



**RAFAEL MALFITANO BRAGA**

**ARBORIZAÇÃO URBANA E REDES DE  
DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA: O  
CASO DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO  
HORIZONTE**

**LAVRAS – MG  
2019**

**RAFAEL MALFITANO BRAGA**

**ARBORIZAÇÃO URBANA E REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA: O CASO DA REGIÃO METROPOLITANA DE  
BELO HORIZONTE**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Engenharia Florestal, área de concentração em Ciências Florestais, para a obtenção do título de Doutor.

Prof. Dr. Nelson Venturin  
Orientador

**LAVRAS – MG  
2019**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Braga, Rafael Malfitano.

Arborização urbana e redes de distribuição de energia elétrica: o caso da região metropolitana de Belo Horizonte / Rafael Malfitano

Braga. – 2019.

99 p. : il.

Orientador: Nelson Venturin.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2019.

Bibliografia.

1. Árvores urbanas. 2. Interrupções. 3. Poda. I. Venturin, Nelson.  
II. Título.

**RAFAEL MALFITANO BRAGA**

**ARBORIZAÇÃO URBANA E REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA: O CASO DA REGIÃO METROPOLITANA DE  
BELO HORIZONTE**

**URBAN FORESTRY AND ENERGY SYSTEMS: THE CASE OF THE  
METROPOLITAN AREA OF BELO HORIZONTE**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Engenharia Florestal, área de concentração em Ciências Florestais, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 08 de março de 2019.

Dra. Marina Moura de Souza	CEMIG
Prof. Dr. Lucas Amaral de Melo	UFLA
Prof. Dr. Luís Antônio Coimbra Borges	UFLA
Dra. Alessandra Teixeira Silva	UFLA

Prof. Dr. Nelson Venturin  
Orientador

**LAVRAS – MG  
2019**

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, gostaria de agradecer e louvar a Deus, criador de todas as coisas. Por Sua mão amorosa de Pai é que pude cursar minha graduação, mestrado e, agora, concluir meu doutorado. Seja feita a Sua vontade, Senhor!

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Ciências Florestais, pela oportunidade concedida para realização do Doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa de estudos, que viabilizou a obtenção deste título.

Ao meu pai, Francisco de Assis Braga, meu mentor e ídolo, o qual tenho a honra de ter como meu coorientador. Tenho a certeza de que sem ele, nada disso seria possível e eu não estaria onde estou hoje.

À Companhia Energética de Minas Gerais, na pessoa da Marina Moura de Souza, pela disponibilidade e colaboração no levantamento de dados, na redação desta tese.

Aos demais membros da banca examinadora, Alessandra Teixeira da Silva, Lucas Amaral de Melo e Luís Antônio Coimbra Borges pela colaboração e melhoria do trabalho.

Ao caro amigo e orientador, professor Nelson Venturin, que, com sua experiência, calma e disponibilidade, muito contribuiu para o meu crescimento e aprendizado.

Aos meus pais, Francisco de Assis Braga e Lenira Pereira Malfitano Braga, que me educaram e estiveram ao meu lado em todos os momentos de minha vida, sempre com uma palavra de amor, carinho e oração. Ao meu irmão, Pedro Paulo Malfitano Braga que, mesmo distante neste momento de fechamento de um ciclo, sempre foi um grande amigo. Aos meus demais

familiares, que também fizeram parte da minha educação e crescimento como filho de Deus.

Reverencio, também, a todos meus professores de graduação e pós-graduação, que partilhando seus conhecimentos, foram tão importantes na minha formação profissional e pessoal.

Abraço a todos os meus amigos de Lavras que foram minha segunda família, durante todos esses anos de convivência, aos quais não tenho palavras para agradecer e expressar minha gratidão eterna.

Meus sinceros agradecimentos!

## RESUMO

O processo de concentração populacional promove alterações no ambiente com impactos na qualidade de vida. A arborização urbana torna-se essencial e sua implantação e manutenção devem ser criteriosas, a fim de evitar conflitos. Objetivou-se, neste trabalho, analisar a interação entre arborização urbana e redes de distribuição de energia, estudar o crescimento pós-poda das dezesseis principais espécies plantadas na arborização urbana, na Região Metropolitana de Belo Horizonte, com o intuito de propor uma adequação do regime de podas e avaliar o efeito de fatores ambientais, de manejo e da árvore no desenvolvimento das brotações. Verificou-se que os fatores mais relevantes foram o tipo de rede de eletrificação e a manutenção das árvores. O porte da espécie e a resistência mecânica da madeira são determinantes na demanda por manutenções, para assegurar uma relação harmônica com a rede elétrica. Em decorrência do predomínio de redes desprotegidas, deve-se atentar para a associação entre a escolha da espécie arbórea e a respectiva demanda por manutenção. Para o estudo das brotações, foram selecionados seis indivíduos por espécie e acompanhado o crescimento mensal dos cinco maiores brotos nos pontos podados, criando-se dois cenários, considerando os valores da mediana e do terceiro quartil dos dados de crescimento. Procedeu-se à análise de agrupamento dos dados de crescimento, definindo-se grupos de regime de poda, de acordo com a similaridade de hábito de crescimento das espécies. Realizaram-se também análises de correlação e regressão linear para fatores climáticos, intensidade de poda, DAP, estado fitossanitário, intensidade de luz na copa e área permeável no solo. Constatou-se que as espécies arbóreas estudadas apresentam resposta diferenciada de crescimento das brotações pós-poda, podendo ser reunidas em grupos de regimes de manejo de podas, variando entre seis e 24 meses. Os fatores ambientais, do indivíduo arbóreo e de manejo podem afetar a brotação.

**Palavras-chave:** Árvores urbanas. Interrupções. Poda. Brotação.

## ABSTRACT

The process of populational growth causes alterations to the environment and impacts the quality of life. Urban forestry becomes essential, but its implementation and maintenance must follow some criteria to avoid conflicts. This work aimed at analyzing the interaction between urban forestry and energy systems and studying post-pruning growth of the sixteen main tree species in the Metropolitan Area of Belo Horizonte to propose an adjustment to pruning methods and assess the effects of environmental, management and tree factors on shoot development. The most relevant factors were the type of electric system and the maintenance of trees. The size of the species and the mechanical resistance of the wood are important to determine the demand for maintenance and ensure a harmonic relationship between the plant and the electric system. Due to the number of unprotected energy systems, considering the association between the tree species and their demand for maintenance is important. To study shoots, six individuals were selected from each species and the monthly growth of the five biggest post-prune shoots was followed to create two scenarios considering median values and data from the third quartile of growth. We analyzed the growth data and defined groups of pruning frequency, according to the similarities in species growth. Correlation and linear regression analyses were also performed for climatic factors, pruning intensity, DBH, phytosanitary conditions, luminosity in the crown, and permeable area in the soil. The tree species in this study had different responses regarding post-pruning shoot growth and can be divided into groups of pruning management regimes that range between six and 24 months. The tree individuals, and environmental and management factors may affect tree sprouting.

**Keywords:** Urban trees. Interruptions. Pruning. Shoots.

## LISTA DE FIGURAS

### SEGUNDA PARTE – ARTIGOS

#### ARTIGO 1

- Figura 1 - Média histórica, por causa, de interrupções no fornecimento de energia elétrica na a Região Metropolitana de Belo Horizonte no período de 2010 a 2015.....55
- Figura 2 - Progresso histórico de interrupções no fornecimento de energia elétrica, por causa, na a Região Metropolitana de Belo Horizonte no período de 2010 a 2015. ....56
- Figura 3 - Relação percentual das dez espécies com maior frequência de observação nos alimentadores com maior e menor incidência de interrupções no período de avaliação. ....61

#### ARTIGO 2

- Figura 1 - Mediana de crescimento das brotações por espécie pós-poda ao longo do ano.....84
- Figura 2 - Terceiro quartil de crescimento das brotações por espécie pós-poda ao longo do ano.....85
- Figura 3 - Análise de agrupamento das espécies a partir da mediana dos dados de crescimento das brotações. ....86
- Figura 4 - Análise de agrupamento das espécies a partir do terceiro quartil dos dados de crescimento das brotações. ....88

## LISTA DE TABELAS

### SEGUNDA PARTE – ARTIGOS

#### ARTIGO 1

- Tabela 1 - Valores médios de interrupções causa-árvore por km de rede e coeficientes de variação de interrupções para sistemas elétricos com maior e menor incidência de desligamentos, provocados pela densidade de árvores, tipo de rede, porte da árvore e intensidade de poda na RMBH entre julho de 2015 a julho de 2016.....57
- Tabela 2 - Características dendrológicas das espécies com maior frequência sob redes elétricas na RMBH.....63

#### ARTIGO 2

- Tabela 1 - Cenário ousado de grupos de poda definidos a partir da mediana dos dados de crescimento das brotações.....87
- Tabela 2 - Cenário conservador de grupos de poda definidos a partir do terceiro quartil dos dados de crescimento das brotações. ....88
- Tabela 3 - Índices estatísticos de precisão para regressão linear entre as variáveis crescimento das brotações, por espécie e parâmetros climáticos de pluviosidade e temperatura.....90
- Tabela 4 - Correlação linear entre as variáveis do crescimento das brotações por espécie e intensidade da poda aplicada. ....91

## SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE .....	13
1 INTRODUÇÃO .....	13
2 OBJETIVOS .....	17
2.1 Objetivo geral .....	17
2.2 Objetivos específicos .....	17
3 REFERENCIAL TEÓRICO .....	19
3.1 Por que plantar árvores nas cidades? .....	19
3.2 Planejamento da arborização para um convívio harmônico no ambiente urbano .....	21
3.3 Manutenção de árvores em arborização .....	25
3.4 Setor elétrico brasileiro: geração, transmissão e distribuição .....	28
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	37
REFERÊNCIAS .....	39
SEGUNDA PARTE - ARTIGOS .....	45
ARTIGO 1 - ARBORIZAÇÃO URBANA E REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE .....	45
1 INTRODUÇÃO .....	47
2 MATERIAL E MÉTODOS .....	49
2.1 Área de estudo .....	49
2.2 Sistemas de distribuição de energia elétrica .....	49
2.3 Análise do histórico de interrupções .....	50
2.4 Análise de sistemas alimentadores e interrupções por causa árvore .....	50
2.5 Estudo da interação entre espécies e redes de distribuição de energia .....	52
2.6 Processamento e análise dos dados .....	52
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	55
3.1 Análise geral das interrupções elétricas por causa ambiental .....	55
3.2 Análise das interrupções elétricas por causa de árvores .....	57
3.3 Espécies arbóreas e sua relação com as redes elétricas .....	60
4 CONCLUSÕES .....	67
REFERÊNCIAS .....	69
ARTIGO 2 - CRESCIMENTO PÓS - PODA DE ESPÉCIES DA ARBORIZAÇÃO NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE – MG .....	75
1 INTRODUÇÃO .....	77
2 MATERIAL E MÉTODOS .....	79
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	83

<b>3.1</b>	<b>Crescimento mensal das brotações</b> .....	<b>83</b>
<b>3.2</b>	<b>Definição dos ciclos de podas</b> .....	<b>86</b>
<b>3.3</b>	<b>Influência das condições do meio, da árvore e de manejo no crescimento das brotações</b> .....	<b>90</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>95</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>97</b>

## **PRIMEIRA PARTE**

### **1 INTRODUÇÃO**

As modificações no ambiente social, o processo contínuo de urbanização e o êxodo rural levaram à perda gradual do vínculo entre homem e o ambiente, desde a revolução industrial. Hoje, grande parte da população mora em cidades, sob uma tendência de concentração (ALMEIDA, 2006).

Como consequência desse processo, o modelo de urbanização passou a afetar diretamente a qualidade de vida das pessoas, em decorrência de diversas modificações no meio ambiente, como a impermeabilização do solo, a redução drástica da cobertura vegetal, o aumento da poluição atmosférica, hídrica, visual e sonora, a verticalização das edificações, dentre outros (CABRAL, 2013).

Entretanto, a tendência de concentração da população em áreas urbanizadas parece irreversível, devendo-se buscar alternativas de tornar o ambiente urbano mais aprazível, compatibilizando crescimento com conservação ambiental, assegurando um mínimo de qualidade de vida das populações das cidades (GONÇALVES et al., 2004).

Segundo Gonçalves (1999), a arborização se torna mais relevante à medida que as cidades crescem vertical e horizontalmente. A artificialização do meio urbano e suas consequências na qualidade ambiental são percebidas facilmente no cotidiano das pessoas que ali vivem, o que tem causado diversos problemas de saúde coletiva e individual. A esterilidade da vida urbana, fixada nas comodidades do concreto, deve ser atenuada de diversas formas, gerando qualidade de vida (FONTOURA, 2011).

A arborização, a criação de jardins, parques e florestas urbanas são medidas que minimizam os efeitos negativos do processo de urbanização, uma vez que proporcionam melhoria na qualidade do ar, aumento do prazer

contemplativo e estético, estabilidade microclimática e conforto térmico, redução da poluição sonora, valorização de espaços, abrigo e alimento para fauna, etc. (REZENDE, 1997).

Apesar da importância e dos comprovados benefícios decorrentes da arborização, de um modo geral, sua implantação em cidades brasileiras não tem sido feita com base em um planejamento prévio, gerando sérios problemas de manejo (SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E MEIO AMBIENTE - SDSMA, 2013). Arborizar é uma atividade onerosa, requer um planejamento adequado, para minimizar intervenções futuras e possíveis prejuízos decorrentes de sua relação com as estruturas urbanas, como as redes de abastecimento de energia elétrica (COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS - CEMIG, 2011).

Segundo Gonçalves (1999), o plantio e manejo de árvores no espaço urbano já não pode ser realizado de forma amadorística, pois os altos custos e sua alta relevância justificam a tecnificação do processo. Arborizar envolve avaliações estéticas, ecológicas, sociais, econômicas e políticas, numa complexa cadeia de planejamento urbano.

O meio urbano é uma paisagem diversa do ambiente natural, onde as plantas coevoluíram com o meio. Assim, para que estas cumpram o seu papel e tenham pleno desenvolvimento, é preciso uma cuidadosa seleção das espécies e um manejo específico de condução, para que estas convivam de forma sadia e harmoniosa com a infraestrutura urbana e ainda gerem serviços ambientais inerentes à arborização urbana (BUSARELLO, 1990).

Dentre as estruturas urbanas, a rede de distribuição de energia elétrica apresenta maior potencial de interação com a arborização (CEMIG, 2011). Diante disso, a seleção adequada do tipo de rede e o planejamento e manutenção adequados da arborização geram segurança ao sistema elétrico, com efetiva redução no risco de acidentes, que podem provocar o rompimento de cabos,

interrupções no fornecimento de energia e iluminação, associados à interação entre a árvore e a rede elétrica (VELASCO; LIMA; COUTO, 2006).

Compreender as relações de causa e efeito da presença da arborização nas cidades é bastante complexo, em decorrência da gama de fatores. Contudo, promover estudos sob diferentes enfoques com o intuito de conhecer a relação entre arborização e demais elementos de infraestrutura urbana pode embasar uma correta implantação e manejo, maximizando benefícios e minimizando conflitos, de modo que esta cumpra seus objetivos na geração de benefícios.



## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Estudar e propor melhorias na relação entre a arborização e as redes urbanas distribuição de energia elétrica.

### **2.2 Objetivos específicos**

- a) Avaliar a interação de convivência entre árvores viárias e redes urbanas de distribuição de energia elétrica, por meio da análise de interrupções de fornecimento decorrentes de sua interação e crescimento;
- b) Avaliar o crescimento pós-poda das principais espécies usadas em arborização urbana com o intuito de adequar o ciclo de podas e identificar os principais elementos determinantes ao desenvolvimento das árvores.



### **3 REFERENCIAL TEÓRICO**

#### **3.1 Por que plantar árvores nas cidades?**

Grande parte da população mundial vive hoje em cidades, ambientes totalmente artificializados, caracterizadas por edificações contínuas e equipamentos sociais destinados a funções urbanas básicas: habitação, trabalho, circulação, recreação. Conseqüentemente, alterações ambientais na incidência de radiação solar, umidade do ar, temperatura, precipitação e circulação do ar são afetados por essas condições, determinando sensações de conforto ou desconforto às pessoas (GÓMEZ-BAGGETHUN; BARTON, 2013).

Um retrato da importância dessas modificações está no grande volume de recursos despendidos para o estabelecimento, manutenção e correção da arborização de ruas, praças e parques, em decorrência da grande gama de benefícios sociais e econômicos, no longo prazo desses espaços livres urbanos, na tentativa de melhoria da qualidade de vidas nas cidades (DETZEL, 1993).

O conceito de arborização urbana, literalmente, refere-se ao plantio de árvores nas cidades (LEAL, 2007). Para Milano (1994), a arborização urbana é a soma da arborização privada (residências, escolas, clubes e empresas) com a arborização pública (áreas verdes e arborização de ruas), conceito que confere caráter de propriedade a ela.

Já Biondi (2000) diz que a vegetação que compõe a arborização urbana pode ser distinta em dois grandes grupos, vegetação do sistema viário e as áreas verdes urbanas, distinguindo-as por sua estrutura. Porém, independentemente do foco de análise, os benefícios gerados pela arborização são notáveis na literatura.

Esteticamente, as árvores compõem um elemento essencial e marcante na paisagem urbana, proporcionando cores, formas, texturas diferentes na paisagem. Elas emolduram e definem espaços, suavizam a arquitetura fria das

construções, aliviam a monotonia do pavimento e alvenaria, tornando o ambiente urbano mais atraente (MILANO; DALCIN, 2000). A adição de cores expressada pelas flores, frutos, galhos, brotos, tronco e folhagens é o efeito estético mais claro aos olhos. Além disso, a arborização também dá noção de movimento à paisagem urbana, dinâmica obtida pela queda, mudança de cor e brotação de folhas, presença de flores e frutos (BIONDI; ALTHAUS, 2005).

Em relação aos benefícios ambientais e ecológicos, deve-se destacar a melhoria microclimática do ambiente urbano, a amenização da poluição atmosférica e acústica, a proteção do solo e da fauna (LEAL, 2007). A arborização influi diretamente na temperatura ambiente e na sensação térmica, seja pela produção de sombra, pelo tamponamento da temperatura e umidade do ar ou por efeitos na velocidade do vento (GÓMEZ-BAGGETHUN; BARTON, 2013).

As árvores melhoram a qualidade do ar pela absorção e retenção de gases poluentes (óxidos de carbono, nitrogênio e enxofre) e particulados (BIONDI, 2000). Plantadas ao longo das ruas, as árvores servem como anteparo acústico, minimizando os ruídos, especialmente do tráfego de veículos, tornando o ambiente tranquilo e agradável à população. Elas também são anteparo que protege o solo de intempéries climáticas e hábitat à fauna urbana (insetos, aves, pequenos mamíferos, etc.) (FONTOURA, 2011).

A arborização também está intimamente relacionada a aspectos físicos e psíquicos do homem urbano (ALMEIDA, 2006; GONÇALVES; PAIVA, 2004). A sensação de conforto proporcionado pelo condicionamento microclimático, aliado a outros valores abstratos de atratividade e beleza cênica, geram bem-estar. O contato do homem com a natureza traz benefícios incalculáveis à saúde, principalmente ligados à atenuação do estresse (REZENDE, 1997).

Outro fato que deve ser mencionado é a valorização de áreas e imóveis pela presença de arborização. Nos Estados Unidos, estudos têm mostrado que

propriedades com presença de árvores são mais valiosas e procuradas por novos inquilinos do que as não arborizadas. Além disso, a valorização das propriedades implica também no incremento de arrecadação de impostos e ganho aos cofres públicos (VOGT; HAUER; FISCHER, 2015).

O Manual Técnico de Arborização Urbana da Cidade de São Paulo (PREFEITURA DA CIDADE DE SÃO PAULO - PCSP, 2011) resume o tema, dizendo que a arborização das cidades é uma estratégia essencial que, além de amenização aspectos ambientais adversos decorrentes da artificialização, traz benefícios ecológicos, históricos, culturais, sociais, estéticos e paisagísticos. Ela contribui para a manutenção da estabilidade microclimática; o conforto térmico associado à umidade do ar e à sombra; a melhoria da qualidade do ar; a redução da poluição; a melhoria da infiltração da água no solo, evitando erosões associadas ao escoamento superficial das águas das chuvas; a proteção e direcionamento do vento; a proteção dos corpos d'água e do solo; a conservação genética da flora nativa; o abrigo à fauna silvestre, contribuindo para o equilíbrio das cadeias alimentares, diminuindo pragas e agentes vetores de doenças; a formação de barreiras visuais e/ou sonoras, proporcionando privacidade; no cotidiano da população, funciona como elementos referenciais marcantes; leva ao embelezamento das cidades, proporcionando prazer estético e bem-estar psicológico; aumento do valor das propriedades; e melhoria da saúde física e mental da população.

### **3.2 Planejamento da arborização para um convívio harmônico no ambiente urbano**

No Brasil, a arborização das áreas públicas passou a fazer parte do planejamento urbano de forma generalizada somente no final do século XIX, com o advento da República e a chegada ao poder de um grupo mais preocupado

com as questões ligadas ao progresso e à organização racional da sociedade e do espaço ocupado por ela (OLIVEIRA et al., 2013).

Durante muito tempo, os padrões do paisagismo urbano e ajardinamento no país foram conduzidos por tendências europeias e norte-americanas, preconizando o uso de espécies exóticas à flora brasileira, como o Ligustro (*Ligustrum lucidum* W. T. Aiton), o Cinamomo (*Melia azedarach* L.), o Plátano (*Platanus occidentalis* L.) e a Extremosa (*Lagerstroemia indica* L.) em detrimento às espécies nativas (ANDRETTA et al., 2011). Outro fato que marcou essa fase é a utilização massiva de espécies de grande porte, como os Flamboyants (*Delonix regia* Raf.), algumas Figueiras (*Ficus Lyrata* Warb., *Ficus microcarpa* L. e *Ficus benjamina* L.), Espatódeas (*Spathodea campanulata* Beauv.), dentre outras, mesmo porque, as estruturas urbanas e as construções, naquela época, permitiam seu desenvolvimento sem grandes conflitos, herança até hoje herdada nos complexos urbanos brasileiros, o que requer cuidados especiais de manejo na atualidade (MELO; SEVERO, 2010).

Para que sejam minimizados os conflitos, as ações de planejamento e manejo da arborização devem ser conduzidas em conjunto com a de outros serviços públicos urbanos: redes de distribuição de energia elétrica, iluminação pública, telecomunicações, edificações, placas sinalizadoras, redes de água e esgoto, entre outros (CEMIG, 2011). Se não houver uma intenção clara de se promover o convívio harmônico entre a arborização e os demais serviços de utilidade pública, certamente os prejuízos serão distribuídos entre todos (BUSARELLO, 1990).

O manejo da arborização urbana implica no gerenciamento, com eficiência e habilidade, dos procedimentos necessários para o cultivo de cada árvore, bem como do conjunto da arborização da cidade (ALMEIDA, 2006). Portanto, o planejamento da arborização ou do cultivo de árvores, no meio urbano, exige um processo cuidadoso que preveja os procedimentos desde a sua

concepção, a produção de mudas, a implantação, a manutenção, a supressão e desde a substituição (REZENDE, 1997).

Embora a árvore seja o elemento central, o planejamento da arborização não deve desprezar os pormenores da configuração da cidade e deve ser previsto em seu plano diretor. O velho jargão de “árvore certa, no lugar certo” deve embasar todos e quaisquer planejamentos urbanos de modo a definir os locais onde se deve ou não ter árvores e quais as características que esses indivíduos devem ter para que cumpram bem o seu papel (OLIVEIRA et al., 2013).

A arborização deve destacar e respeitar as formas arquitetônicas, os monumentos, as vias de circulação de veículos e pedestres e as áreas verdes (MILANO; DALCIN, 2000). Um projeto de arborização deve levar em conta as características do local e seu entorno; a direção e o sentido dos ventos predominantes; o percurso do sol e a perspectiva de visualização; o aspecto cênico e a estrutura da paisagem; a natureza das atividades existentes nas edificações lindeiras e o impacto no cotidiano do lugar; o contexto urbanístico, distinguindo-se as especificidades de cada zona ou bairro, centros históricos, áreas turísticas, orlas e áreas residenciais, de comércio e serviço (PORTO; BRASIL, 2013).

Segundo Gonçalves e Paiva (2004), as características do espaço nortearão a escolha das espécies, o tipo e a localização da arborização no meio urbano. Devem ser considerados: os limites disponíveis para o desenvolvimento das árvores (largura das faixas de rolamento e travessia de pedestres, largura dos passeios, alinhamento das edificações); a configuração geral da paisagem do entorno; o perfil das edificações; o padrão de arborização urbana adotado em áreas circunvizinhas; condições para a visualização do mobiliário urbano e publicidade; aspectos históricos e sociais regionais.

O aspecto mais importante e indispensável na escolha de espécies a serem plantadas em vias urbanas é quanto ao espaço disponível: presença de

redes elétricas, largura das calçadas e da via, recuo predial, rede de drenagem pluvial e hidráulica. O espaço útil fica vinculado ao porte de cada espécie (SDSMA, 2013).

Além do porte, Gonçalves (1999) salienta que ao escolher a espécie, é necessário conhecer algumas características intrínsecas à sua natureza, reduzindo assim os riscos de escolhas indevidas, como se destacam: boa tolerância a poluentes; elevada resistência a pragas e doenças; adequada adaptabilidade às condições de compactação do solo do local; ciclo de vida e longevidade; tamanho e cor das flores e frutos; época e duração do florescimento; grande rusticidade; tronco esguio, único e resistente; ausência de espinhos, acúleos ou substâncias tóxicas; formato da copa adequado ao espaço disponível; tipo e formato de folhas, ausência de caducifolia; sistema radicular pivotante profundo.

A manutenção, condução e monitoramento contínuo das árvores urbanas é primordial no planejamento e gestão das cidades. Conhecer e respeitar essas predeterminações, durante a fase de planejamento, implantação e manejo, irão garantir que os benefícios gerados pela arborização se cumpram, sem que haja grandes conflitos entre as árvores, demais estruturas urbanas e a sociedade, proporcionando uma convivência harmônica e sadia (KUHNS; REITER, 2007).

No âmbito da operação de poda propriamente dita é importante se discutir como ser uma poda correta do ponto de vista técnico e fisiológico das árvores. Nesse aspecto, a técnica utilizada, os equipamentos, a periodicidade e a intensidade de intervenção podem ser destacadas num programa de podas (CEMIG, 2011).

Segundo o manual e recomendação da Concessionaria, a poda deve ser feita por equipe treinada e experiente, munida de Equipamentos de Proteção Individual, promovendo a realização de cortes precisos e sem lascas, com uso de ferramentas adequadas, respeitando-se e protegendo a região do colar que será

responsável pelo processo de cicatrização da injúria. Quanto à frequência e intensidade das intervenções, recomenda-se um maior número de atividades com baixa intensidade, respeitando o limite de viabilidade econômica, ou seja, um maior número de operações, removendo-se o menor percentual de copa possível em cada uma delas, de forma a minimizar os efeitos deletérios da retirada de porções de copa viva e fotossinteticamente ativas.

### **3.3 Manutenção de árvores em arborização**

A árvore, como todo ser vivo, possui um ciclo de vida e interage, neste tempo, com o meio onde vive. Esta é uma relação estreita e de mão dupla, de modo que o meio define condições à sobrevivência e desenvolvimento da árvore, que, em contrapartida, altera o ambiente em que está inserida (FERREIRA, 2004). No ambiente antropizado, com características bem distintas do meio natural das plantas, essa convivência se estabelece de forma diferente, exigindo cuidados (MILANO; DALCIN, 2000).

Após o plantio, medidas de manutenção precisam ser aplicadas, garantindo adequado desenvolvimento às árvores e a redução de riscos. A manutenção compreende todas as práticas necessárias para manter as árvores com saúde, vigor e compatíveis com o ambiente em que estão inseridas. As atividades de manutenção mais aplicadas são: irrigação, adubação, controle de pragas e doenças, podas e substituição de indivíduos senescentes (PCSP, 2011).

Desse tratos silviculturais, a poda e substituição de indivíduos merecem destaque especial no manejo da arborização urbana (ALMEIDA, 2006). A poda é definida como o ato de cortar ramos vivos ou mortos, enquanto a substituição é a remoção de indivíduos senescentes e o plantio de novos, de forma que sejam mantidos os benefícios e relações no sistema de origem (BIONDI; ALTHAUS, 2005).

Desde a pré-história, o homem pratica a poda, para a indução de floração e a produção de frutos, além da remoção e seleção de indivíduos e/ou espécies, valorizando àquelas de seu interesse (TOZONI-REIS, 2004).

Na atualidade, as práticas de poda são adotadas nas cidades para a compatibilização da arborização aos demais componentes do meio urbano, seja na fase de produção da muda ou na formação do indivíduo em seu local de plantio (KUHNS; REITER, 2007). Elas têm como objetivo garantir a formação, a manutenção e a sanidade dos indivíduos arbóreos, concomitantemente a segurança do ambiente urbano e da sociedade (LEAL, 2007).

Árvores cujas características são adequadas ao espaço urbano em que estão plantadas, somadas à manutenção continuada, segundo aspectos técnicos prescritos para cada espécie, são notadamente mais longevas e despedem-se de um montante inferior de recursos, ao longo de sua vida, já que assim mantêm sua sanidade e reduzem-se os conflitos no meio urbano (SANTOS et al., 2015).

Segundo a NBR 16246 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, 2013), a poda de formação é aplicada nas fases mais juvenis das árvores, visando à condução do tronco e da copa, dando forma à árvore. Já a poda de manutenção ou de limpeza consiste na remoção de galhos e ou/outras estruturas arbóreas senescentes, danificados e/ou ocupando locais indesejados. A poda de segurança trata da eliminação de ramos que apresentem riscos à segurança e à integridade da população circunvizinha, antes que estes atinjam e danifiquem outras estruturas urbanas ou que venham ao solo (SEITZ, 1995).

Em relação à poda de segurança, nas cidades brasileiras, a poda de desobstrução de redes aéreas de distribuição de energia elétrica merece um adendo particular, em razão de sua importância (CEMIG, 2011). Esta é realizada com muita frequência pelas concessionárias de distribuição de eletricidade e têm por finalidade promover a retirada de ramos e outras estruturas arbóreas que

estejam em contato ou a uma distância não segura em relação às redes, a fim de que se mantenha a qualidade do fornecimento de eletricidade e a segurança física e patrimonial (LEAL, 2007). A intensidade e o número de podas necessárias no tempo e espaço variam conforme a espécie plantada, seu ritmo de crescimento, porte e do modelo de rede existente no local (VELASCO; LIMA; COUTO, 2006).

A remoção e/ou substituição de indivíduos também é uma prática essencial no manejo da arborização urbana, a fim de se evitar acidentes. Por meio de programas permanentes de avaliação de risco em árvores, busca-se identificar, remover e substituir indivíduos inadequados ou com defeitos estruturais, reduzindo assim os riscos de danos ao patrimônio urbano (PORTO; BRASIL, 2013).

A avaliação de risco se dá basicamente pela ponderação de três fatores: a relação entre o porte do indivíduo ou espécie e o espaço disponível para seu desenvolvimento; a identificação de sinais de baixa sanidade na árvore em questão; e a ponderação do alvo de uma possível queda. Árvores de porte inadequado ao local de plantio, presença de galhos ou raízes interferindo na rede elétrica, tubulações ou outras estruturas urbanas, sintomas de senescência, incidência de pragas e doenças, galhos ou tronco ocos, lesões na casca ou tronco, podas sucessivas ou atos de vandalismo que prejudiquem a sanidade da planta podem indicar a necessidade de remoção e substituição do indivíduo, ainda mais se esse indivíduo estiver em uma área de grande movimentação de pessoas, próxima a hospitais, escolas ou outros locais de elevado valor social e/ou econômico (CEMIG, 2011).

Mesmo que a substituição seja de apenas uma árvore, a paisagem sofre um grande impacto pela retirada de um exemplar adulto e a colocação de uma nova muda. Por isso, o estudo e recomendação de substituição deve ser feito mediante a uma correta e profunda avaliação prévia, de preferência de forma

gradual e com plantio de novas árvores ao lado das árvores antigas (PORTO; BRASIL, 2013).

### **3.4 Setor elétrico brasileiro: geração, transmissão e distribuição**

Na história da sociedade, a energia elétrica ocupa lugar de destaque nas políticas de desenvolvimento de uma nação, tendo em vista a dependência de aspectos de qualidade de vida e crescimento econômico a ela relacionados. A eletricidade hoje é um direito humano básico, proporcionando trabalho, produtividade, conforto, comodidade, bem-estar e praticidade aos cidadãos. A sociedade contemporânea tem se tornado cada vez mais dependente da geração e fornecimento de energia, conseqüentemente, mais suscetível às falhas do sistema elétrico, o que vem se traduzindo em um maior número de exigências na qualidade do serviço prestado (REIS, 2015).

Verifica-se que, tanto no nível doméstico e comercial quanto em aplicações industriais, os consumidores e seus equipamentos estão cada vez mais sensíveis e dependentes das condições de operação do sistema de energia elétrica (BRASIL, 2015). Basta lembrar as dificuldades enfrentadas pelos consumidores, quando se verificaram interrupções de energia elétrica, causando perda de produtos perecíveis, paralisação de redes de telecomunicações, suspensão de serviços básicos de saúde, educação, segurança, prejuízos em atividades comerciais, etc. (HIDEKI et al., 2003).

Segundo dados da International Energy Outlook - IEO (2016), o consumo mundial de energia mais que dobrou de 1990 até os dias atuais, sendo que a perspectiva é que mais que triplique até 2030. O dado alarmante é que apenas 13,2% da matriz mundial são considerados renováveis, o que pode gerar, no futuro, um colapso energético.

No Brasil, os resultados do Balanço Energético Nacional (BRASIL, 2015), ano base 2014, mostraram que o consumo brasileiro foi da ordem de 265,9 Mtep, um acréscimo de 2,2% em relação ao ano de 2013. Segundo o mesmo relatório, 60,6% da matriz energética brasileira são advindas de fontes renováveis, bastante superior à média mundial, com destaque para hidráulica e a energia de biomassa de cana. No setor de fontes não renováveis, o petróleo e derivados respondem por 39,4% do total.

No país, dentre as fontes primárias e secundárias de energia, a hidráulica é a que mais contribui para produção de energia elétrica, com 66,2% em 2015, valor abaixo da média histórica nacional (acima de 70%), explicado pelo ano atípico de chuvas vivido, no Brasil, em 2015. Apesar desse déficit, o consumo brasileiro de energia elétrica cresceu 2,9% de 2013 para 2014, passando de 516,2 para 531,1 TWh (BRASIL, 2015).

Outro fato importante que deve ser mencionado é que, estando os locais produtores em regiões quase sempre distantes dos centros consumidores, são necessárias grandes extensões de linhas de transmissão e outras instalações para repartir e distribuir a energia nos centros de consumo, representando importantes investimentos e exigindo ações permanentes de planejamento, operação e manutenção (LEÃO, 2009). As condições de não armazenamento e de não violação das restrições operativas impõem às concessionárias uma produção contínua e ininterrupta, além do dimensionamento do sistema elétrico definido pelo nível máximo de energia demandada (REIS, 2015).

Segundo Goldemberg e Lucon (2007), os sistemas elétricos são tipicamente divididos em segmentos: geração, transmissão, distribuição e comercialização. No Brasil, o sistema atual de energia elétrica é baseado em grandes usinas de geração que levam a energia, através de sistemas de transmissão de alta tensão, até regiões próximas aos polos consumidores. A

partir daí esta é transformada e distribuída em redes de média e baixa tensão, chegando, enfim, aos consumidores finais.

Na geração, uma tensão alternada é produzida, com frequência fixa e amplitude variável (baixa, média ou alta tensão). As redes de transmissão ligam as grandes usinas de geração às áreas de consumo. Poucos consumidores, com um alto consumo de energia elétrica, são conectados diretamente às redes de transmissão onde predomina a estrutura de linhas aéreas. A segurança é um aspecto fundamental para esse setor, pois qualquer falha nesse nível acarretará na interrupção de suprimento a um grande número de consumidores (LEÃO, 2009).

Os circuitos individualizados (ramais) que transportam energia elétrica das subestações de distribuição ao consumidor final são chamados de alimentadores. Essas redes de distribuição locais são encarregadas de fornecer energia a consumidores industriais de médio e pequeno porte, aos setores comercial e de serviços, e também a residências. Essas seções de distribuição são, muitas vezes usadas como unidade de manejo e controle do sistema (GOLDENBERG; PRADO, 2003).

Segundo Reis (2015), existem basicamente quatro tipos de redes de distribuição de energia elétrica: a rede de distribuição aérea convencional, a rede de distribuição aérea compacta, a rede de distribuição aérea isolada e a rede de distribuição subterrânea.

A rede de distribuição aérea convencional é a mais encontrada no Brasil, caracterizada por condutores nus, apoiados sobre isoladores de vidro ou porcelana, fixados sobre cruzetas de madeira. Esta é uma rede totalmente desprotegida contra as influências do meio ambiente, com alta taxa de falhas, exigindo que sejam feitas podas de maior intensidade e frequentes nas árvores, já que, o simples contato do condutor nu com um galho pode provocar o desligamento da rede (CEMIG, 2011).

Já a rede de distribuição aérea compacta é constituída de três condutores encapados, sustentados por um cabo mensageiro e espaçadores plásticos, ficando dispostos em um arranjo de losango compacto. Os cabos encapados são protegidos, mas não isolados eletricamente, por não terem campo elétrico confinado, possibilitando o contato leve de ramos ao condutor sem que haja curto circuito, reduzindo, assim, a necessidade, intensidade e a frequência de podas em árvores acerca dessa modalidade de rede (GOLDEMBERG; PRADO, 2003).

Já a rede de distribuição aérea isolada também possui condutores encapados, porém, com isolamento elétrico, o que possibilita que sejam trançados, reduzindo consideravelmente sua área de influência e conflito com a arborização das cidades. Este é o módulo mais caro dentre as redes aéreas existentes (VELASCO; LIMA; COUTO, 2006).

A rede de distribuição subterrânea é aquela que proporciona o maior nível de confiabilidade ao sistema, melhor resultado estético e quase nenhuma influência à arborização urbana, visto que as redes ficam enterradas. Nesse sistema, há significativa redução no número de interrupções, preservação do recurso arborização, redução dos riscos de acidentes com a rede e também dos custos de manutenção, principalmente relacionados às podas. No entanto, sua implantação e manutenção são muito caras, requerendo um investimento inicial de até dez vezes àquele ligado às redes aéreas, sendo, portanto, atualmente usada apenas em condomínios de alto padrão ou em regiões com grande aglomeração populacional e/ou com restrições ao uso de redes aéreas (PIRELLI, 2000).

A oferta da energia elétrica aos usuários é realizada por meio da prestação de serviço público concedido para exploração de entidades privadas ou governamentais, por meio de concessão ou permissão do poder público (GOLDENBERG; PRADO, 2003). Essas companhias têm de cumprir uma série

de metas estabelecidas pelas agências reguladoras relativas à qualidade do fornecimento (REIS, 2015).

Segundo normativa da Agência Nacional de Energia Elétrica (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL, 2010), as concessionárias que geram e distribuem energia elétrica no território nacional têm de cumprir uma série de metas, no que tange à continuidade do fornecimento aos consumidores, sendo avaliadas mensal, trimestral e anualmente quanto à frequência e ao tempo de interrupções ao longo das redes de sua responsabilidade, de modo a garantir ao sistema geração e distribuição integral e contínua, podendo sofrer uma série de sanções previstas em contrato ou até perderem a concessão em casos mais graves de descumprimento dos acordos.

A definição de metas segue indicadores coletivos e individuais de qualidade do serviço de fornecimento, segundo resolução da ANEEL (ANEEL, 2010). Os índices de qualidade mais relevantes são: duração equivalente de interrupção por unidade consumidora (DEC), frequência equivalente de interrupção por unidade consumidora (FEC), duração de interrupção individual por unidade consumidora (DIC), frequência de interrupção individual por unidade consumidora (FIC) e duração máxima de interrupção contínua por unidade consumidora (DMIC). Vale destacar que, na contabilização desses indicadores, são consideradas somente interrupções com duração maior ou igual a três minutos.

Segundo Kagan, Oliveira e Robba (2005), DEC é o intervalo de tempo médio, no período de observação, em que cada unidade consumidora do conjunto considerado, sofreu com uma descontinuidade na distribuição de energia elétrica. Já a FEC corresponde ao número médio de interrupções ocorridas no período de observação, em cada unidade consumidora do conjunto considerado. DIC é o intervalo de tempo real em que, no período de observação,

houve descontinuidade na distribuição a uma determinada unidade consumidora. FIC refere-se ao número real de interrupções ocorridas no período de observação, para cada unidade consumidora de interesse. Por fim, DMIC é o período de tempo máximo de interrupção contínua observado para uma determinada unidade consumidora.

Os indicadores coletivos são particularmente úteis à agência reguladora de modo a promover uma avaliação contínua das concessionárias e dos serviços prestados por elas, enquanto os individuais servem mais especificamente ao interesse de consumidores pontuais para avaliação do atendimento particular (ANEEL, 2010).

Uma interrupção gera transtornos e prejuízos. Quantificá-los é relativamente complexo, já que envolvem uma série de fatores interdependentes, como: o tempo de suspensão no fornecimento de energia, o tamanho e tipo de área afetada (comercial, residencial, industrial, etc.), danos ao patrimônio relacionados à falha, os custos relativos aos reparos da rede, dentre outros (VELASCO; LIMA; COUTO, 2006). Contudo, uma análise regular de falhas e suas compensações financeiras são cobradas diretamente das empresas concessionárias pelos órgãos reguladores.

Segundo dados da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL (2016), as 63 distribuidoras que operam no Brasil atualmente, pagaram, no ano de 2015, o montante de R\$ 263 milhões em compensações aos consumidores, por interrupções no fornecimento de energia, além do tempo máximo permitido. Segundo Fink (2013), em 2012, o custo médio anual de ressarcimento por falhas na distribuição de energia no município de Ijuí/RS foi de R\$ 939,18 por km de rede. Ambos os dados demonstram a relevância em se buscar elementos de manejo do sistema que minimizem a frequência e duração de falhas, aumentando a segurança do sistema elétrico brasileiro e reduzindo custos.

O evento interrupção pode se dar pelo simples toque entre um objeto aterrado e os sistemas condutores de energia elétrica, bem como, por sua proximidade ao campo magnético do condutor, dependendo da tensão, com risco de que ocorra um fechamento de curto e, conseqüente, uma interrupção naquele ramal (GONÇALVES, 2004).

Interrupção causa-árvore são consideradas todas e quaisquer suspensões no fornecimento de energia elétrica, para um ou mais estabelecimentos comerciais, residenciais ou industriais, decorrentes da interação danosa entre a árvore e o sistema de distribuição de energia elétrica. A interrupção pode se dar pela queda de todo ou parte do indivíduo arbóreo sobre a rede de distribuição ou pelo simples contato de folhas, ramos, tronco etc. com os cabos, gerando curtos-circuitos e queda no sistema (CEMIG, 2011).

Em Minas Gerais, por exemplo, a CEMIG realizou, no ano de 1998, 200.000 podas e registrou 15.000 desligamentos em decorrência do conflito das redes elétricas com as árvores (FONSECA; CASTRO; REZENDE, 1999).

Dentre as mais diversas causas de interrupção de fornecimento, a causa-árvore sempre se encontra nas primeiras posições do ranking (FARIA; MONTEIRO; FISCH, 2007). Isso se deve à proximidade natural entre a rede e os indivíduos arbóreos urbanos, aliados à deficiência no processo de planejamento e manejo da arborização (CEMIG, 2011).

Segundo os dados levantados por Carmelo, AES Eletropaulo e Seitz (2005), na cidade de São Paulo, no triênio de 2002 a 2004, os desligamentos de energia elétrica que têm como causa apenas a arborização urbana foram da ordem de 15 % do total de casos e mais de 30% quando tratadas somente as causas ambientais. Os autores mencionam que esses valores podem superar os 25% e 40% em função do local, intempéries climáticas, porte da arborização e deficiência no manejo. Além disso, comentam que, em sua grande maioria, falhas ocorrem durante períodos de intempéries climáticas, onde a interferência

da vegetação pode chegar a ser responsável por 70% das causas de interrupção, quando não manejadas corretamente. Tudo isso vem a corroborar com a relevância da prática do manejo correto da arborização urbana para que as árvores cumpram seu papel ambiental e as empresas concessionárias consigam manter e melhorar a qualidade de seus serviços prestados.



#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Diante de todo o exposto, apesar de sua importância comprovada diante dos inúmeros benefícios ambientais, estéticos e psicológicos, a arborização urbana de um modo geral, ainda tem sido tratada com certo desprezo no Brasil. É importante que haja uma conscientização geral para o aumento dos estudos em arborização urbana e áreas verdes, buscando compreender melhor a relação entre árvores urbanas e os demais elementos estruturais, para adoção de medidas concretas de planejamento, implantação e manejo da arborização na busca por uma melhor condição de vida nas cidades e redução dos conflitos.

Nesse contexto, se inserem as redes de distribuição de energia elétrica aéreas como um dos componentes dos mais importantes e conflitantes nesta relação. Por sua proximidade e convivência íntima, árvores e redes competem por espaço e geram cuidados. O planejamento e manejo tanto dos sistemas de redes, quanto da arborização deveria ser correlato e direto, minimizando efeitos danosos e levando a uma convivência harmoniosa, o que ainda está bem distante nas condições brasileiras.

Arborizar é uma atividade complexa, onerosa e que requer planejamento adequado para que cumpra com seus objetivos e minimize os conflitos. Em razão disso, a seleção de espécies, o plantio e correto manejo das árvores no meio urbano já não podem ser realizados de forma amadorística. Arborizar deve envolver avaliações estéticas, ecológicas, fisiológicas, sociais, econômicas e políticas, numa complexa cadeia de planejamento urbano.



## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Indicadores de qualidade, 2015**. Brasília: ANEEL, 2016. Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/indicadores\\_de\\_qualidade/](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/indicadores_de_qualidade/) Acesso em: 14/06/2016>. Acesso em: 15 mar. 2018.

\_\_\_\_\_. **Procedimentos de Distribuição no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST**: módulo 8. Brasília: ANEEL, 2010. 424 p.

ALMEIDA, A. L. B. dos S. de S. S. L. de. **O valor das árvores: árvores e floresta urbana de Lisboa**. 2006. 344 p. Tese (Doutorado em Arquitetura Paisagista) - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2006.

ANDREATTA, T. R. et al. Análise da arborização no contexto urbano de avenidas de Santa Maria, RS. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 6, n. 1, p. 36-50, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 16246**: florestas urbanas: manejo de árvores, arbustos e outras plantas lenhosas, parte 1: Poda. Rio de Janeiro: ABNT, 2013. 14 p.

BIONDI, D. **Curso de arborização urbana**. Curitiba: [s.n.], 2000. 45 p.

BIONDI, D.; ALTHAUS, M. **Árvores de rua de Curitiba**: cultivo e manejo. Curitiba: FUPEF, 2005. 182 p.

BRASIL. **Balanco Energético Nacional 2015**: ano base 2014. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2015. 62 p.

BUSARELLO, O. Planejamento urbano e arborização. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 3., 1990, Curitiba. **Anais ...** Curitiba: FUPEF, 1990. p. 54-59.

CABRAL, P. I. Arborização urbana: problemas e benefícios. **Especialize**, Goiânia, v. 1, n. 6, p. 1-15, 2013.

CARMELO, S. R.; AES ELETROPAULO; SEITZ, R. A. **Diagnóstico das interferências de árvores na rede de distribuição aérea de energia elétrica**. Curitiba: Ed. UFPR, 2005. 9 p.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS - CEMIG. **Manual de arborização**. Belo Horizonte: CEMIG/Fundação Biodiversitas, 2011. 112 p.

DETZEL, V. A. **Avaliação monetária e de conscientização pública sobre arborização urbana**: aplicação metodológica à situação de Maringá/PR. 1993. 84 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1993.

FARIA, J. L. G.; MONTEIRO, E. A.; FISCH, S. T. V. Arborização de vias públicas do município de Jacareí-SP. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 2, n. 4, p. 20-33, dez. 2007.

FERREIRA, J. V. R. **Análise de ciclo de vida dos produtos**. Viseu: Instituto Politécnico de Viseu, 2004. 80 p.

FINK, A. **Viabilidade das redes compactas protegidas na distribuição de energia elétrica**. 2013. 54 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2013.

FONSECA, E. M. B.; CASTRO, P. M.; REZENDE, A. P. S. A CEMIG: sua atuação e influência na arborização urbana. In: ENCONTRO NACIONAL DE ARBORIZAÇÃO URBANA, 8., Fortaleza, 1999. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, 1999. p. 47-48.

FONTOURA, L. F. M. Campo, cidade e a natureza recriada na artificialidade urbana. **Boletim Gaúcho de Geografia**, Porto Alegre, n. 36, p. 43-51, 2011.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energia e meio ambiente no Brasil. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 21, n. 59, p. 7-20, 2007.

GOLDEMBERG, J.; PRADO, L. T. S. Reforma e crise do setor elétrico no período FHC. **Tempo Social**, São Paulo, v. 15, n. 2, p. 219-235, Nov. 2003.

GÓMEZ-BAGGETHUN, E.; BARTON, D. N. Classifying and valuing ecosystem services for urban planning. **Ecological Economics**, Amsterdam, v. 86, p. 235-245, Feb. 2013.

GONÇALVES, E. O. et al. Avaliação qualitativa de mudas destinadas à arborização urbana no estado de Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 479-486, jul./ago. 2004.

GONÇALVES, W. Florestas urbanas. **Ação Ambiental**, Viçosa, v. 9, n. 1, p. 17-19, 1999.

GONÇALVES, W.; PAIVA, H. N. **Árvores para o ambiente urbano**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2004. 243 p.

HIDEKI, E. et al. Determinação do custo de interrupção de energia elétrica de clientes industriais at/mt. In: CONGRESSO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA EM ENERGIA ELÉTRICA, 2., 2003, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ANEEL, 2003. p. 139-144.

INTERNATIONAL ENERGY OUTLOOK. **World energy demand and economic outlook**. Washington: IEO, 2016. 11 p.

KAGAN, N.; OLIVEIRA, C. C. B. de; ROBBIA, E. J. **Introdução aos sistemas de distribuição de energia elétrica**. São Paulo: Edgard Blucher, 2005. 328 p.

KUHNS, M. R.; REITER, D. K. Knowledge of and attitudes about utility pruning and how education can help. **Arboriculture and Urban Forestry**, Champaign, v. 33, n. 4, p. 264-274, 2007.

LAERA, L. H. N. **Valoração econômica da arborização**: a valoração dos serviços ambientais para a eficiência e manutenção do recurso ambiental urbano. 2006. 131 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2006.

LEAL, L. **Custos das árvores de rua**: estudo de caso: cidade de Curitiba/PR. 2007. 124 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

LEÃO, R. **GTD - Geração, transmissão e distribuição de energia elétrica**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2009. 38 p. 1 Apostila.

MELO, E. F. R. Q.; SEVERO, B. M. A. Avenida Brasil (Passo Fundo, Rio Grande do Sul): diversidade da vegetação e qualidade ambiental. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 5, n. 3, p. 1-17, 2010.

MILANO, M. S. Arborização urbana. In: UNIVERSIDADE LIVRE DO MEIO AMBIENTE - UNILIVRE. **Curso sobre arborização urbana**. Curitiba: UNILIVRE/PMC, 1994. p. 1-52.

MILANO, M. S.; DALCIN, E. **Arborização de vias públicas**. Rio de Janeiro: Light, 2000. 226 p.

OLIVEIRA, M. de et al. Reflexos da evolução urbana sobre a arborização em Erechim, Sul do Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 8, n. 2, p. 86-103, 2013.

PIRELLI. Fios e postes, desapareçam! **Revista Pirelli Club**, São Paulo, n. 12, p. 8-12, 2000.

PORTO, L P. M.; BRASIL, H. M. S. (Ed.). **Manual de orientação técnica da arborização urbana de Belém: guia para planejamento, implantação e manutenção da arborização em logradouros públicos**. Belém: Edufra, 2013. 108 p.

PREFEITURA DA CIDADE DE SÃO PAULO. **Manual técnico de arborização urbana**. 2. ed. São Paulo: SVMA/SMSP, 2011. 122 p.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ARACRUZ. **Manual de recomendações técnicas para projetos de arborização urbana e procedimentos de poda**. Aracruz: Prefeitura Municipal, 2013. 34 p.

REIS, L. B. **Geração de energia elétrica**. 2. ed. Barueri: Manole, 2015. 447 p.

REZENDE, A. P. S. O programa de compatibilização da arborização urbana com redes de energia elétrica da CEMIG. In: ENCONTRO PARA CONSERVAÇÃO DA NATUREZA, 1., 1997, São Paulo. **Anais...** São Paulo: CMCN, 1997. p. 336-339.

SANTOS, C. Z. A. et al. Análise qualitativa da arborização urbana de 25 vias públicas da cidade de Aracaju-SE. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 3, p. 751-763, jul./set. 2015.

SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E MEIO AMBIENTE - SDSMA. **Manual de arborização: orientações e procedimentos técnicos básicos para a implantação e manutenção da arborização da cidade do Recife**. Recife: SMAS, 2013. 71 p.

SEITZ, R. A. **Manual da poda de espécies arbóreas florestais**. Curitiba: FUPEF, 1995. 56 p.

TOZONI-REIS, M. F. C. **Educação Ambiental, natureza, razão e história**. Campinas: Autores Associados, 2004. 185 p.

VELASCO, G. N.; LIMA, A. M. L.; COUTO, H. T. Z. Análise comparativa dos custos de diferentes redes de distribuição de energia elétrica no contexto da

arborização urbana. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 679-686, jul./ago. 2006.

VOGT, J.; HAUER, R. J.; FISCHER, B. C. The costs of maintaining and not maintaining the urban forest: a review of the urban forestry and arboriculture literature. **Arboriculture & Urban Forestry**, Champaign, v. 41, n. 6, p. 293-323, Nov. 2015.



**SEGUNDA PARTE - ARTIGOS**

**ARTIGO 1 - ARBORIZAÇÃO URBANA E REDES DE DISTRIBUIÇÃO  
DE ENERGIA ELÉTRICA NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO  
HORIZONTE**

**ARTICLE 1 - URBAN FORESTRY AND THE ENERGY SYSTEMS IN  
THE METROPOLITAN AREA OF BELO HORIZONTE**

**Artigo redigido conforme a NBR 6022 (ABNT, 2003) e formatado de acordo  
com o Manual da UFLA de apresentação de teses e dissertações.**

## RESUMO

O processo de concentração populacional promove alterações no ambiente com impactos na qualidade de vida. A arborização urbana torna-se essencial, devendo sua implantação e manutenção ser criteriosa a fim de evitar conflitos. Objetivou-se, neste trabalho, analisar a interação entre arborização urbana e redes de distribuição de energia na Região Metropolitana de Belo Horizonte. Verificou-se que os fatores mais relevantes foram o tipo de rede e a manutenção das árvores. O porte da espécie e a resistência mecânica da madeira são determinantes na demanda por manutenções para assegurar uma relação harmônica com a rede elétrica. Em razão do predomínio de redes desprotegidas, deve-se atentar para a associação entre a escolha da espécie arbórea e a respectiva demanda por manutenção. Sob redes isoladas, a necessidade de manutenção, o número de desligamentos e de danos físicos são minimizados.

**Palavras-chave:** Árvores urbanas. Interrupções. Manutenção.

## ABSTRACT

The process of populational growth promotes alterations to the environment and impacts the quality of life. Urban forestry is essential, but its implementation and maintenance must follow some criteria to avoid conflicts. This work aimed at analyzing the interaction between urban forestry and energy systems in the Metropolitan Area of Belo Horizonte. The most relevant factors were the type of energy systems and the maintenance of the trees. The size of the species and the mechanical resistance of the wood are important to determine the demand for maintenance and ensure a harmonic relationship between the plants and the energy systems. Due to the predominance of unprotected energy systems, considering the association between the tree species and their demand for maintenance is important. In isolated energy systems, the need for maintenance, the number of shutdowns and physical damages are minimized.

**Keywords:** Urban trees. Interruptions. Maintenance.

## 1 INTRODUÇÃO

As modificações no ambiente resultantes do desenvolvimento econômico, do processo contínuo de urbanização e do êxodo rural têm levado à perda gradual do vínculo entre homem e natureza, notadamente a partir da revolução industrial no século XIX. Como consequência desse processo, o modelo de urbanização passou a afetar diretamente a qualidade de vida das pessoas, causando diversos problemas de saúde coletiva e individual (CABRAL, 2013). Diante dessa tendência contemporânea de concentração populacional, torna-se imprescindível a busca de alternativas para tornar o ambiente urbano mais aprazível, compatibilizando crescimento demográfico com conservação ambiental, assegurando um mínimo de qualidade de vida nas cidades (FONTOURA, 2011).

A arborização, a criação de jardins, parques e florestas urbanas são medidas mitigatórias aos impactos negativos do processo de urbanização, uma vez que proporcionam a qualidade do ar, o aumento do prazer contemplativo e estético, a estabilidade microclimática e o conforto térmico, a redução da poluição sonora, a valorização de espaços, além de servir de abrigo e alimento à fauna, dentre outros efeitos (GÓMEZ-BAGGETHUN; BARTON, 2013).

Arborizar é uma atividade onerosa e requer planejamento e tecnificação. Realizada de maneira correta, minimiza a necessidade de intervenções futuras e riscos de conflitos entre árvores e outras estruturas urbanas (MELO; SEVERO, 2010). Infelizmente, no Brasil, a grande maioria dos complexos urbanos não possui secretarias ou outros órgãos governamentais específicos para o cuidado com arborização, conseqüentemente, inúmeros são os problemas (SANTOS et al., 2015).

Dentre as estruturas urbanas, a rede de distribuição de energia elétrica e de iluminação pública apresenta maior potencial de interação com a arborização

(COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS - CEMIG, 2011). Diante disso, a seleção adequada do tipo de rede de distribuição de energia e o planejamento e manutenção da arborização geram segurança ao sistema elétrico, com efetiva redução no risco de acidentes, redução no número de ocorrências de interrupções no fornecimento de energia e iluminação, associados à interação entre a árvore e a rede elétrica (VELASCO; LIMA; COUTO, 2006).

Conduziu-se este trabalho com o objetivo de estudar a relação e a interação entre a arborização e as redes urbanas de distribuição de energia elétrica.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Área de estudo**

O trabalho foi desenvolvido na região metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), onde se situa a capital do estado de Minas Gerais, com uma área de 331 km<sup>2</sup> (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2013). Belo Horizonte é uma das capitais mais arborizadas do Brasil, possuindo em torno de 600 mil árvores urbanas, em ruas, parques, praças, além de diversas áreas verdes e quintais particulares. Tudo isso leva o percentual de áreas verdes por habitante se manter acima do mínimo de 10 a 12 m<sup>2</sup> por habitante, recomendado pela Organização Mundial da Saúde (GOMES, 2005).

### **2.2 Sistemas de distribuição de energia elétrica**

Na RMBH, predominam as redes de distribuição de energia elétrica do tipo aérea e, em sua maioria com cabos condutores sem isolamento elétrico, interligada a aproximadamente 400 alimentadores, dos quais um terço se localiza em perímetro urbano. Alimentadores são circuitos individualizados ou ramais que transportam energia elétrica das subestações de distribuição ao consumidor final (CEMIG, 2011).

Realizou-se, inicialmente, um estudo exploratório para avaliar as características dos alimentadores e as informações disponíveis em cada sistema. Posteriormente, considerando a extensão, o tipo de rede, as classes de consumidores, a intensidade de arborização (VOLPE-FILIK; SILVA; LIMA, 2007), foram selecionados alimentadores e redes representativas da RMBH, para fins de avaliar a relação entre as redes de distribuição e a arborização

adjacente, a partir da análise de interrupções registradas nos sistemas alimentadores.

### **2.3 Análise do histórico de interrupções**

Para análise do histórico de interrupções foram levantadas informações no banco de dados da CEMIG Distribuição, adotando-se um horizonte temporal de cinco anos, entre 2010 a 2015, na área de abrangência da RMBH. A base de dados considera 13 classes de causas ambientais de interrupção: abaloamento, pássaros, animais, pipas, bola, outros objetos na rede, obras civis, causas industriais, incêndios/queimadas, vandalismo, ligações clandestinas, poda de árvores realizada por terceiros e por causa árvore.

Os dados de frequência de interrupções foram processados de modo a obter-se a evolução histórica anual percentual, destacando a importância relativa de cada uma das causas e sua evolução ao longo do tempo, no período avaliado.

### **2.4 Análise de sistemas alimentadores e interrupções por causa árvore**

Para análise aprofundada das relações de causa e efeito entre a arborização e as interrupções foram filtrados os dados de interrupção por causa árvore, adotando os sistemas alimentadores como unidade de avaliação.

O porte das árvores e as espécies presentes, bem como os tipos de rede identificados dentro do circuito alimentador no momento da inspeção técnica foram considerados fixos no tempo e no espaço, proporcionando uma análise pontual coerente.

Cada alimentador possui comprimento e estrutura interna de malhas particulares, o que, de certa forma, dificulta análises comparativas diretas entre eles. Por isso, com intuito de padronizar os parâmetros avaliados para os

alimentadores, propôs-se uma relativização das unidades de medida para as variáveis mensuradas, por meio do uso de uma avaliação relação básica “n” unidades do fator considerado, por quilômetro de rede.

Nessas avaliações, foram adotados dois horizontes temporais. Para os fatores gerais de causa de interrupções (tipo de rede, densidade de árvores, espécies, porte e manejo de podas), os efeitos foram analisados entre julho de 2014 e junho de 2015. Para a análise das interrupções propriamente ditas, os dados foram colhidos entre julho de 2015 e junho de 2016. Essa diferença se deve ao fato de que as manutenções realizadas em um dado ano, surtam efeito significativo em interrupções, apenas no ano seguinte ao procedimento, ou seja, as intervenções realizadas nas árvores num dado ciclo de poda terão influência direta na redução de casos de interrupções por causa árvore, apenas no próximo ciclo de observação.

Do total de cerca de 400 alimentadores no perímetro de distribuição da RMBH, foram selecionados 142 para fins de amostragem, sendo excluídos os ramais demasiadamente rurais e/ou com informações incompletas no banco de dados.

Dentro dos 142 alimentadores previamente selecionados, foram amostrados 30 alimentadores, com reposição, de modo a formar dois grupos de contrastes equilibrados, com 15 alimentadores cada um. O primeiro grupo foi composto pelos 15 alimentadores com maior valor do fator causal de desligamentos e o segundo grupo com a menor incidência dos mesmos, dentro do prazo de manutenção vigente.

Os fatores-causa de interrupções estudados foram: densidade de árvores, tipos de rede (relação percentual de redes isoladas e não isoladas), porte das árvores (pequeno, médio e grande) e intensidade de poda recomendada (percentual de copa podada durante a manutenção entre 10 a 30%). Foi avaliada

como variável a frequência anual de interrupções por quilômetro de rede estudada.

Segundo os parâmetros dendrométricos definidos na manutenção das árvores sob redes de distribuição de energia elétrica da CEMIG no ato das inspeções em campo, são consideradas árvores com porte pequeno aquelas cujas copas não atingem as linhas de baixa tensão (BT), ou seja, menores que 6,2 m de altura; de médio porte, aquelas cujas copas ficam entre a baixa (BT) e média tensão (MT), ou seja, com altura entre 6,2 e 8,5 m; e de grande porte, aquelas que possuem copas acima dos fios de média tensão (MT), ou seja, superiores à 8,5 m.

## **2.5 Estudo da interação entre espécies e redes de distribuição de energia**

Foi estudada a relação entre as espécies arbóreas e a frequência de interrupções, a fim de identificar possíveis características dendrológicas associadas aos desligamentos. Para tanto, foram selecionadas as dez espécies com maior representatividade numérica (frequência) dentro de cada sistema alimentador, composto pelas 15 malhas com maior e as 15 com menor índice de desligamento. Dessa forma, buscou-se compreender melhor a relação entre as redes e as espécies comumente mais plantadas em vias de circulação.

## **2.6 Processamento e análise dos dados**

Os dados foram colhidos no banco de dados corrente da CEMIG Distribuição, tabulados e processados para a formação dos grupos-contraste para cada fator causa, com reposição. Dentro de cada grupo foi calculada a média e o desvio padrão para a variável estudada “frequência de interrupções por km de rede”. Sob as médias totais foi aplicado um teste t para a comparação entre as

médias, a 5% de probabilidade de erro, a fim de verificar se houve diferença significativa entre grupos, ou seja, se a maior ou menor incidência de cada fator causa variação estatisticamente significativa na variável resposta, identificando sua influência.

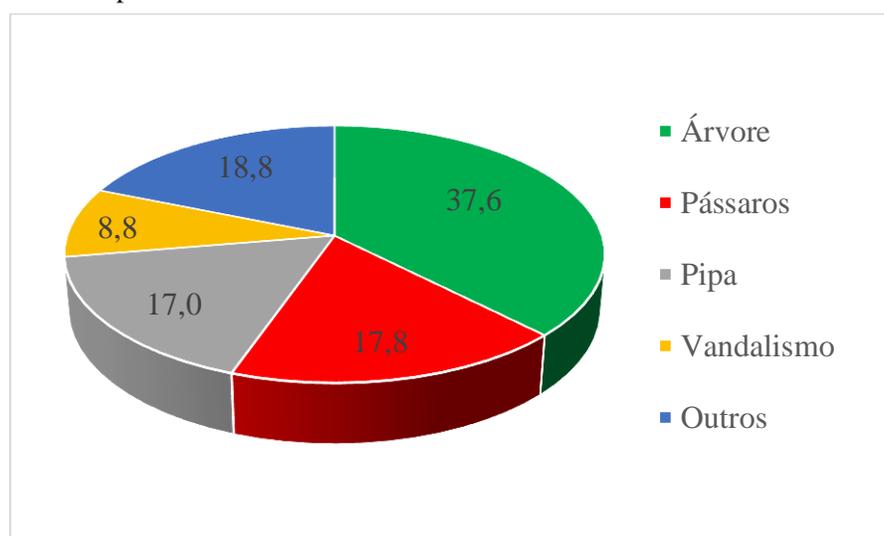


### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Análise geral das interrupções elétricas por causa ambiental

Os dados revelaram que mais de um terço das interrupções no fornecimento de energia elétrica na RMBH, por causas ambientais, foram em decorrência da interação entre sistema elétrico com a arborização urbana (FIGURA 1), demonstrando a relevância de estudos que tratam da interação entre as árvores e o sistema elétrico, como também destacam Carmelo, AES Eletropaulo e Seitz (2005).

Figura 1 - Média histórica, por causa, de interrupções no fornecimento de energia elétrica na a Região Metropolitana de Belo Horizonte no período de 2010 a 2015.

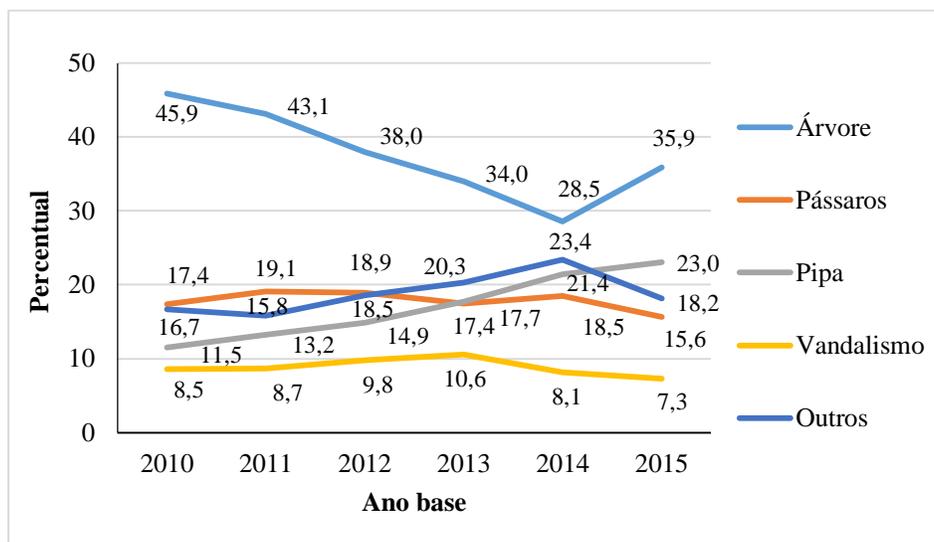


Fonte: Dados do autor (2019).

A frequência anual de interrupções por causa ambiental e elemento arbóreo na RMBH (FIGURA 2) revelam tendência de queda entre 2010 e 2014,

provavelmente associada com a melhoria no controle e manejo da arborização. Entretanto, entre 2014 e 2015, verificou-se crescimento nas interrupções por “causa árvore”, o que, segundo informações internas da CEMIG, pode estar associada à manutenção reduzida na arborização decorrente de cortes orçamentários naquele período.

Figura 2 - Progresso histórico de interrupções no fornecimento de energia elétrica, por causa, na a Região Metropolitana de Belo Horizonte no período de 2010 a 2015.



Fonte: Dados do autor (2019).

Por outro lado, os anos de 2012 e 2013 foram climaticamente atípicos, com registro de baixa de pluviosidade e pouca ocorrência de chuvas intensas na RMBH (INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET, 2014), certamente contribuindo para minimizar a incidência de interrupções, o que se normalizou no biênio seguinte, acarretando a elevação das interrupções.

Carmelo, AES Eletropaulo e Seitz (2005) também relatam interrupções por causa árvore na ordem de 30% na cidade de São Paulo, considerando

somente as causas ambientais, mas afirmam que esse valor pode situar-se entre 40 a 50%, em função das características do local, de intempéries climáticas, do porte da arborização e da deficiência em seu manejo.

O histórico da relação entre as interrupções no fornecimento de energia elétrica e a arborização urbana demonstra a necessidade de aprofundamento no estudo das possíveis causas do problema e também das soluções (CARMELO; AES ELETROPAULO; SEITZ, 2005; OLIVEIRA et al., 2013; SOARES et al., 2011; VELASCO; LIMA; COUTO, 2006).

### 3.2 Análise das interrupções elétricas por causa de árvores

A análise da relação entre redes e grupos de alimentadores de energia elétrica com a arborização urbana, considerando a densidade de árvores, o tipo de rede, o porte dos indivíduos arbóreos e a poda (Tabela 1) revelou efeito significativo somente para os fatores poda da copa e tipo de rede (isolada ou nua).

Tabela 1 - Valores médios de interrupções causa-árvore por km de rede e coeficientes de variação de interrupções para sistemas elétricos com maior e menor incidência de desligamentos, provocados pela densidade de árvores, tipo de rede, porte da árvore e intensidade de poda na RMBH entre julho de 2015 a julho de 2016.

(Continua)

<b>Frequência de Interrupções no sistema</b>	<b>Média de interrupções</b>	<b>Coefficiente de variação (%)</b>	<b>Significância pelo Teste t*</b>
<b>Densidade de árvores</b>			
Maior	1,03	41,2	0,1205 <sup>ns</sup>
Menor	0,78	39,8	
<b>Porte das árvores</b>			
Maior	0,84	44,1	0,9321 <sup>ns</sup>
Menor	0,86	45,4	

Tabela 1 - Valores médios de interrupções causa-árvore por km de rede e coeficientes de variação de interrupções para sistemas elétricos com maior e menor incidência de desligamentos, provocados pela densidade de árvores, tipo de rede, porte da árvore e intensidade de poda na RMBH entre julho de 2015 a julho de 2016.

(Conclusão)

<b>Frequência de Interrupções no sistema</b>	<b>Média de interrupções</b>	<b>Coefficiente de variação (%)</b>	<b>Significância pelo Teste t*</b>
<b>Percentual de copa podada</b>			
Maior	1,33	41,5	0,0003*
Menor	0,64	34,2	
<b>Rede nua versus rede protegida</b>			
Maior	0,99	44,9	0,0208*
Menor	0,46	40,3	

Fonte: Dados do autor (2019).

\*significativo a 5% pelo Teste t; <sup>ns</sup> não significativo a 5% pelo Teste t.

Apesar de o histórico geral apontar a causa por árvore como a principal causa ambiental de interrupções elétricas no estado de Minas Gerais e na RMBH, conforme relatado anteriormente, verificou-se que o porte e a densidade ao longo da rede de distribuição não apresentaram efeito significativo no aumento da incidência de interrupções. Portanto, a existência ou o porte da árvore, pura e simplesmente, não causam mais ou menos eventos conflituosos com a rede elétrica, caso haja o seu manejo adequado, por meio da poda, e/ou seu plantio ocorra sob rede isolada.

Essa constatação é bem relevante acerca da escolha e da manutenção de árvores urbanas, inclusive na adequação de espécies de grande porte presentes na malha. Por meio da poda, consegue-se minimizar os danos e conciliar uma arborização implantada e mal planejada com as redes elétricas. Assim, torna-se possível a implantação e manutenção da arborização, desempenhando o seu papel fundamental na qualidade ambiental e de vida nos tecidos urbanos, desde que esses princípios sejam respeitados e considerados no manejo e planejamento

das cidades (BIONDI; ALTHAUS, 2005; GONÇALVES; PAIVA, 2004; LEAL; BIONDI; ROCHADELLI, 2008; PREFEITURA DA CIDADE DE SÃO PAULO - PCSP, 2011; VOGT; HAUER; FISCHER, 2015).

Por outro lado, os dados analisados mostram que o manejo da poda aplicada aos indivíduos arbóreos, próximos das linhas de distribuição, gerou diferentes respostas nas interrupções. Podas de maior intensidade geraram maior frequência de interrupções no ano subsequente, comparativamente às intervenções mais brandas e recorrentes, já que, em ramais onde houve um maior número de indivíduos podados por mais de 30% de sua copa, foram observados os maiores índices de interrupções.

Segundo Balensiefer (1987), as podas de maior intensidade não são recomendadas, visto que, após a sua execução, ocorre uma superbrotação nas proximidades do corte e os novos ramos tendem a uma posição ascendente (ramos epicórmicos); com o aumento da circulação de seiva nesses ramos, há uma tendência de crescimento em altura, e o problema com a fiação elétrica volta a existir. Além disso, a capacidade de cicatrização dos ferimentos gerados é maior quanto menor for o diâmetro dos ramos cortados, justificando a recomendação da poda em maior número e pequenas intervenções realizadas na região no terço médio dos galhos (VELASCO; LIMA; COUTO, 2006).

Outro fato importante diz respeito aos custos e à complexidade do sistema de manejo de podas, ou seja, quanto menor a porcentagem de copa podada, menor será o custo dessa operação para a concessionária, sendo as podas de grande intensidade tidas como antieconômicas (BALENSIEFER, 1987). Portanto, em geral, recomenda-se a poda mais frequente com intervenções de menor intensidade, otimizando os processos e reduzindo os riscos de interrupção, como destacam Kuhns e Reiter (2007).

Analisando a relação entre a frequência de interrupções e os tipos de rede elétrica, verificou-se que a presença de redes desprotegidas gerou aumento

considerável no número de desligamentos. Esse fato demonstra que as redes não isoladas não garantem adequada proteção aos fios condutores, deixando-os susceptíveis à ação de agentes ambientais externos causadores de interrupção, como as árvores (CARMELO; AES ELETROPAULO; SEITZ, 2005; LEAL et al., 2008; VELASCO; LIMA; COUTO, 2006; VOGT; HAUER; FISCHER, 2015).

Diante dessa constatação, a substituição das redes não isoladas por redes protegidas ou isoladas deve ser prioridade em áreas urbanizadas, como destacam Leal, Biondi e Rochadelli (2008), assegurando a redução na frequência de interrupções, redução nos custos de manutenção, maior proteção às árvores viárias e melhora na relação de convivência entre árvore e infraestrutura urbana (OLIVEIRA et al., 2013).

Velasco, Lima e Couto (2006) concluem em seu trabalho acerca da relação árvores e redes elétricas, dizendo que, em decorrência da melhoria na convivência entre árvores viárias e demais estruturas urbanas, somado ao fato de haver redução em longo prazo de até 80% nos custos de manutenção, é totalmente viável e indicada a utilização e substituição das redes desprotegidas por malhas compactas de distribuição de energia elétrica nas cidades.

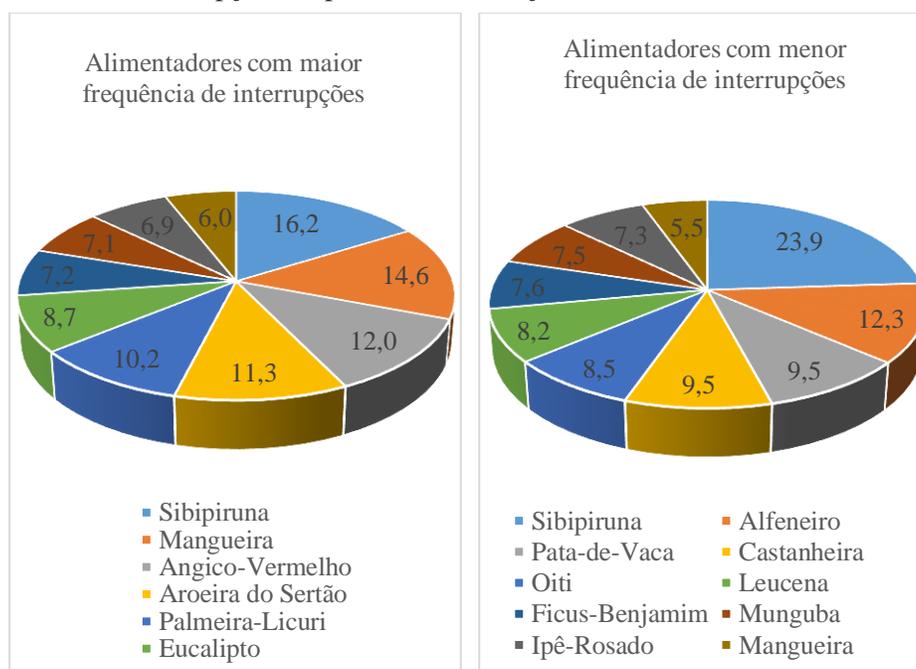
### **3.3 Espécies arbóreas e sua relação com as redes elétricas**

Considerando as dez principais espécies arbóreas encontradas nos circuitos alimentadores com maior e menor taxa de interrupções por causa árvore na RMBH (FIGURA 3), verifica-se que as espécies apresentam ampla diversidade de características dendrológicas (TABELA 2).

As espécies Sibipiruna, Ipê-Rosado e Mangueira, com porte, madeira e tipo de copa similares, estão presentes em sistemas com maior e menor frequência de desligamento (FIGURA 3). Trata-se de espécies usuais em

arborização no Brasil, em Minas Gerais e Belo Horizonte (CEMIG, 2011; DUARTE, 2007; MELO; SEVERO, 2010; PORTO; BRASIL, 2013).

Figura 3 - Relação percentual das dez espécies com maior frequência de observação nos alimentadores com maior e menor incidência de interrupções no período de avaliação.



Fonte: Dados do autor (2019).

Por outro lado, merece destaque que, nos circuitos alimentadores com maior frequência de desligamentos, são encontradas árvores de porte e copa grandes (Sibipiruna, Mangueira, Angico-Vermelho, Aroeira do Sertão, Eucalipto e Ipê-Rosado); de médio porte (Quaresmeira e Jacaré) e palmeiras de grande e médio porte (Palmeira-Imperial e Palmeira-Licuri). Essa variação no porte das árvores também está presente nos alimentadores com menor frequência de desligamentos, ou seja, encontram-se espécies de grande porte (Sibipiruna, Castanheira, Oiti, Ficus-Benjamim, Munguba, Ipê-Rosado e Mangueira); de

porte médio (Alfeneiro, Pata-de-Vaca e Leucena); mas sem a presença de palmeiras.

Tabela 2 - Características dendrológicas das espécies com maior frequência sob redes elétricas na RMBH.

Nome popular	Nome científico	Porte *	Copa*	Resistência da madeira*	Autores consultados
Alfeneiro	<i>Ligustrum lucidum</i> Ait.	M	M	M	4, 6, 7, 9
Angico-Vermelho	<i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth.) Brenan	G	G	M	1, 2, 9
Aroeira do Sertão	<i>Myracrodruon urundeuva</i> Fr. All.	G	G	G	1, 3, 6, 10
Castanheira	<i>Terminalia catappa</i> L.	G	G	M	1, 3, 6, 7, 10
Eucalipto	<i>Eucalyptus</i> e <i>Corymbia</i> spp.	G	G	M	4, 6, 7, 11
Ficus-Benjamim	<i>Ficus benjamina</i> L.	G	G	M	4, 6, 9
Ipê-Rosado	<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Mart.) Mattos	G	G	G	4, 6, 7
Jacaré	<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J. F. Macbr.	M	M	P	2, 6, 8
Leucena	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam) de Wit.	M	M	P	4, 6, 7, 11
Mangueira	<i>Mangifera indica</i> L.	G	G	M	4, 6, 7, 10
Munguba	<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	G	G	M	3, 6, 7, 9
Oiti	<i>Licania tomentosa</i> (Benth) Fritsch	M	M	G	1, 3, 6, 9
Palmeira-Imperial	<i>Roystonea oleracea</i> e (Mart.) Cook.	G	M	M	5, 6, 10
Palmeira-Licuri	<i>Syagrus ramanzoffiana</i> e <i>coronata</i> (Mart.) Becc.	M	P	M	5, 6, 10
Pata-de-Vaca	<i>Bauhinia</i> spp.	M	M	M	1, 2, 6, 7, 9
Quaresmeira	<i>Tibouchina granulosa</i> (Desr.) Cong.	M	M	P	1, 6, 8
Sibipiruna	<i>Poincianella pluviosa</i> (DC.) L. P.	G	G	M	1, 6, 7, 10

\* G = grande; M = média; P = pequena.

(1) Carvalho (1994); (2) Lorenzi (1998); (3) Lorenzi (2002); (4) Lorenzi et al. (2003); (5) Lorenzi et al. (2004); (6) Vale, Sarmento e Almeida (2005); (7) CEMIG (2011); (8) Longui et al. (2010); (9) Prefeitura Municipal de Aracruz - PMA (2013); (10) Porto e Brasil (2013); (11) Hansted et al. (2016).

O fato de serem encontrados exemplares de areáceas (Palmeira-Imperial e Palmeira-Licuri) somente em sistemas com maior frequência de interrupções sinaliza que essas espécies podem estar mais diretamente envolvidas no problema. Trata-se de um grupo de plantas para o qual não há técnicas de poda e condução, a não ser a remoção de folhas, haja vista que seus exemplares possuem características peculiares de crescimento e estrutura de estipe e fronde, o que dificulta seu manejo e aumenta os riscos de conflito. Além disso, as folhas de Palmeira-Imperial e Licuri são grandes e pesadas, podendo acarretar danos físicos, rompimento de cabos e/ou curto-circuito, em caso de queda sobre a rede elétrica.

A proporção relativamente constante entre espécies de grande e médio porte nos diferentes circuitos alimentadores (sete espécies de grande e três de médio porte), indica baixa relação entre o porte da árvore e a geração de problemas na rede elétrica predominantemente desprotegidas, confirmando a observação já relatada anteriormente, inclusive observada no histórico, de que a manutenção é mais importante, considerando o cenário atual de estrutura da arborização na RMBH.

Por fim, a resistência mecânica da madeira, ou seja, a capacidade de suportar condições naturais ou não de estresse mecânico, é outra característica fundamental para a redução do risco de acidentes envolvendo árvores urbanas (VALE; SARMENTO; ALMEIDA, 2005). Comparando sistemas elétricos com maior e menor frequência de desligamento, verifica-se presença similar de espécies de madeira com maior e menor resistência, apontando também um baixo efeito da resistência da qualidade da madeira da árvore no desligamento de redes elétricas, o que pode estar associado à adoção de um sistema de manejo (poda) adequado às espécies.

Outras árvores encontradas sob redes de energia com maior frequência de desligamentos foram Angico-Vermelho, Aroeira do Sertão, Eucalipto,

Quaresmeira e Jacaré (FIGURA 3). Trata-se, em sua maioria, de árvores de porte grande e madeira de resistência variável, demonstrando baixa relação direta entre as características dendrológicas das espécies e o índice de desligamentos registrados.

Por outro lado, figuram em sistemas elétricos com menor índice de desligamento as espécies Alfeneiro, Pata-de-Vaca, Castanheira, Oiti, Leucena, Ficus-Benjamim e Munguba (FIGURA 3), também com amplitude de características de porte, copa e resistência da madeira.

Esses resultados sinalizam que a interação entre a arborização e as redes de distribuição de energia elétrica urbana é complexa e está associada a um conjunto de fatores, destacando-se o tipo de rede (isolada ou nua) e a manutenção (poda) das árvores. Características como o porte, a copa e a resistência da madeira são relevantes, na medida em que afetam o potencial de interferência da árvore com a rede elétrica, mas que, de certa forma, definem a necessidade por manutenções, visando a obter-se uma relação harmoniosa entre a rede e a arborização subjacente.



#### 4 CONCLUSÕES

A interação entre a arborização sob redes de distribuição de energia elétrica urbana é complexa e associada a um conjunto de fatores, destacando-se o tipo de rede elétrica (isolada ou não) e a manutenção (poda) das árvores.

O porte da espécie, a densidade de indivíduos arbóreos na malha e a resistência da sua madeira são relevantes, na medida em que afetam diferentemente a demanda por manutenções.

A intensidade de poda alterou significativamente a frequência de interrupções, onde quanto maior o volume de copa removido em uma intervenção, maiores também será o número de casos de conflito observado nos ramais.

Na condição atual de predomínio de redes de distribuição desprotegidas, deve-se atentar para a escolha das espécies e para a demanda por manutenções a elas associadas. A necessidade de manutenção e os problemas com os desligamentos de energia podem ser minimizados pela substituição de redes não isoladas por sistemas protegidos.



## REFERÊNCIAS

- BALENSIEFER, M. **Poda em arborização urbana**. Curitiba: Instituto de Terras, Cartografia e Florestas, 1987. 27 p.
- BIONDI, D.; ALTHAUS, M. **Árvores de rua de Curitiba: cultivo e manejo**. Curitiba: FUPEF, 2005. 182 p.
- BLAGITZ, M. et al. Periodicidade do crescimento de espécies arbóreas da Floresta Estacional Semidecidual no Sul do Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 44, n. 109, p. 163-173, mar. 2016.
- BLUM, C. T.; BORGIO, M.; SAMPAIO, A. C. F. Espécies exóticas invasoras na arborização de vias públicas de Maringá-PR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 3, n. 2, p. 78-97, jun. 2008.
- BRUN, F. G. K. et al. Comportamento fenológico e efeito da poda em algumas espécies empregadas na arborização do bairro Camobi–Santa Maria, RS. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 1, p. 44-63, 2007.
- CABRAL, P. I. Arborização urbana: problemas e benefícios. **Especialize**, Goiânia, v. 1 n. 6, p. 1-15, 2013.
- CARMELO, S. R.; AES ELETROPAULO; SEITZ, R. A. **Diagnóstico das interferências de árvores na rede de distribuição aérea de energia elétrica**. Curitiba: Ed. UFPR, 2005. 9 p.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e usos da madeira**. Brasília: Embrapa – SPI, 1994. 639 p.
- COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS - CEMIG. **Manual de arborização**. Belo Horizonte: CEMIG/Fundação Biodiversitas, 2011. 112 p.
- DUARTE, R. H. À sombra dos fícus: cidade e natureza em Belo Horizonte. **Ambiente & Sociedade**, Campinas, v. 10, n. 2, p. 25-44, jul./dez. 2007.
- FONTOURA, L. F. M. Campo, cidade e a natureza recriada na artificialidade urbana. **Boletim Gaúcho de Geografia**, Porto Alegre, n. 36, p. 43–51, 2011.

GOMES, I. Sistemas naturais em áreas urbanas: estudo da regional Barreiro, Belo Horizonte (MG). **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 6, n. 14, p. 139-150, fev. 2005.

GÓMEZ-BAGGETHUN, E.; BARTON, D. N. Classifying and valuing ecosystem services for urban planning. **Ecological Economics**, Amsterdam, v. 86, p. 235-245, Feb. 2013.

GONÇALVES, W.; PAIVA, H. N. **Árvores para o ambiente urbano**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2004. 243 p.

GREY, G. W.; DENEKE, F. J. **Urban Forestry**. 2. ed. New York: John Wiley, 1986. 299 p.

HANNA, R.; PILLSBURY, N.; THOMPSON, R. **The elements of sustainability in urban forestry**. San Luis Obispo: Urban Forest Ecosystems Institute, 1994. 56 p.

HANSTED, A. L. S. et al. Caracterização físico-química da biomassa de *leucaena leucocephala* para produção de combustível sólido. **Revista Virtual de Química**, São Paulo, v. 8, n. 5, p. 1449-1460, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Panorama das cidades brasileiras**: Belo Horizonte: IBGE, 2013. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/panorama>>. Acesso em: 9 mar. 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Série histórica de climatologia**: Belo Horizonte/MG, 2013/2014. Belo Horizonte: INMET, 2014. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/sim/sonabra/index.php>>. Acesso em: 9 mar. 2019.

JACOB NETO, J.; LEMOS, J. J.; MACHADO, A. L. Minimização do processo de poda em árvores utilizadas no paisagismo urbano. **Semioses**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 3, p. 21-35, 2016.

KUHNS, M. R.; REITER, D. K. Knowledge of and attitudes about utility pruning and how education can help. **Arboriculture and Urban Forestry**, Champaign, v. 33, n. 4, p. 264-274, 2007.

LEAL, L.; BIONDI, D.; ROCHADELLI, R. Custos de implantação e manutenção da arborização de ruas da cidade de Curitiba, PR. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 547-555, maio/jun. 2008.

LONGUI, E. L. et al. Variação radial das características anatômicas, densidade aparente, teores de extrativos, lignina e holocelulose na madeira de *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) Macbr. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 87, p. 341-353, 2010.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 1998. v. 2, 352 p.

\_\_\_\_\_. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. v. 1, 368 p.

LORENZI, H. et al. **Árvores exóticas no Brasil: madeiras, ornamentais e aromáticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2003. 368 p.

\_\_\_\_\_. **Palmeiras brasileiras e exóticas cultivadas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2004. 416 p.

MELO, E. F. R. Q.; SEVERO, B. M. A. Avenida Brasil (Passo Fundo, Rio Grande do Sul): diversidade da vegetação e qualidade ambiental. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 5, n. 3, p. 1-17, 2010.

MELO, R. R.; LIRA FILHO, J. A.; RODOLFO JÚNIOR, F. Diagnóstico qualitativo e quantitativo da arborização urbana no bairro Bivar Olinto, Patos, Paraíba. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 2, n. 1, p. 64-78, mar. 2007.

OLIVEIRA, A. F. et al. Modalidades de poda avaliadas na arborização viária sob rede elétrica no estado de Minas Gerais. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 10, n. 2, p. 1-13, 2015.

OLIVEIRA, M. de et al. Reflexos da evolução urbana sobre a arborização em Erechim, Sul do Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 8, n. 2, p. 86-103, 2013.

PALLARDY, S. G. **Physiology of woody plants**. 3. ed. New York: Academic Press, 2007. 464 p.

PORTO, L P. M.; BRASIL, H. M. S. (Ed.). **Manual de orientação técnica da arborização urbana de Belém**: guia para planejamento, implantação e manutenção da arborização em logradouros públicos. Belém: Edufra, 2013. 108 p.

PREFEITURA DA CIDADE DE SÃO PAULO - PCSP. **Manual técnico de arborização urbana**. 2. ed. São Paulo: SVMA/SMSP, 2011. 122 p.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ARACRUZ - PMA. **Manual de recomendações técnicas para projetos de arborização urbana e procedimentos de poda**. Aracruz: Prefeitura Municipal, 2013. 34 p.

SANTOS, C. Z. A. et al. Análise qualitativa da arborização urbana de 25 vias públicas da cidade de Aracaju-SE. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 3, p. 751-763, jul./set. 2015.

SOARES, A. L. et al. Benefits and costs of street trees in Lisbon, Portugal. **Urban Forestry & Urban Greening**, Jena, v. 10, n. 2, p. 69-78, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

VALE, A. T. do; SARMENTO, T. R.; ALMEIDA, A. N. Caracterização e uso de madeiras de galhos de árvores provenientes da arborização de Brasília, DF. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 4, p. 411-420, 2005.

VELASCO, G. N. **Arborização viária X sistemas de distribuição de energia elétrica**: avaliação dos custos, estudo das podas e levantamento de problemas fitotécnicos. 2003. 117 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

VELASCO, G. N.; LIMA, A. M. L.; COUTO, H. T. Z. Análise comparativa dos custos de diferentes redes de distribuição de energia elétrica no contexto da arborização urbana. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 679-686, jul./ago. 2006.

VOGT, J.; HAUER, R. J.; FISCHER, B. C. The costs of maintaining and not maintaining the urban forest: a review of the urban forestry and arboriculture literature. **Arboriculture & Urban Forestry**, Champaign, v. 41, n. 6, p. 293-323, Nov. 2015.

VOLPE-FILIK, A.; SILVA, L. F.; LIMA, A. M. L. P. Avaliação da arborização de ruas do bairro São Dimas na cidade de Piracicaba/SP através de parâmetros qualitativos. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 2, n. 1, p. 1-10, 2007.



**ARTIGO 2 - CRESCIMENTO PÓS - PODA DE ESPÉCIES DA  
ARBORIZAÇÃO NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO  
HORIZONTE – MG**

**ARTICLE 2 - POST-PRUNING GROWTH OF URBAN TREE SPECIES  
IN THE METROPOLITAN AREA OF BELO HORIZONTE – MG**

**Artigo redigido conforme a NBR 6022 (ABNT, 2003) e formatado de acordo  
com o Manual da UFLA de apresentação de teses e dissertações.**

## RESUMO

Avaliou-se o crescimento pós-poda das dezesseis principais espécies plantadas em arborização urbana na Região Metropolitana de Belo Horizonte com o objetivo de adequar o ciclo de podas e avaliar o efeito de fatores ambientais, de manejo e da árvore no desenvolvimento das brotações. Foram selecionados seis indivíduos por espécie e acompanhado o crescimento mensal das cinco maiores brotações nos pontos podados, criando-se dois cenários, considerando os valores da mediana e do terceiro quartil dos dados de crescimento. Procedeu-se à análise de agrupamento dos dados de crescimento, definindo-se grupos de regime de poda de acordo com a similaridade de hábito de crescimento das espécies. Realizaram-se também análises de correlação e regressão linear para fatores climáticos, intensidade de poda, DAP, estado fitossanitário, intensidade de luz na copa e área permeável no solo. Constatou-se que as espécies arbóreas estudadas apresentam resposta diferenciada de crescimento das brotações pós-poda, podendo ser reunidas em grupos de regimes de manejo de podas, variando entre seis e 24 meses. Os fatores ambientais, do indivíduo arbóreo e de manejo podem afetar a brotação das árvores.

**Palavras-chave:** Arborização urbana. Manutenção. Brotação.

## ABSTRACT

The post-pruning growth of the 16 main urban tree species in the Metropolitan Area of Belo Horizonte was assessed to adjust the pruning cycle and to evaluate the effects of environmental, management, and tree factors on shoot development. Six individuals were selected from each species, and the monthly growth of the five largest post-pruning shoots was followed to create two scenarios, considering median values and data from the third quartile of growth. Analysis of the growth data groupings was carried out to define groups of pruning frequencies, according to the similarities in species growth. Correlation and linear regression analyses were also performed for climatic factors, pruning intensity, DBH, phytosanitary conditions, luminosity of the crown, and permeable area in the soil. The tree species in this study had different responses regarding post-pruning shoot growth and can be divided into groups of pruning management regimes that range between six and 24 months. The tree individuals, and environmental and management factors may affect tree sprouting.

**Keywords:** Urban forestry. Pruning. Sprouting.

## 1 INTRODUÇÃO

O modelo de urbanização pode afetar diretamente a qualidade de vida das pessoas (CABRAL, 2013), tornando imprescindível a busca de alternativas para compatibilizar crescimento demográfico e qualidade ambiental (FONTOURA, 2011). Nesse contexto, a arborização nas cidades cumpre papel relevante em termos estéticos, paisagísticos, conforto e ambiência (GÓMEZ-BAGGETHUN; BARTON, 2013).

Arborizar é uma atividade onerosa e requer planejamento e tecnificação. Realizada de maneira correta, minimiza a necessidade de intervenções futuras e riscos de conflitos entre árvores e outras estruturas urbanas (MELO; SEVERO, 2010).

Dentre as estruturas urbanas, a rede de distribuição de energia elétrica e de iluminação pública apresentam maior potencial de interação com a arborização (COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS - CEMIG, 2011). Diante disso, o planejamento e adequação dos métodos e ciclos de manutenção da arborização geram segurança ao sistema elétrico e a infraestrutura da cidade (VELASCO; LIMA; COUTO, 2006).

O presente trabalho propõe avaliar o crescimento pós-poda das principais espécies usadas em arborização urbana com o intuito de sugerir uma adequação do ciclo de podas atualmente adotado na Região Metropolitana de Belo Horizonte, além de identificar os principais elementos determinantes no seu desenvolvimento, na busca de melhorias na relação entre árvores urbanas e infraestrutura das cidades.



## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na região metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), com uma área de 331 km<sup>2</sup> (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2013). Belo Horizonte é uma das capitais mais arborizadas do Brasil, possuindo em torno de 600 mil árvores urbanas, de mais de 200 espécies catalogadas, mantendo valor acima do mínimo de 10 a 12 m<sup>2</sup> de área verde por habitante, recomendado pela Organização Mundial de Saúde (GOMES, 2005).

As espécies foram escolhidas no banco de dados da Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) que registra a demanda por poda e frequência de interrupções associadas ao conflito das árvores com as redes de energia elétrica. A relação final constou de dezesseis espécies, as quais representam cerca de 60% do número de indivíduos plantados na arborização RMBH e que se mostraram mais críticas para acompanhamento e manejo: Munguba (*Pachira aquática* Aubl.), Espatódea (*Spathodea campanulata* P. Beauv.), Oiti (*Licania tomentosa* (Benth.) Fritsch.), Magnólia (*Magnolia champaca* (L.) Baill. ex Pierre.), Mangueira (*Mangifera indica* L.), Sibipiruna (*Poincianella pluviosa* var. *peltophoroides* (Benth.) G. P. Lewis.), Quaresmeira (*Tibouchina granulosa* (Desr.) Cong.), Jacarandá Mimoso (*Jacaranda mimosaeifolia* D. Don.), Escumilha Africana (*Lagerstroemia speciosa* (L.) Pers.), Ficus-Benjamim (*Ficus benjamina* L.), Ipê-Rosado (*Handroantus pentaphylla* (L.) Mattos.), Bauhinia (*Bauhinia forficata* Link), Alfeneiro (*Ligustrum lucidum* Ait.), Flamboyant (*Delonix regia* (Bojerex Hook.) Raf.), Paineira (*Ceiba speciosa* (A. St.-Hil.) Ravenna.) e Castanheira (*Terminalia catappa* L.).

Foram avaliados seis indivíduos de cada espécie, totalizando 96 árvores. Foram selecionados indivíduos fenotipicamente característicos de cada espécie, bom desenvolvimento e adequado estado fitossanitário.

Na primeira semana do mês de janeiro de 2014, foram realizadas as podas de adequação, liberando-se uma área de segurança de dois metros de raio no entorno dos cabos condutores de eletricidade na malha urbana, preconizada por normas técnicas (CEMIG, 2011). Avaliou-se, mensalmente, o crescimento das brotações pós-poda de cinco pontos podados por indivíduo, medindo-se a maior brotação de cada ponto com o auxílio de trena.

Os valores mensais da mediana e do 3º quartil do comprimento da brotação foram utilizados na definição de grupos de similaridade por Análise de Agrupamento, gerando dois cenários de ciclo de poda: ousado – tendo a mediana como referência; e conservador – utilizando 3º quartil.

A partir da análise de agrupamento, definiu-se linha de corte por cenário, configurando os grupos de regime de poda, tomando como base o potencial de crescimento individual das espécies.

Dentro dos cenários, utilizou-se como base o ritmo de crescimento e o tempo potencial relativo para que as novas brotações atinjam novamente as fiações, definindo, assim, diferentes intensidades de intervenção por grupo, variando de 6 a 24 meses.

O percentual que cada espécie representa do total de árvores podadas pela CEMIG, na RMBH, foi usado para quantificar cada grupo e estimar a demanda de podas em cada cenário.

Avaliou-se o efeito das condições ambientais, características das árvores e intensidade de poda na emissão e no crescimento das brotações, considerando os seguintes pontos: intensidade de poda (entre 10 e 30% do volume da copa); circunferência à altura do peito (CAP); pluviosidade e temperatura médias mensais (1990 a 2015 – série histórica do INMET); área permeável do solo(m<sup>2</sup>); percentual de copa com incidência de luz solar direta; estado fitossanitário (presença e intensidade de injúrias).

Foram realizadas análises de regressão linear entre as variáveis de crescimento da brotação, temperatura e pluviosidade e para as demais, realizou-se a análise de correlação e distribuição em *boxplot*.



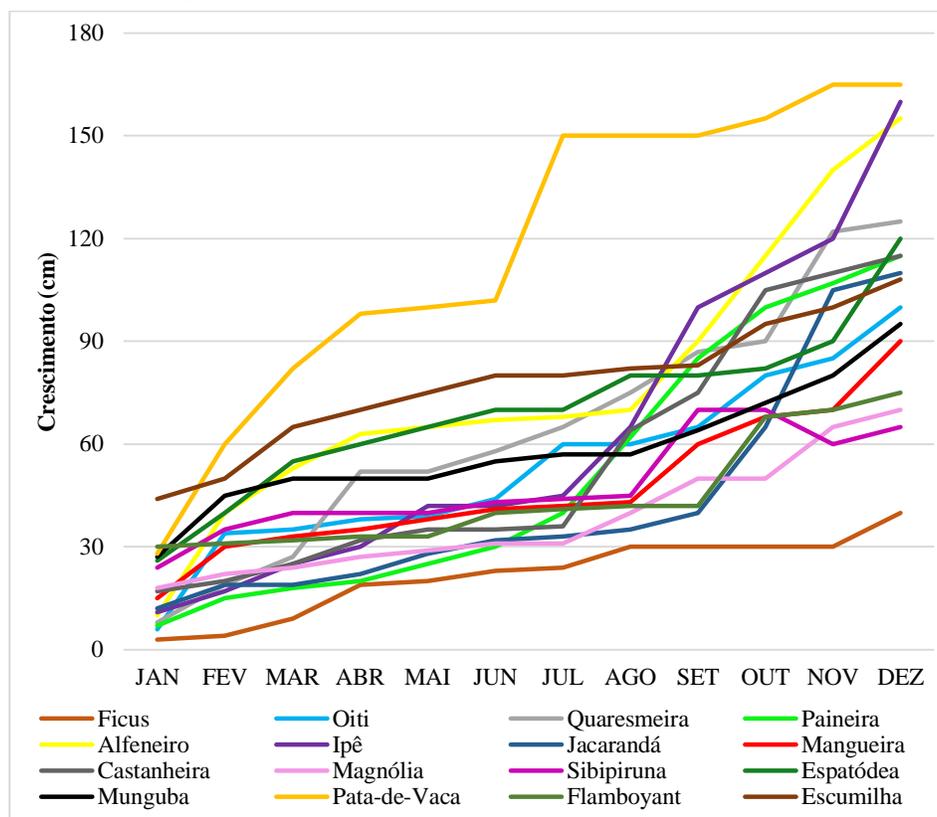
### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 Crescimento mensal das brotações**

No primeiro mês após a poda, observou-se que, pelo menos um exemplar de cada espécie emitiu brotação, sendo que, das 96 árvores avaliadas apenas 27 não brotaram. Todos os indivíduos de Escumilha, Jacarandá, Magnólia, Mangueira e Munguba brotaram no primeiro mês e apenas um indivíduo de Oiti e Ficus. No segundo mês, mais dezesseis árvores emitiram brotação, com destaque para todos os indivíduos de Oiti. Na terceira e quarta medição, brotaram mais oito árvores, restando apenas um exemplar de Castanheira, Flamboyant e Paineira, que não emitiram brotação, durante o período de um ano de acompanhamento. Esses três indivíduos possuem como características em comum o baixo volume de copa podada e a não incidência de luz solar direta na área das incisões de poda, o que pode explicar a falta de estimulação fisiológica à brotação (TAIZ; ZEIGER, 2004).

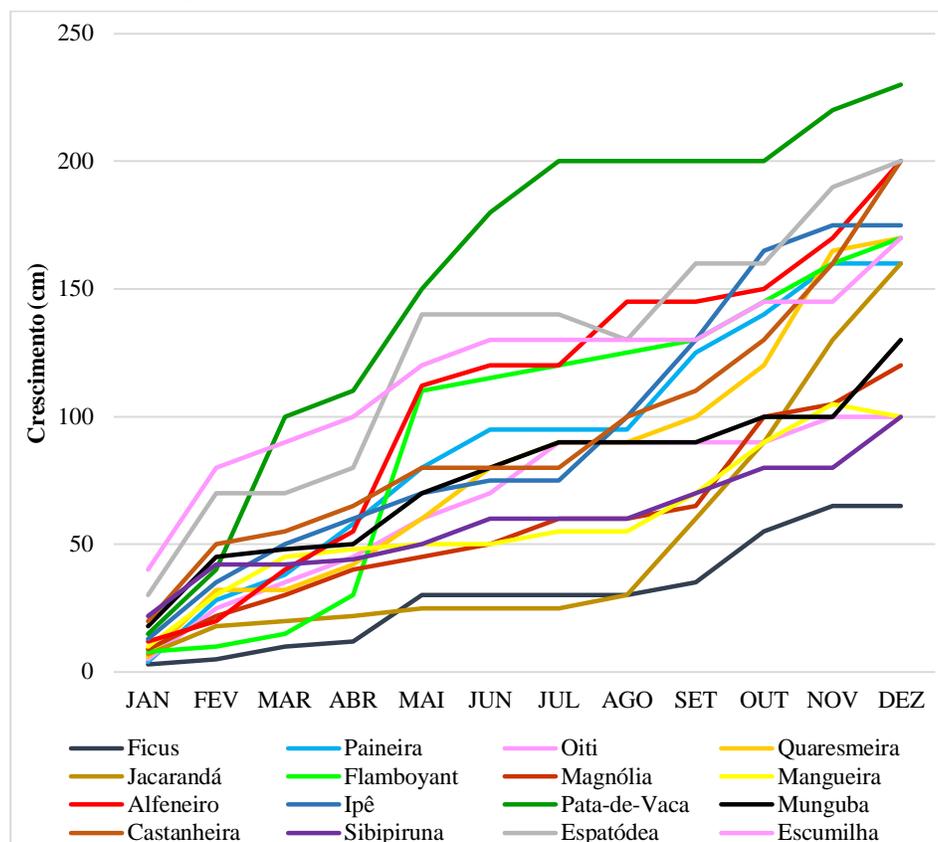
O crescimento mensal das brotações por espécie, ao longo do ano, foi variado (FIGURAS 1 e 2).

Figura 1 - Mediana de crescimento das brotações por espécie pós-poda ao longo do ano.



Fonte: Dados do autor (2019).

Figura 2 - Terceiro quartil de crescimento das brotações por espécie pós-poda ao longo do ano.



Fonte: Dados do autor (2019).

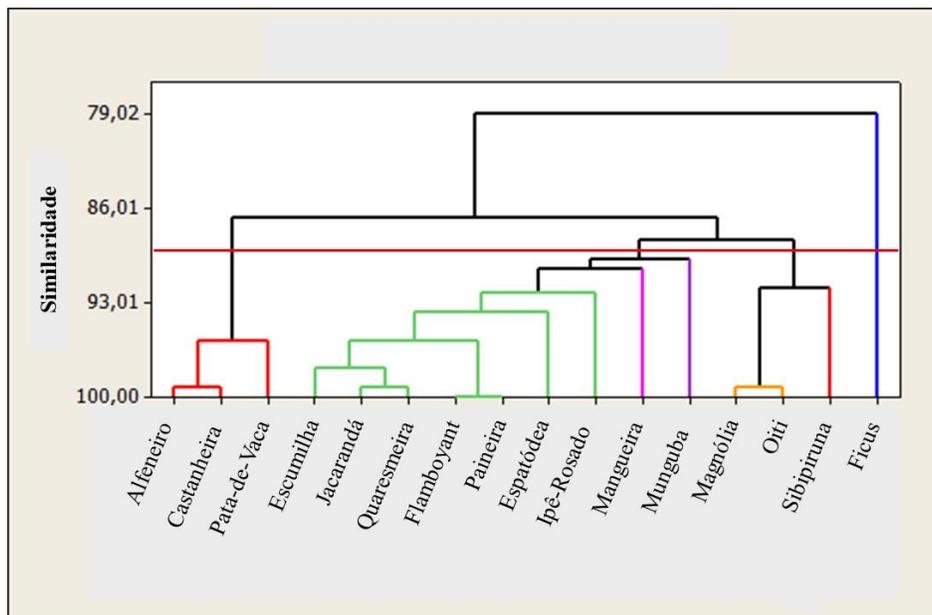
Destaca-se a expressiva brotação da Pata-de-Vaca e pouco desenvolvimento do Ficus ao longo do período. Já Alfeneiro, Ipê e Jacarandá apresentaram surto de crescimento no período de primavera, sendo que Munguba, Mangueira, Sibipiruna e Oiti com menores taxas de crescimento em relação às demais. As demais espécies mostraram desenvolvimento relativamente contínuo, com redução apenas no período de inverno, provavelmente associada à queda na temperatura do ar e à redução da pluviosidade e radiação solar (PALLARDY, 2007).

Essa diferenciação de ritmo de crescimento da brotação entre espécies indica a necessidade de se adotar ciclos diferenciados de poda, reduzindo a possibilidade de ocorrência de interações conflituosas entre arborização e demais estruturas urbanas (BLUM; BORGIO; SAMPAIO, 2008; VOGT; HAUER; FISCHER, 2015).

### 3.2 Definição dos ciclos de podas

A análise de agrupamento do crescimento das brotações gerou dois cenários: ousado e conservador (FIGURAS 3 e 4), possibilitando a ordenação das espécies em grupos de similaridade de regimes de poda (TABELAS 1 e 2).

Figura 3 - Análise de agrupamento das espécies a partir da mediana dos dados de crescimento das brotações.



Fonte: Dados do autor (2019).

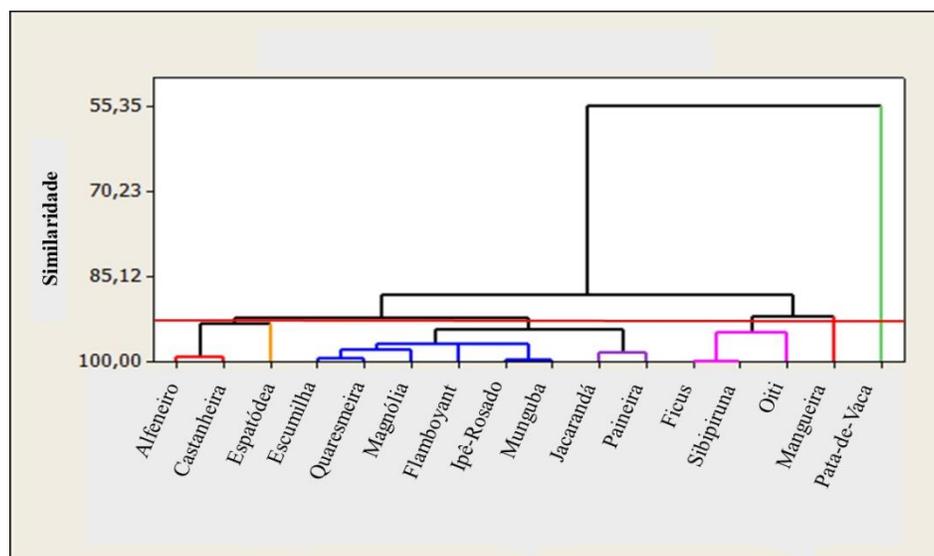
Tabela 1 - Cenário ousado de grupos de poda definidos a partir da mediana dos dados de crescimento das brotações.

<b>Grupo de Poda</b>	<b>Espécies</b>	<b>Comprimento da brotação (cm)</b>	<b>% árvores podadas RMBH</b>	<b>Total (%)</b>
A	Pata-de-Vaca	>150	5,8	17,6
	Castanheira		6,6	
	Alfeneiro		5,2	
B	Ipê-Rosado	81-150	3,6	20,2
	Quaresmeira		2,5	
	Paineira		0,9	
	Escumilha		2,9	
	Jacarandá		1,2	
	Espatódea		1,6	
	Flamboyant		2,6	
	Mangueira		2,3	
C	Munguba	50-80	2,6	20,5
	Oiti		3,1	
	Magnólia		1,8	
D	Sibipiruna	<50	15,6	2,3
	Fícus		2,3	
<b>Total</b>				<b>60,6</b>

Fonte: Dados do autor (2019).

As três espécies inseridas no Grupo A (TABELA 1) apresentaram maior crescimento anual das brotações, exigindo ciclo de poda de oito meses. No Grupo B, o ciclo de podas ideal é de doze meses, já praticado atualmente. As espécies do Grupo C podem ter seu ciclo de poda estendido para 16 meses, sem prejuízo à manutenção. Espécies de crescimento lento da brotação, como o Fícus, podem ser podadas a cada 24 meses. Essas alterações resultariam num novo regime de podas, otimizando os resultados e reduzindo os custos e demanda de intervenções da ordem de 3,3% do padrão anual para as espécies estudadas.

Figura 4 - Análise de agrupamento das espécies a partir do terceiro quartil dos dados de crescimento das brotações.



Fonte: Dados do autor (2019).

Tabela 2 - Cenário conservador de grupos de poda definidos a partir do terceiro quartil dos dados de crescimento das brotações. (Continua)

Grupo de Poda	Espécies	Comprimento da brotação (cm)	% árvores podadas RMBH	Total (%)
A	Pata-de Vaca	>200	5,8	5,8
	Castanheira		6,6	
B	Alfeneiro	181-200	5,2	13,4
	Espatódea		1,6	
	Paineira		0,9	
	Jacarandá		1,2	
	Munguba		2,6	
C	Ipê-Rosado	100-180	3,6	18,1
	Flamboyant		2,6	
	Magnólia		1,8	
	Escumilha		2,9	
	Quaresmeira		2,5	

Tabela 2 - Cenário conservador de grupos de poda definidos a partir do terceiro quartil dos dados de crescimento das brotações.

(Conclusão)

Grupo de Poda	Espécies	Comprimento da brotação (cm)	% árvores podadas RMBH	Total (%)
D	Mangueira	<100	2,3	23,3
	Oiti		3,1	
	Fícus		2,3	
	Sibipiruna		15,6	
<b>Total</b>				<b>60,6</b>

Fonte: Dados do autor (2019).

No segundo cenário (conservador), espécies de rápida brotação (Grupo A), como a Pata-de-Vaca, requerem regime de poda mais intensivo, semestral. Para o Grupo B, recomenda-se ainda um incremento de 30% do número de operações de poda, ou seja, a cada oito meses. O Grupo C seria mantido sob o ciclo atual anual de manejo, enquanto no Grupo D, as espécies teriam seu ciclo de poda estendido para um ano e quatro meses. Essa adequação resultaria num incremento de cerca de 2,5% de podas das espécies estudadas na RMBH, a fim de se obter os resultados esperados com o manejo da arborização.

A readequação dos regimes de podas ao ritmo de crescimento das brotações de cada grupo de espécies, independentemente da adoção de um ou outro cenário (conservador ou ousado), torna-se essencial para assegurar o manejo mais adequado da arborização urbana (HANNA; PILLSBURY; THOMPSON, 1994).

### 3.3 Influência das condições do meio, da árvore e de manejo no crescimento das brotações

O ajuste de modelo de regressão linear indicou relação significativa entre as médias históricas mensais de temperatura e precipitação com o crescimento das brotações (TABELA 3).

Tabela 3 - Índices estatísticos de precisão para regressão linear entre as variáveis crescimento das brotações, por espécie e parâmetros climáticos de pluviosidade e temperatura.

Espécies	Terceiro Quartil		Mediana	
	R <sup>2</sup>	Probabilidade	R <sup>2</sup>	Probabilidade
Alfeneiro	1,70%	0,376	31,70%	0,073
Pata-de-Vaca	17,50%	0,170	11,20%	0,238
Castanheira	33,30%	0,065	29,00%	0,087
Escumilha-Africana	0,00%	0,532	0,00%	0,842
Espatódea	2,50%	0,362	0,00%	0,657
Fícus-Benjamim	20,00%	0,148	0,00%	0,454
Flamboyant	0,00%	0,978	28,40%	0,090
Ipê-Rosado	38,70%	0,049*	36,20%	0,048*
Jacarandá-Mimoso	56,60%	0,009*	64,40%	0,004*
Magnólia	28,70%	0,089	33,70%	0,064
Mangueira	27,10%	0,098	24,60%	0,114
Munguba	8,70%	0,269	15,80%	0,187
Oiti	0,00%	0,466	9,70%	0,256
Paineira	41,10%	0,036*	44,50%	0,029*
Quaresmeira	29,60%	0,083	27,40%	0,096
Sibipiruna	41,00%	0,038*	37,70%	0,046*
<b>Todas as espécies</b>	<b>37,90%</b>	<b>0,042*</b>	<b>32,30%</b>	<b>0,050*</b>

Fonte: Dados do autor (2019).

\*significativo a 5% de probabilidade pelo teste T.

Considerando-se todas as espécies estudadas, observou-se correlação positiva entre os fatores climáticos e o desenvolvimento das brotações, fato fisiologicamente esperado pela associação entre as condições ambientais e desenvolvimento vegetal (BLAGITZ et al., 2016).

Considerando, individualmente, as espécies, observou-se que os fatores climáticos afetaram de forma distinta as árvores. Ipê-Rosado, Jacarandá-Mimoso, Paineira e Sibipiruna apresentaram correlação alta e positiva. Contudo, para as demais, essa relação não se mostrou tão estreita. Isso demonstra que o padrão de poda atual, que considera todas as espécies com mesmo comportamento pós-poda, não seria a abordagem mais adequada, conforme também sugerem Brun et al. (2007).

Em termos do percentual de copa podada, a análise de correlação indicou relações distintas de comportamento das espécies (TABELA 4), variando em intensidade e efeito (positivo ou negativo). Quando se consideraram todas as espécies, conjuntamente, houve baixa correlação negativa, ou seja, o volume de copa removido não foi determinante para a definição do tamanho das brotações emitidas posteriormente (OLIVEIRA et al., 2015).

Tabela 4 - Correlação linear entre as variáveis do crescimento das brotações por espécie e intensidade da poda aplicada.

(Continua)

<b>Espécies</b>	<b>Correlação</b>	<b>Interpretação</b>
Alfeneiro	0,43	Correlação moderada
Pata-de-Vaca	0,78	Correlação forte
Castanheira	-0,36	Correlação fraca
Escumilha-Africana	-0,36	Correlação fraca
Espatódea	0,43	Correlação moderada
Fícus-Benjamim	0,30	Correlação fraca
Flamboyant	-0,37	Correlação fraca

Tabela 4 - Correlação linear entre as variáveis do crescimento das brotações por espécie e intensidade da poda aplicada.

(Conclusão)

<b>Espécies</b>	<b>Correlação</b>	<b>Interpretação</b>
Ipê-Rosado	0,01	Correlação bem fraca
Jacarandá-Mimoso	0,60	Correlação moderada
Magnólia	-0,26	Correlação fraca
Mangueira	-0,71	Correlação forte
Munguba	-0,70	Correlação forte
Oiti	-0,03	Correlação bem fraca
Paineira	-0,61	Correlação moderada
Quaresmeira	0,04	Correlação bem fraca
Sibipiruna	-0,07	Correlação bem fraca
<b>Todas as espécies</b>	<b>-0,21</b>	<b>Correlação fraca</b>

Fonte: Dados do autor (2019).

Avaliando o comportamento por espécie, Pata-de-Vaca, Jacarandá-Mimoso, Alfeneiro e Espatódea apresentaram alta correlação positiva entre o desenvolvimento da brotação e o volume de copa podada, ou seja, em princípio, para essas espécies, quanto maior a intensidade da poda (até 30% da copa), maior a brotação e, possivelmente, maior demanda por novas intervenções (BALENSIEFER, 1987). Contudo, para Mangueira, Munguba e Paineira verificou-se comportamento inverso—alta correlação negativa, ou seja, a maior intervenção na copa geraria maior estresse na planta, ocasionando menor vigor nas brotações (JACOB NETO; LEMOS; MACHADO, 2016).

A correlação entre o diâmetro da árvore e a brotação mostrou-se bastante heterogênea. Porém, verificou-se tendência de maiores brotações ocorrerem em árvores de menor CAP. Isso pode ser explicado pelo maior vigor e atividade metabólica de indivíduos jovens, possibilitando maior resiliência pós-poda (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Em termos da área de solo permeável, observou-se correlação negativa significativa (-0,35) no crescimento das brotações de todas as espécies, com destaque para Espatódea, Castanheira e Paineira. Há uma tendência de brotos maiores e estiolados sob uma condição de restrição de permeabilidade do solo, o que pode ser uma resposta fisiológica à condição de estresse das árvores no meio urbano (GREY; DENEKE, 1986).

Em relação à sanidade, presença e severidade de lesões nas árvores amostradas e sua influência nas brotações, houve relação direta e altamente significativa ( $p < 0,001$ ) entre os fatores. Indivíduos de boa condição sanitária, com pouca ou nenhuma lesão em ramos ou tronco apresentaram a maior incidência e desenvolvimento das brotações, conforme também descrevem Melo, Lira Filho e Rodolfo Júnior (2007).

Por fim, em relação à incidência solar, as maiores brotações foram observadas para aquelas árvores com incidência solar direta, independentemente da espécie ( $p < 0,001$ ). Resposta fisiológica também esperada pela relação direta entre fotossíntese e desenvolvimento das árvores (PALLARDY, 2007).



#### **4 CONCLUSÕES**

As espécies arbóreas estudadas apresentam resposta diferenciada de crescimento das brotações pós-poda, podendo ser reunidas em grupos de similaridade por hábito de desenvolvimento.

O ciclo de manejo de podas deve considerar o ritmo de desenvolvimento de cada grupo de árvores, variando entre seis e 24 meses.

Os fatores climáticos, o espaço permeável disponível, a incidência solar, o estado fitossanitário, o diâmetro do tronco e intensidade de poda afetam, diferentemente, a brotação das árvores de diferentes espécies.



## REFERÊNCIAS

- BALENSIEFER, M. **Poda em arborização urbana**. Curitiba: Instituto de Terras, Cartografia e Florestas, 1987. 27 p.
- BLAGITZ, M. et al. Periodicidade do crescimento de espécies arbóreas da Floresta Estacional Semidecidual no Sul do Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 44, n. 109, p. 163-173, mar. 2016.
- BLUM, C. T.; BORGIO, M.; SAMPAIO, A. C. F. Espécies exóticas invasoras na arborização de vias públicas de Maringá-PR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 3, n. 2, p. 78-97, jun. 2008.
- BRUN, F. G. K. et al. Comportamento fenológico e efeito da poda em algumas espécies empregadas na arborização do bairro Camobi–Santa Maria, RS. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 1, p. 44-63, 2007.
- CABRAL, P. I. Arborização urbana: problemas e benefícios. **Especialize**, Goiânia, v. 1 n. 6, p. 1-15, 2013.
- COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS - CEMIG. **Manual de arborização**. Belo Horizonte: CEMIG/Fundação Biodiversitas, 2011. 112 p.
- FONTOURA, L. F. M. Campo, cidade e a natureza recriada na artificialidade urbana. **Boletim Gaúcho de Geografia**, Porto Alegre, n. 36, p. 43–51, 2011.
- GOMES, I. Sistemas naturais em áreas urbanas: estudo da regional Barreiro, Belo Horizonte (MG). **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 6, n. 14, p. 139-150, fev. 2005.
- GÓMEZ-BAGGETHUN, E.; BARTON, D. N. Classifying and valuing ecosystem services for urban planning. **Ecological Economics**, Amsterdam, v. 86, p. 235-245, Feb. 2013.
- GREY, G. W.; DENEKE, F. J. **Urban Forestry**. 2. ed. New York: John Wiley, 1986. 299 p.
- HANNA, R.; PILLSBURY, N.; THOMPSON, R. **The elements of sustainability in urban forestry**. San Luis Obispo: Urban Forest Ecosystems Institute, 1994. 56 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE.  
**Panorama das cidades brasileiras:** Belo Horizonte: IBGE, 2013. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/panorama>>. Acesso em: 9 mar. 2019.

JACOB NETO, J.; LEMOS, J. J.; MACHADO, A. L. Minimização do processo de poda em árvores utilizadas no paisagismo urbano. **Semioses**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 3, p. 21-35, 2016.

MELO, E. F. R. Q.; SEVERO, B. M. A. Avenida Brasil (Passo Fundo, Rio Grande do Sul): diversidade da vegetação e qualidade ambiental. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 5, n. 3, p. 1-17, 2010.

MELO, R. R.; LIRA FILHO, J. A.; RODOLFO JÚNIOR, F. Diagnóstico qualitativo e quantitativo da arborização urbana no bairro Bivar Olinto, Patos, Paraíba. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 2, n. 1, p. 64-78, mar. 2007.

OLIVEIRA, A. F. et al. Modalidades de poda avaliadas na arborização viária sob rede elétrica no estado de Minas Gerais. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 10, n. 2, p. 1-13, 2015.  
PALLARDY, S. G. **Physiology of woody plants**. 3. ed. New York: Academic Press, 2007. 464 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

VELASCO, G. N. **Arborização viária X sistemas de distribuição de energia elétrica:** avaliação dos custos, estudo das podas e levantamento de problemas fitotécnicos. 2003. 117 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

VELASCO, G. N.; LIMA, A. M. L.; COUTO, H. T. Z. Análise comparativa dos custos de diferentes redes de distribuição de energia elétrica no contexto da arborização urbana. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 679-686, jul./ago. 2006.

VOGT, J.; HAUER, R. J.; FISCHER, B. C. The costs of maintaining and not maintaining the urban forest: a review of the urban forestry and arboriculture

literature. **Arboriculture & Urban Forestry**, Champaign, v. 41, n. 6, p. 293-323, Nov. 2015.