. F. Sidewalks, trees and shade matter: a visual landscape assessment approach to understanding people’s preferences for walking. *Urban Forestry & Urban Greening*, v. 84, p. 127931, 2023.
- TARAKÇI EREN, E.; DÜZENLI, T. Determination of the visual preference levels and perceptual differences in the appearance of certain taxa in different seasons. *Fresenius Environmental Bulletin*, v. 26, n. 12B, p. 8304–8315, 2017.
- VOLLENHOVEN, A. C. The cultural historical significance of Pretoria’s jacaranda trees. *New Contree*, v. 85, p. 26, 2020.
- WALTERS, J. R.; BELL, T. L.; PFAUTSCH, S. A review of residents’ perceptions of urban street trees: addressing ambivalence to promote climate resilience. *Land*, v. 14, n. 3, p. 576, 2025.
- WANG, L. *et al.* Impact of climate variability on flowering phenology and its implications for the schedule of blossom festivals. *Sustainability*, v. 9, n. 7, p. 1127, 2017.
- WANG, L.; SUN, C.; WANG, M. Optimization strategies for waterfront plant landscapes in traditional villages: a scenic beauty estimation–entropy weighting method analysis. *Sustainability*, v. 16, n. 16, p. 7140, 2024.
- WATTS, G. R.; PHEASANT, R. J.; HOROSHENKOV, K. V. Predicting perceived tranquillity in urban parks and open spaces. *Environment and Planning B: Planning and Design*, v. 38, n. 4, p. 585–594, 2011.
- XU, W.; JIANG, B.; ZHAO, J. Effects of seasonality on visual aesthetic preference. *Landscape Research*, v. 47, n. 3, p. 388–399, 2022.
- ZHAO, J.; XU, W.; LI, R. Visual preference of trees: The effects of tree attributes and seasons. *Urban Forestry & Urban Greening*, v. 25, p. 19–25, 2017.

ZHANG, L.; DEMPSEY, N.; CAMERON, R. Flowers – Sunshine for the soul! How does floral colour influence preference, feelings of relaxation and positive up-lift? *Urban Forestry & Urban Greening*, v. 79, p. 127795, 2023.

ZHANG, Z.-Y. *et al.* Scenic beauty estimation in four seasons of the forest belt along the Winter Olympics expressway. 2022.

ZHENG, Junming *et al.* Subjective preference and visual attention to the attributes of ornamental plants in urban green space: An eye-tracking study. *Forests*, v. 13, n. 11, p. 1871, 2022.

ZHU, Sijie *et al.* The impact of urban vegetation morphology on urban building energy consumption during summer and winter seasons in Nanjing, China. *Landscape and Urban Planning*, v. 228, p. 104576, 2022.

CONCLUSÃO GERAL

Os resultados demonstram que há clara interação entre os ciclos fenológicos das árvores urbanas e as condições meteorológicas locais. Fases como queda e ausência de folhas associaram-se a temperaturas mais baixas e menor fotoperíodo, enquanto a manutenção da folhagem ocorreu sob maior precipitação, umidade e temperatura. A floração e a frutificação apresentaram padrões distintos entre as espécies, refletindo diferentes estratégias adaptativas frente à sazonalidade. Compreender esses vínculos entre clima e fenologia permite reconhecer quais estímulos ambientais sustentam o ciclo das espécies e antecipar possíveis descompassos sob cenários de mudanças climáticas.

A percepção estética das árvores revelou-se diretamente relacionada à expressão fenológica e a atributos visuais como cor das flores, densidade foliar, forma da copa e porte. Espécies de flores vistosas, sobretudo amarelas, rosas e violetas, e copas amplas foram as mais valorizadas, demonstrando que a beleza percebida é fortemente modulada pela dinâmica fenológica. Além disso, o reconhecimento popular das espécies acompanhou esses mesmos atributos, indicando que a estética atua como mediadora da memória visual e da conexão afetiva com a vegetação.

Ao integrar os conhecimentos sobre fenologia, meteorologia e percepção estética, este estudo reforça que o planejamento paisagístico pode ser orientado por critérios ecológicos e perceptivos simultaneamente, de modo a favorecer tanto a funcionalidade ambiental quanto o engajamento social. Inserir espécies com diferentes ritmos de floração, frutificação e crescimento vegetativo permite criar paisagens dinâmicas, que traduzem o ritmo natural das estações e fortalecem a sensação de pertencimento à natureza.

Compreender e aplicar a interação entre ciclos fenológicos, clima e estética das árvores é essencial para promover paisagens mais sensíveis, resilientes e afetivamente significativas, capazes de inspirar atitudes de conservação e fortalecer o vínculo entre população e vegetação mesmo em contextos de mudança climática.

APÊNDICE A – Índices Morfométricos das Espécies

Espécie		PC	IS	IA	FC	GE
<i>Bauhinia forficata</i>	Mínimo	57,8	33,3	0,46	0,79	34,67
	Média ± EP	66,1 ± 2,5	38,8 ± 7,9	0,60 ± 0,04	0,90 ± 0,04	65,5 ± 12,9
	Máximo	73,3	62,5	0,67	1	97,78
	CV (%)	8,4	28,6	16,3	11,1	44
<i>Ceiba speciosa</i>	Mínimo	59,34	38,06	0,65	1,09	50,91
	Média ± EP	70,94 ± 3,61	44,47 ± 1,74	0,79 ± 0,04	1,11 ± 0,01	56,55 ± 1,64
	Máximo	82,14	47,27	0,93	1,13	59,38
	CV (%)	11,37	8,75	12,54	1,23	6,47
<i>Cenostigma pluviosum</i>	Mínimo	72	92,5	0,86	1,14	107,5
	Média ± EP	75,0 ± 0,0	95,6 ± 1,8	0,86 ± 0,0	1,15 ± 0,0	111,2 ± 2,0
	Máximo	75	102,5	0,89	1,15	119,1
	CV (%)	0	4,14	0,04	0,39	4,08
<i>Erythrina mulungu</i>	Mínimo	53,29	34	0,7	1,3	48,67
	Média ± EP	53,58 ± 0,10	39,54 ± 2,83	0,73 ± 0,04	1,37 ± 0,07	53,69 ± 2,12
	Máximo	53,85	49,33	0,88	1,64	60,67
	CV (%)	0,43	16	11,11	11,12	8,83
<i>Filicium decipiens</i>	Mínimo	59,59	93,24	0,79	1,24	93,86
	Média ± EP	63,90 ± 1,36	93,56 ± 0,10	0,92 ± 0,03	1,44 ± 0,05	102,52 ± 4,02
	Máximo	68,22	93,86	1	1,56	117,78
	CV (%)	4,77	0,23	8,19	8,19	8,76
<i>Handroanthus impetiginosus</i>	Mínimo	47,67	77,38	0,73	1,34	98,81
	Média ± EP	52,12 ± 1,53	81,94 ± 2,19	0,75 ± 0,01	1,44 ± 0,04	109,43 ± 4,08
	Máximo	55,62	90,28	0,78	1,54	123,61
	CV (%)	6,58	5,98	2,87	6,26	8,33
<i>Handroanthus serratifolius</i>	Mínimo	65,94	50,69	0,7	1,02	55,3
	Média ± EP	69,31 ± 1,11	52,83 ± 0,60	0,82 ± 0,04	1,18 ± 0,04	65,00 ± 3,29
	Máximo	71,85	54,43	0,92	1,28	76
	CV (%)	3,58	2,56	9,55	8,35	11,31

Espécie		PC	IS	IA	FC	GE
<i>Lagestroemia indica</i>	Mínimo	62,5	74,52	0,7	1,09	96,15
	Média ± EP	63,93 ± 0,53	81,04 ± 1,70	0,75 ± 0,03	1,18 ± 0,04	107,80 ± 3,42
	Máximo	65,8	84,44	0,85	1,29	116,22
	CV (%)	1,86	4,68	8,58	7,86	7,09
<i>Moquilea tomentosa</i>	Mínimo	66,41	73,16	0,9	1,31	81,62
	Média ± EP	67,96 ± 0,48	90,57 ± 4,58	0,96 ± 0,02	1,41 ± 0,04	94,46 ± 4,64
	Máximo	69,32	100	1,01	1,5	110,45
	CV (%)	1,59	11,3	5,6	5,8	10,99
<i>Murraya paniculata</i>	Mínimo	60,53	72,22	0,68	1,13	78,43
	Média ± EP	66,90 ± 1,86	87,87 ± 8,00	0,90 ± 0,06	1,34 ± 0,06	98,13 ± 6,58
	Máximo	72,16	113,14	1,07	1,48	113,79
	CV (%)	6,22	20,35	15,6	9,85	14,99
<i>Pleroma granulosum</i>	Mínimo	50	116,67	0,81	1,31	102,38
	Média ± EP	54,99 ± 2,32	150,85 ± 14,01	1,03 ± 0,07	1,90 ± 0,17	147,64 ± 12,04
	Máximo	62,35	200	1,21	2,37	167,65
	CV (%)	9,42	20,76	14,82	20,26	18,24
<i>Spathodea campanulata</i>	Mínimo	46,96	55,4	0,72	1,19	74,51
	Média ± EP	60,52 ± 4,27	66,83 ± 4,11	0,88 ± 0,05	1,46 ± 0,08	76,29 ± 0,56
	Máximo	70	78,1	1,03	1,71	77,83
	CV (%)	15,77	13,74	13,38	12,75	1,64

Legenda: PC: Proporção de copa; IS: Índice de saliência; IA: Índice de abrangência; FC: Formal de copa; GE: Grau de esbeltez.

APÊNDICE B – Formulário

<p>Quanto você gosta dessas flores?</p>  <p>1 2 3 4 5 Pouco Muito</p>	<p>Quanto você gosta dessas flores?</p>  <p>1 2 3 4 5 Pouco Muito</p>	<p>Quanto você gosta dessas flores?</p>  <p>1 2 3 4 5 Pouco Muito</p>	<p>Quanto você gosta dessas flores?</p>  <p>1 2 3 4 5 Pouco Muito</p>	<p>Quanto você gosta dessas flores?</p>  <p>1 2 3 4 5 Pouco Muito</p>	<p>Quanto você gosta da quantidade de folhas nessa árvore?</p>  <p>1 2 3 4 5 Pouco Muito</p>
<p>Quanto você acha essas formas de copa?</p>  <p>1 2 3 4 5 Muito desagradável Muito agradável</p>	<p>Quanto você acha essas formas de copa?</p>  <p>1 2 3 4 5 Muito desagradável Muito agradável</p>	<p>Quanto você acha essas formas de copa?</p>  <p>1 2 3 4 5 Muito desagradável Muito agradável</p>	<p>Quanto você acha essas formas de copa?</p>  <p>1 2 3 4 5 Muito desagradável Muito agradável</p>	<p>Quanto você acha essas formas de copa?</p>  <p>1 2 3 4 5 Muito desagradável Muito agradável</p>	<p>Quanto você acha de quantidade de folhas nessa árvore?</p>  <p>1 2 3 4 5 Muito desagradável Muito agradável</p>
<p>Quanto esta árvore te agrada?</p>  <p>1 2 3 4 5 Muito desagradável Muito agradável</p>	<p>Quanto esta árvore te agrada?</p>  <p>1 2 3 4 5 Muito desagradável Muito agradável</p>	<p>Quanto esta árvore te agrada?</p>  <p>1 2 3 4 5 Muito desagradável Muito agradável</p>	<p>Quanto esta árvore te agrada?</p>  <p>1 2 3 4 5 Muito desagradável Muito agradável</p>	<p>Quanto esta árvore te agrada?</p>  <p>1 2 3 4 5 Muito desagradável Muito agradável</p>	<p>Quanto esta árvore te agrada?</p>  <p>1 2 3 4 5 Muito desagradável Muito agradável</p>
<p>Quanto esta árvore te agrada?</p>  <p>1 2 3 4 5 Muito desagradável Muito agradável</p>	<p>Quanto esta árvore te agrada?</p>  <p>1 2 3 4 5 Muito desagradável Muito agradável</p>	<p>Quanto esta árvore te agrada?</p>  <p>1 2 3 4 5 Muito desagradável Muito agradável</p>	<p>Quanto esta árvore te agrada?</p>  <p>1 2 3 4 5 Muito desagradável Muito agradável</p>	<p>Quanto esta árvore te agrada?</p>  <p>1 2 3 4 5 Muito desagradável Muito agradável</p>	<p>Quanto esta árvore te agrada?</p>  <p>1 2 3 4 5 Muito desagradável Muito agradável</p>
<p>Você prefere árvores de pequeno, médio ou grande porte?</p>  <p><input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C</p>	<p>Quanto esta característica da árvore te agrada?</p> 	<p>Quanto esta característica da árvore te agrada?</p> 	<p>Quanto esta característica da árvore te agrada?</p> 	<p>Quanto esta característica da árvore te agrada?</p> 	

APÊNDICE C – Diferença de médias entre cores de flores segundo o teste de Tukey