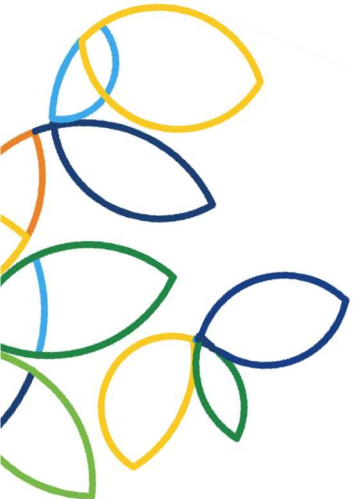




utad

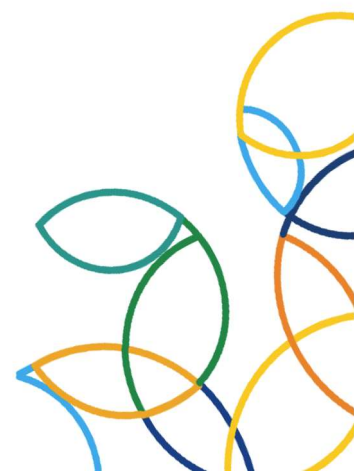
UNIVERSIDADE
DE TRÁS-OS-MONTES
E ALTO DOURO

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
UNIVERSIDADE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO INTERNACIONAL EM FLORESTAS URBANAS

FRANK MACHADO DE SOUSA

**O CONFLITO DA ARBORIZAÇÃO URBANA E REDES DE ENERGIA:
O CASO DO DISTRITO DE JARDIM ÂNGELA, SÃO PAULO, SP**

SEROPÉDICA
2025





FRANK MACHADO DE SOUSA

O CONFLITO DA ARBORIZAÇÃO URBANA E REDES DE ENERGIA:
O CASO DO DISTRITO DE JARDIM ÂNGELA, SÃO PAULO, SP

Monografia apresentada ao Programa de Pós Graduação Internacional de Floresta Urbana, da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, como requisito parcial para a obtenção do grau de Especialista em Floresta Urbana.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Böer Breire

Coorientador: Prof. Pedro Castro Mendes

SEROPÉDICA
2025

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Universidade Trás-os-Montes e Alto Douro

Ficha catalográfica elaborada
Com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M149c Machado de Sousa, Frank, 1984-
O conflito da arborização urbana e redes de energia: O caso do distrito de Jardim Ângela, São Paulo, SP / Frank Machado de Sousa. - Duque de Caxias, 2025.
54 f.: il.

Orientador: Thiago Böer Breire.
Coorientador: Pedro Mendes Castro.
Monografia(Especialização). -- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Pós Graduação Internacional em Floresta Urbana , 2025.

1. Crescimento urbano. 2. Arborização urbana. 3. Redes elétricas. 4. Sustentabilidade. 5. Planejamento urbano. I. Böer Breire, Thiago, .-, orient. II. Mendes Castro, Pedro, .-, coorient. III Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Pós Graduação Internacional em Floresta Urbana . IV. Título.

É permitida a cópia parcial desta TFC/Dissertação/Tese, desde que seja citada a fonte

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
UNIVERSIDADE DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO INTERNACIONAL EM FLORESTA URBANA (*Lato sensu*)

Termo de aprovação da defesa de Monografia de **Frank Machado de Sousa**.

Monografia submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Especialista em Arborização Urbana, no Curso de Pós-Graduação Internacional em Arborização Urbana (*Lato sensu*) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

MONOGRAFIA APROVADA EM 19/11/2025



Documento assinado digitalmente
TIAGO BOER BREIER
Data: 24/11/2025 15:11:13-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Tiago Böer Breier
Presidente



Documento assinado digitalmente
GABRIELA AKEMI MACEDO ODA
Data: 01/12/2025 10:09:16-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Gabriela Akemi Macedo Oda
Examinador



Documento assinado digitalmente
FLAVIO PEREIRA TELLES
Data: 01/12/2025 00:35:27-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Flavio Pereira Telles
Examinador

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Jeová Deus pelo dom da vida, pela família que tenho, as conquistas que obtive e por estar sempre presente nos momentos bons e ruins.

Aos meus amados pais, Waldeli de Sousa e Maria de Lourdes Machado, dedico mais uma nova conquista. Pelo seu amor incondicional, seus sacrifícios e seu apoio ao longo de toda a minha jornada, pois foram os alicerces que me permitiram chegar até aqui. Muito obrigado por sempre acreditarem em mim.

Ao meu irmão, Félix Machado, por ser minha inspiração de vida e equilíbrio, e à minha sobrinha, Mell Machado, por ser um dos meus maiores orgulhos.

Aos meus amigos de longa data Suzana e Thiago e também aos novos amigos Lívia, Jadson e Wallace, pois são verdadeiros companheiros de trajetória, agradeço pelas palavras de ânimo e pelos momentos de descontração, essenciais para o equilíbrio entre a vida acadêmica, profissional e pessoal.

Aos meus professores e orientadores, meu profundo reconhecimento pelo conhecimento compartilhado, pela orientação. À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), agradeço pela excelência institucional e por todo o suporte oferecido ao longo desta pós-graduação internacional.

Um agradecimento especial ao meu gestor, Carlos Curto, pela compreensão, flexibilidade e apoio na realização da pós-graduação, pois foram fundamentais para que eu pudesse conciliar minhas responsabilidades profissionais com os compromissos acadêmicos.

Por fim, a todos que, de alguma forma, contribuíram para mais uma nova conquista, meu sincero agradecimento.

RESUMO

Machado de Sousa, Frank. O Conflito da Arborização Urbana e Redes de Energia: O Caso do Distrito do Jardim Ângela, São Paulo, SP. 2025. **54 folhas**. Trabalho Final de Curso em Especialização - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e Universidade Trás-os-Montes e Alto Douro, Seropédica, 2025.

Este estudo teve como objetivo analisar o impacto do crescimento urbano desordenado no distrito do Jardim Ângela, São Paulo, e sua influência no conflito entre a arborização urbana e as redes de distribuição de energia elétrica. A pesquisa, de caráter descritivo e exploratório, adotou abordagens qualitativa e quantitativa, envolvendo revisão bibliográfica, levantamento de dados em campo e análise dos indicadores de continuidade (DEC e FEC) do conjunto Monte Azul e análise das causas de interrupção de energia elétrica. Foram avaliadas 200 árvores distribuídas em dez bairros do distrito, observando-se variáveis como espécie, altura, porte, diâmetro à altura do peito (DAP), defeitos estruturais, grau de interferência com a rede, tipo de rede elétrica, compatibilidade com o passeio público e recomendação de manejo. Os resultados do inventário indicaram a prevalência da espécie *Ficus benjamina*, que representou 22,5% do total. Verificou-se que 37% das árvores inventariadas apresentavam algum tipo de conflito com a rede elétrica, sendo a *Ficus benjamina* responsável por 19% desses casos – um reflexo da ausência de planejamento urbano e da escolha inadequada de espécies para o ambiente. Constatou-se também a predominância de redes convencionais, o que potencializa riscos de curtos-circuitos, interrupções no fornecimento de energia e danos estruturais às árvores. A análise dos indicadores DEC e FEC do conjunto Monte Azul revelou índices superiores aos limites regulatórios, demonstrando ainda que a qualidade do serviço de energia elétrica na cidade de São Paulo não é homogênea. Regiões periféricas, como o distrito do Jardim Ângela, apresentam os piores índices. Conclui-se que os principais fatores responsáveis pelos conflitos são a falta de integração entre os setores de meio ambiente e energia, o plantio espontâneo sem critérios técnicos e a carência de políticas públicas voltadas para o manejo arbóreo. O equilíbrio entre arborização e infraestrutura elétrica no Jardim Ângela depende da implementação de um planejamento urbano integrado e participativo, capaz de promover tanto a eficiência energética quanto a preservação ambiental.

Palavras-chave: Crescimento urbano; Arborização urbana; Redes elétricas; Sustentabilidade; Planejamento urbano.

ABSTRACT

Machado de Sousa, Frank. The Conflict Between Urban Afforestation and Energy Networks: A Case Study of the Jardim Ângela District, São Paulo, SP. 2025. 54 pages. Final Course Specialization Paper - Federal Rural University of Rio de Janeiro and University of Trás-os-Montes and Alto Douro, Seropédica, 2025.

The present study aimed to analyze the impact of disordered urban growth in the Jardim Ângela district, São Paulo, and its influence on the conflict between urban forestry and electricity distribution networks. The research, descriptive and exploratory in nature, adopted qualitative and quantitative approaches, involving a literature review, field data collection, analysis of continuity indicators (DEC and FEC) for the Monte Azul complex, and an analysis of the causes of electrical power interruptions. Two hundred trees distributed across ten neighborhoods in the district were evaluated, observing variables such as species, height, size, diameter at breast height (DBH), structural defects, degree of interference with the power lines, type of electrical network, compatibility with the sidewalk, and management recommendations. The inventory results indicated the prevalence of the species *Ficus benjamina*, which represented 22.5% of the total. It was found that 37% of the inventoried trees presented some type of conflict with the power lines, with *Ficus benjamina* responsible for 19% of these cases – a reflection of the absence of urban planning and the inadequate choice of species for the environment. The predominance of conventional overhead networks was also confirmed, which increases the risks of short circuits, power supply interruptions, and structural damage to trees. The analysis of the DEC and FEC indicators for the Monte Azul complex revealed levels above regulatory limits, further demonstrating that the quality of electricity service in the city of São Paulo is not homogeneous. Peripheral regions, such as the Jardim Ângela district, present the worst indices. It is concluded that the main factors responsible for the conflicts are the lack of integration between the environmental and energy sectors, spontaneous planting carried out without technical criteria, and the absence of public policies focused on tree management. The balance between urban forestry and electrical infrastructure in Jardim Ângela depends on the implementation of integrated and participatory urban planning, capable of promoting both energy efficiency and environmental preservation.

Keywords: Urban growth; Urban forestry; Power lines; Sustainability; Urban planning.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – População urbana no mundo e no Brasil	11
Figura 2 – Importância da arborização urbana	15
Figura 3 – Sistema elétrico	18
Figura 4 – Rede de média tensão (MT) e baixa tensão (BT) no poste.....	19
Figura 5 – Rede aérea de distribuição convencional (RDA)	20
Figura 6 – Rede aérea de distribuição compacta (RDP)	20
Figura 7 – Rede aérea de distribuição isolada ou multiplexada (RDI)	21
Figura 8 – Equação do DEC	22
Figura 9 – Equação do FEC	22
Figura 10 – <i>Ficus benjamina</i> morta em conflito com a rede de energia.....	25
Figura 11 – Tipos de redes elétricas e seus efeitos sobre as copas das árvores.....	29
Figura 12 – Distrito do Jardim Ângela	32
Figura 13 – Área de atuação do conjunto Monte Azul	34
Figura 14 – Indicador DEC: Limite vs. Apurado (conjunto Monte Azul).....	40
Figura 15 – Indicador FEC: Limite vs. Apurado (conjunto Monte Azul)	41
Figura 16 – Mapa de São Paulo: DEC Limite vs. DEC Apurado.....	43
Figura 17 – Mapa de São Paulo: FEC Limite vs. FEC Apurado	43
Figura 18 – Densidade de arborização e ocorrência de quedas de árvores.....	44
Figura 19 – Equipes de poda por subprefeitura	45
Figura 20 – Interrupções por causa (conjunto Monte Azul)	48
Figura 21 – Interrupções por detalhamento (conjunto Monte Azul)	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Principais causas e detalhes de interrupção de energia.....	23
Tabela 2 – Dimensões de passeio, canteiros e diâmetro do tronco	36
Tabela 3 – Relação de bairros e ruas inventariados no distrito do Jardim Ângela	37
Tabela 4 – Relação de espécies com maior interferência na rede elétrica	39
Tabela 5 – Média de passeio por bairro e compatibilidade das árvores com o passeio.....	39
Tabela 6 – Tipos de rede e sua extensão no Conjunto Centro	45
Tabela 7 – Tipos de rede e sua extensão no Conjunto Monte Azul	45
Tabela 8 – Conjuntos elétricos localizados em áreas do centro e adjacências	48
Tabela 9 – Conjuntos elétricos localizados em áreas periféricas.....	48

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 OBJETIVOS	10
2.1 Objetivo geral.....	10
2.2 Objetivos específicos.....	10
3 REVISÃO DA LITERATURA	11
3.1 Crescimento urbano desordenado e planejamento territorial	11
3.2 A importância da arborização urbana e seus desafios	14
3.3 Composição do sistema de distribuição e tipos de redes de energia	17
3.3.1 Sistema elétrico no Brasil.....	17
3.3.2 Tipos de rede de distribuição.....	19
3.3.2.1 Rede de distribuição aérea convencional (RDA)	19
3.3.2.2 Rede de distribuição aérea compacta (RDP)	20
3.3.2.3 Rede de distribuição aérea isolada ou multiplexada (RDI)	20
3.3.2.4 Rede de distribuição subterrânea (RDS).....	21
3.4 Indicadores de continuidade de energia	21
3.5 Principais causas de interrupção de energia.....	23
3.6 Conflito entre arborização e redes de energia	24
3.7 Planejamento e manejo da arborização	27
3.8 Tecnologia e estratégias sustentáveis de mitigação.....	28
4 MATERIAIS E MÉTODOS	32
4.1 Área de estudo: distrito do Jardim Ângela	32
4.2 Histórico do distrito do Jardim Ângela	33
4.3 Caracterização do conjunto Monte Azul.....	33
4.4 Metodologia de coleta de dados.....	35
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
5.1 Análise do inventário arbóreo	38
5.2 Análise dos indicadores de continuidade de energia	40
5.3 Análise da desigualdade no fornecimento de energia.....	42
5.4 Análise das interrupções de energia.....	47
6 CONCLUSÃO.....	51
REFERÊNCIAS	52

1 INTRODUÇÃO

O crescimento urbano desordenado representa um fenômeno característico das grandes cidades brasileiras, especialmente em regiões periféricas como o distrito do Jardim Ângela, localizado na zona sul de São Paulo. A formação dessa localidade decorreu de um processo histórico de ocupação irregular, marcado pela carência de infraestrutura adequada e pela ausência de políticas públicas voltadas ao ordenamento territorial. Assim, a área tornou-se emblemática das dificuldades enfrentadas pelo planejamento urbano contemporâneo.

A expansão acelerada e descontrolada resultou na sobreposição de diferentes sistemas urbanos – como habitação, vias, drenagem, arborização e redes de energia elétrica – sem a devida integração. Essa situação gerou conflitos diretos entre a vegetação e a infraestrutura elétrica, ocasionando quedas de galhos, interrupções no fornecimento de energia, acidentes e danos tanto à arborização quanto aos equipamentos públicos, agravando-se em dias de chuva e tempestade. Conforme Pinheiro et al. (2021), a incompatibilidade entre o manejo arbóreo e o sistema elétrico constitui um dos principais fatores que comprometem a segurança e a continuidade dos serviços urbanos.

Nas últimas décadas, o Jardim Ângela passou por intenso adensamento populacional, impulsionado pela chegada de famílias de baixa renda em busca de moradia acessível. Esse crescimento, somado à insuficiência de políticas públicas e à falta de planejamento urbano, favoreceu a ocupação de áreas ambientalmente sensíveis e a instalação de redes elétricas em condições precárias. A arborização, frequentemente realizada sem embasamento técnico, passou a representar não apenas um elemento paisagístico e ecológico essencial, mas também uma fonte constante de conflitos. De acordo com Jerônimo et al. (2021), o plantio de árvores em locais inadequados, sobretudo sob linhas de transmissão, é uma das principais causas de interrupções e acidentes nas cidades brasileiras.

A importância da arborização urbana, contudo, é inegável. As árvores desempenham papel fundamental na regulação microclimática, na redução das ilhas de calor, na melhoria da qualidade do ar e na valorização estética dos espaços urbanos. O desafio, portanto, não reside em limitar a presença vegetal nas cidades, mas em promover o equilíbrio entre a vegetação e as infraestruturas técnicas essenciais ao funcionamento urbano.

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa descritiva e exploratória, de abordagem qualitativa e quantitativa, baseada em revisão bibliográfica, levantamento de campo, análise dos indicadores de continuidade de energia (DEC e FEC) e exame das causas de interrupção associadas a “Árvore e Vegetação”. A metodologia foi estruturada em etapas

interligadas, permitindo compreender tanto os aspectos físicos e ambientais da arborização quanto os impactos operacionais sobre as redes elétricas. Conforme destacam Oliveira e Almeida (2024), a análise integrada de dados ambientais e técnicos é essencial para entender os efeitos das espécies arbóreas sobre a infraestrutura elétrica e para propor estratégias de manejo adequadas.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

Analisar os impactos do crescimento urbano desordenado sobre a relação conflituosa entre a arborização e a rede de distribuição de energia elétrica no distrito do Jardim Ângela, zona sul do município de São Paulo. A região, caracterizada por intensa densidade populacional, expansão periférica desregulada e histórico deficitário de planejamento urbano, configura um cenário propício para investigar os desafios da coexistência entre a infraestrutura elétrica e a vegetação urbana.

2.2 Objetivos específicos

- Quantificar, qualificar e comparar as inconformidades entre a arborização e a rede elétrica no distrito do Jardim Ângela, visando identificar o perfil da arborização, o porte e as espécies arbóreas em conflito com a rede.
- Levantar e analisar os indicadores de continuidade do fornecimento de energia (DEC e FEC) do conjunto elétrico Monte Azul, cuja área de concessão abrange majoritariamente o distrito em estudo.
- Comparar os indicadores (DEC e FEC) do conjunto Monte Azul com os de conjuntos elétricos localizados em distritos planejados da cidade de São Paulo.
- Avaliar e contrastar a participação da causa "árvore/vegetação" nas interrupções de fornecimento entre conjuntos elétricos de áreas periféricas – como o Jardim Ângela – e aqueles de áreas planejadas da capital paulista.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Crescimento urbano desordenado e planejamento territorial.

Observa-se uma transformação significativa na distribuição da população mundial entre áreas urbanas e rurais. Em escala global, o processo de urbanização é descrito como uma tendência irreversível: em 1900, apenas 13% da população vivia em áreas urbanas, mas, a partir de 2008, a maioria passou a residir nas cidades. No Brasil, o mesmo fenômeno ocorreu de forma ainda mais acelerada, especialmente após a década de 1970, quando o êxodo rural se intensificou devido à pobreza no campo. Esse processo acentua os desafios do planejamento territorial, da oferta de infraestrutura e da sustentabilidade das cidades brasileiras. A Figura 1 revela essa dinâmica.

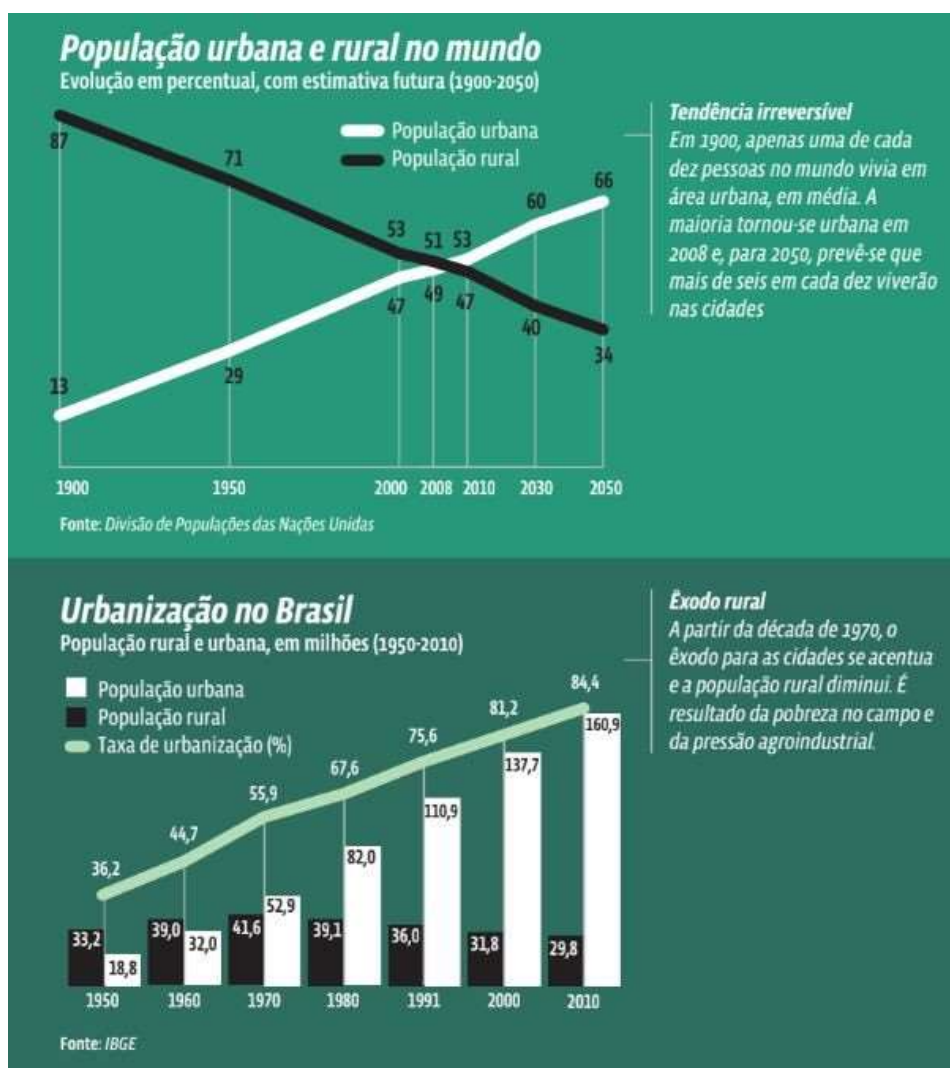


Figura 1 – População urbana no mundo e Brasil (IBGE, 2020).

Esse movimento foi marcado pela ausência de políticas públicas de ordenamento territorial, resultando em um crescimento urbano acelerado e desordenado. De acordo com Villaça (2012), a urbanização brasileira ocorreu de forma desigual, concentrando infraestrutura e investimentos nas áreas centrais, enquanto as periferias se expandiram de modo precário e sem planejamento.

Segundo Santos (2008), o espaço urbano é produto das relações sociais e econômicas, sendo constantemente transformado pelas ações humanas e pelas forças do capital. No contexto das metrópoles, como São Paulo, o crescimento populacional e a especulação imobiliária intensificaram a ocupação irregular do solo, especialmente nas áreas periféricas. Essa expansão desordenada, que ocorre sem a devida infraestrutura, gera diversos impactos negativos diretos, como o déficit habitacional, o aumento da vulnerabilidade social e a sobreposição inadequada de redes e serviços públicos.

A urbanização descontrolada, somada à ausência de políticas integradas de habitação, saneamento e meio ambiente, acarreta problemas complexos que afetam a qualidade de vida e a sustentabilidade das cidades. Conforme Maricato (2011), a falta de planejamento urbano é uma das principais causas do surgimento de assentamentos informais, os quais representam uma resposta da população de baixa renda à exclusão habitacional e fundiária. Esses espaços, frequentemente ocupados sem infraestrutura adequada, tornam-se áreas críticas de risco ambiental e social.

O distrito do Jardim Ângela é um exemplo emblemático dessa realidade. Sua formação está diretamente ligada à ocupação irregular e à carência de políticas urbanísticas eficazes. De acordo com dados da Prefeitura de São Paulo (PMSP, 2022), o bairro se consolidou nas décadas de 1970 e 1980, em meio a um processo de migração interna e periferização da população trabalhadora. A ausência de planejamento urbano e de infraestrutura básica resultou em ruas estreitas, redes elétricas expostas e ausência de espaços públicos planejados, cenário que gera conflito entre arborização e redes de energia.

De acordo com Monte-Mór (2006), o processo de urbanização nas periferias brasileiras ocorreu de forma fragmentada e excludente, em que o Estado teve participação limitada na provisão de serviços urbanos. Essa negligência estatal contribuiu para a desorganização territorial, resultando em áreas urbanas vulneráveis a enchentes, deslizamentos e conflitos de infraestrutura. O Jardim Ângela, por exemplo, está classificado entre os distritos de maior adensamento populacional e com menor cobertura de serviços públicos em São Paulo, evidenciando as desigualdades do modelo de urbanização adotado.

A falta de um planejamento territorial eficiente também impacta diretamente a gestão ambiental urbana. Para Nucci (2008), o planejamento urbano deve considerar a integração entre os sistemas ambientais e a infraestrutura construída, de modo a evitar conflitos entre o meio natural e o espaço antrópico. No entanto, a expansão desordenada das cidades frequentemente ignora as características ecológicas do território, comprometendo áreas de preservação e o equilíbrio entre vegetação e estruturas urbanas.

Além dos impactos ambientais, o crescimento urbano desordenado compromete a qualidade do fornecimento de energia elétrica. Segundo Leão (2010), a sobreposição inadequada de redes elétricas em áreas densamente arborizadas, sem estudos prévios de viabilidade técnica, aumenta a frequência de falhas e interrupções. Isso ocorre porque o planejamento de infraestrutura é frequentemente reativo, sendo implantado após a ocupação da área, sem considerar o ordenamento prévio das redes e da arborização.

O conceito de planejamento territorial, conforme Silva (2014), envolve o conjunto de ações integradas que visam à organização do espaço urbano e à racionalização do uso do solo. Contudo, em muitas regiões brasileiras, a aplicação desse conceito é limitada pela falta de coordenação entre diferentes órgãos públicos e pela ausência de instrumentos técnicos de gestão. Essa carência resulta em sobreposição de funções urbanas, como o caso das redes elétricas que compartilham o mesmo espaço físico das árvores, sem critérios técnicos definidos.

A ausência de políticas públicas eficazes de planejamento urbano também está relacionada à desigualdade socioespacial. De acordo com Rolnik (2019), as cidades brasileiras apresentam um padrão de segregação territorial, onde o acesso à infraestrutura urbana é privilégio das classes mais altas, enquanto a população de baixa renda se concentra em áreas periféricas sem estrutura adequada. Essa desigualdade espacial é agravada pela falta de políticas de habitação e de mobilidade que articulem o crescimento urbano de forma equilibrada e sustentável.

A desorganização do espaço urbano tem consequências diretas para o meio ambiente. Para Souza (2010), o avanço da urbanização sem controle afeta o ciclo hidrológico, intensifica as ilhas de calor e reduz as áreas verdes, comprometendo o equilíbrio ecológico. No caso do Jardim Ângela, a substituição da cobertura vegetal por construções irregulares e pavimentação excessiva resultou em maior incidência de enchentes, erosões, ilhas de calor e degradação do solo. Além disso, a convivência conflituosa entre arborização e redes elétricas passou a representar um problema constante, exigindo podas frequentes e gerando prejuízos ambientais.

A ausência de um planejamento integrado entre urbanização e meio ambiente impede que o desenvolvimento urbano seja sustentável. Contudo quando esse planejamento não ocorre,

surtem conflitos entre os diferentes sistemas urbanos, como a arborização e a rede elétrica, comprometendo tanto a segurança energética quanto a qualidade ambiental.

O crescimento desordenado também influencia a percepção da população sobre o espaço urbano. De acordo com Santos (2009), a urbanização caótica gera um sentimento de desorganização e insegurança, o que se reflete na relação das pessoas com o ambiente. A ausência de áreas verdes planejadas e a degradação do espaço público reduzem a qualidade de vida e a sensação de pertencimento dos moradores. Assim, o planejamento territorial deve ser entendido não apenas como um instrumento técnico, mas como uma ferramenta de inclusão social e de promoção da sustentabilidade urbana.

3.2 A importância da arborização urbana e seus desafios

A arborização urbana é um elemento fundamental para a sustentabilidade ambiental e o bem-estar nas cidades contemporâneas. De acordo com Milano (1984), a vegetação nas cidades atua como um regulador climático natural, reduzindo os efeitos das ilhas de calor e equilibrando a umidade do ar, o que proporciona conforto térmico à população. Além disso, a presença de árvores nas vias urbanas contribui para a redução da poluição sonora e visual, criando ambientes mais agradáveis e saudáveis.

As árvores desempenham uma série de funções essenciais: reduz a temperatura do ambiente, regulam o fluxo e a qualidade da água, além de filtrarem a poluição atmosférica. Elas também contribuem para a mitigação das mudanças climáticas ao absorver dióxido de carbono (CO₂) e melhorar a circulação do ar. A presença de áreas verdes está diretamente relacionada à saúde física e mental das pessoas, oferecendo espaços de convivência e bem-estar. Outro benefício importante é a redução da dependência de ar-condicionado e do consumo de energia, já que o sombreamento natural ameniza o calor urbano. Além disso, a arborização aumenta a biodiversidade local e valoriza propriedades, tornando os espaços urbanos mais equilibrados, saudáveis e sustentáveis. Assim, investir em árvores é investir em cidades mais humanas e resilientes. A Figura 2 mostra os benefícios da arborização.



Figura 2 – A importância da arborização urbana (EcoDebate, 2025).

Segundo Lombardo (1990), as árvores exercem função ecológica permanente, pois interceptam radiação solar, retêm partículas poluentes e aumentam a infiltração da água no solo, prevenindo erosão e alagamentos. Esses benefícios fazem da arborização um componente essencial do planejamento urbano sustentável, especialmente em cidades como São Paulo, onde a expansão desordenada reduziu significativamente as áreas verdes. A falta de vegetação adequada contribui para o aumento das temperaturas médias, a deterioração da qualidade do ar e o agravamento dos problemas de saúde pública.

Além dos benefícios ambientais, a arborização urbana possui impacto direto sobre a saúde física e emocional da população. Para Costa e Tello (1995), o contato com áreas arborizadas estimula a sensação de bem-estar e reduz o estresse, criando espaços de convivência e lazer que fortalecem os laços comunitários. Em bairros periféricos e densamente povoados,

como o Jardim Ângela, a presença de árvores é ainda mais necessária, pois oferece sombra, conforto térmico e uma forte percepção de pertencimento ao espaço urbano.

Entretanto, a importância da arborização urbana muitas vezes é negligenciada pelos gestores públicos. Segundo Biondi (1987), a implantação de árvores nas cidades ainda ocorre de forma empírica, sem critérios técnicos que considerem as condições do meio urbano. Espécies de grande porte são frequentemente plantadas sob redes elétricas, calçadas estreitas ou áreas de circulação intensa, situação que resulta em conflitos estruturais, danos físicos às árvores e à infraestrutura, além de custos elevados de manutenção.

De acordo com Sanchotene (1994), a escolha inadequada das espécies compromete o desenvolvimento saudável das árvores e aumenta o risco de acidentes. Galhos que se chocam com fios elétricos, raízes que danificam calçadas e troncos que obstruem a passagem de pedestres são exemplos de problemas recorrentes em cidades que carecem de planejamento paisagístico e técnico. Além disso, a ausência de podas regulares e de acompanhamento fitossanitário, por sua vez, torna as árvores mais vulneráveis a pragas, doenças e quedas durante eventos climáticos extremos.

A literatura especializada enfatiza que a arborização deve ser planejada de forma integrada com os demais elementos da infraestrutura urbana. Para tanto, o plantio de árvores deve respeitar critérios estabelecidos em manuais de arborização. Esse planejamento integrado é fundamental para reduzir custos de manutenção, aumentar a longevidade das árvores e evitar conflitos com infraestrutura urbana. No entanto, em grande parte das cidades brasileiras, o plantio ainda é feito de forma improvisada, muitas vezes por moradores ou organizações locais, sem suporte técnico adequado.

Além das funções ecológicas, a arborização urbana também desempenha importante função social. Segundo Milano e Dalcin (2000), além de contribuir para a qualidade de vida, as árvores podem gerar benefícios econômicos ao valorizar imóveis e atrair atividades comerciais. Cidades bem arborizadas tendem a ser mais atrativas para o turismo e para investimentos imobiliários, o que reforça o papel estratégico da vegetação no desenvolvimento urbano sustentável.

Apesar dos inúmeros benefícios, a arborização urbana enfrenta desafios significativos. Um dos principais é a falta de políticas públicas específicas para o manejo e a conservação das árvores. Conforme Talarchek (1987), a ausência de programas permanentes de arborização resulta em ações pontuais e corretivas, geralmente motivadas por acidentes ou reclamações da população. Essa falta de continuidade compromete a eficiência das intervenções e impede o estabelecimento de um planejamento de longo prazo.

Outro desafio está relacionado à educação ambiental da população. De acordo com Biondi (1996), grande parte dos problemas associados à arborização decorre do desconhecimento dos cidadãos sobre o manejo adequado das árvores. Ações simples, como o plantio em locais inadequado ou a poda irregular, podem gerar sérios danos à vegetação e à infraestrutura. Dessa forma, é fundamental que o poder público promova programas de conscientização ambiental e envolva a comunidade na preservação das áreas verdes urbanas.

Em contextos de urbanização acelerada, como o do Jardim Ângela, a arborização tem um papel duplamente importante: amenizar os efeitos do adensamento e promover uma melhor convivência entre o homem e o meio ambiente. Conforme Schubert (1979), a arborização bem planejada é capaz de transformar o ambiente urbano, conferindo identidade e equilíbrio ecológico às cidades. Contudo, quando negligenciada, a vegetação pode se tornar fonte de risco e conflito, principalmente quando interage de forma inadequada com as redes de energia elétrica.

O desafio das cidades modernas consiste em conciliar o crescimento urbano com a preservação ambiental. Para Lombardo (1990), essa conciliação exige planejamento integrado, políticas intersetoriais e uma visão sistêmica do espaço urbano. Nesse sentido, a arborização deve ser tratada como infraestrutura verde essencial, e não como um mero adorno paisagístico. Essa mudança de perspectiva é fundamental para reduzir os conflitos estruturais e assegurar o equilíbrio entre funcionalidade urbana e sustentabilidade ambiental.

3.3 Composição do sistema de distribuição e tipos de redes de energia

3.3.1 Sistema elétrico no Brasil

Segundo o Portal Solar (2024), o sistema elétrico brasileiro é constituído pelas seguintes etapas:

- Geração: a energia elétrica é produzida em usinas (hidrelétricas, termoeletricas, eólicas, solares, entre outras).
- Transmissão: após a geração, a energia é transportada em alta tensão por longas distâncias, por meio de linhas de transmissão, até as subestações.
- Distribuição: nas subestações, a energia é convertida para tensões mais baixas, adequadas ao uso final, e distribuída pela rede de distribuição até os consumidores.

- Consumo: por fim, a energia elétrica chega aos consumidores finais, sendo utilizada para iluminação, aquecimento, operação de equipamentos eletrônicos e outras finalidades.

No presente estudo, o foco recairá sobre a etapa de distribuição. A Figura 3 detalha o esquema de distribuição de energia desde a geração até o consumidor final.



Figura 3 – Sistema elétrico (Abradee, 2025)

De acordo com o Portal Solar (2024), a distribuição de energia elétrica é a etapa do sistema elétrico que envolve o transporte da energia elétrica das subestações de transmissão até os consumidores finais, como residências, empresas, indústrias e serviços públicos. Esse processo ocorre através de uma rede de distribuição composta por postes, cabos, transformadores e medidores. O mercado de distribuição de energia elétrica no Brasil conta com 92 empresas, entre concessionárias e permissionárias, as quais são responsáveis pelo atendimento de mais de 80 milhões de “Unidades Consumidoras” (UCs).

Segundo Moura (2010, p. 7), o sistema de distribuição pode ser estruturado pelas seguintes partes:

- **Sistema de subtransmissão:** interliga a transmissão às subestações de distribuição, operando normalmente nas tensões de 69 kV ou 138 kV.
- **Subestação (SE):** ponto de convergência, usualmente empregado para seccionar linhas e elevar ou rebaixar níveis de tensão. Possui entradas e saídas de linhas de transmissão ou distribuição, além de equipamentos de proteção, compensação e medição.
- **Alimentadores de distribuição primários (Média Tensão – MT):** conduzem energia aos consumidores atendidos em MT e aos transformadores de distribuição.

- **Transformadores de distribuição:** reduzem a tensão dos alimentadores primários de MT para BT.

- **Alimentadores de distribuição secundários (Baixa Tensão – BT):** conduzem a energia aos consumidores atendidos em BT a partir dos transformadores de distribuição.

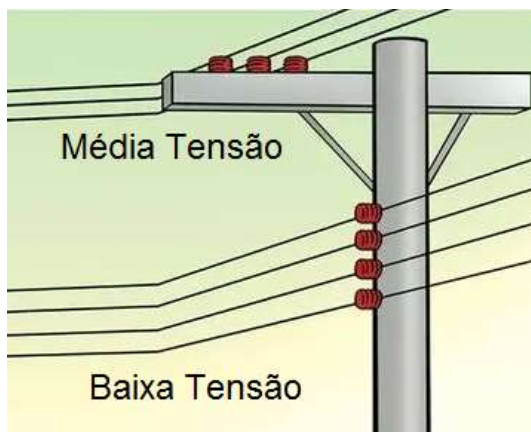


Figura 4, Rede de média tensão (MT) e baixa tensão (BT) no poste (Mundo da Elétrica, 2006)

3.3.2 Tipos de rede de distribuição

Formadas por alimentadores - ramais de MT constituídos por cabos que interligam as subestações com às UCs, as redes de distribuição podem ser classificadas quanto ao isolamento dos condutores do circuito e quanto aos níveis de tensão. Quanto ao isolamento dos condutores, podem ser classificadas da seguinte forma.

3.3.2.1 Rede de distribuição aérea convencional (RDA)

Segundo o Guia de podas de árvores urbanas Enel (2022), esse tipo de rede – a mais frequente no Brasil – é montada com condutores sem revestimento, ou seja, sem proteção, sustentados por isoladores em cruzetas de madeira, dispostos horizontalmente nos circuitos de média tensão e verticalmente nos de baixa tensão. Sua convivência com a arborização é mais difícil, devendo-se manter afastamentos mínimos para evitar acidentes com pessoas ou com o patrimônio. O sistema apresenta menor confiabilidade e maior taxa de falhas, sendo mais susceptível à ocorrência de defeitos (curtos-circuitos), principalmente, quando entra em contato com os galhos de árvores. A figura 5 mostra o esquema (RDA)

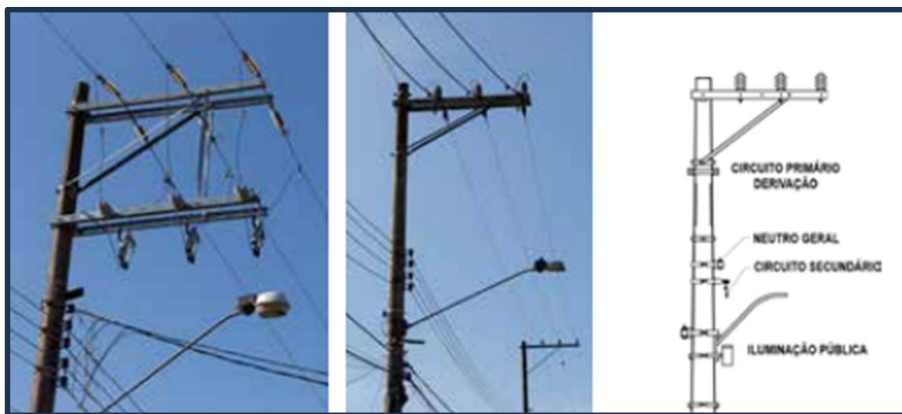


Figura 5 – Rede aérea de distribuição convencional (Enel, 2022)

3.3.2.2 Rede de distribuição aérea compacta (RDP)

Segundo o Guia de podas de árvores urbanas Enel (2022), esta rede compõe-se de um sistema de cabos (de aço e protegidos), separados por espaçadores losangulares. Os cabos cobertos são encapados, mas não podem ser considerados isolados eletricamente, pois não apresentam o campo elétrico confinado. A rede compacta, mais segura do que a convencional, possui uma camada de proteção e ocupa menos espaço, resultando em menor número de interferências. A figura 6 mostra o esquema (RDP)

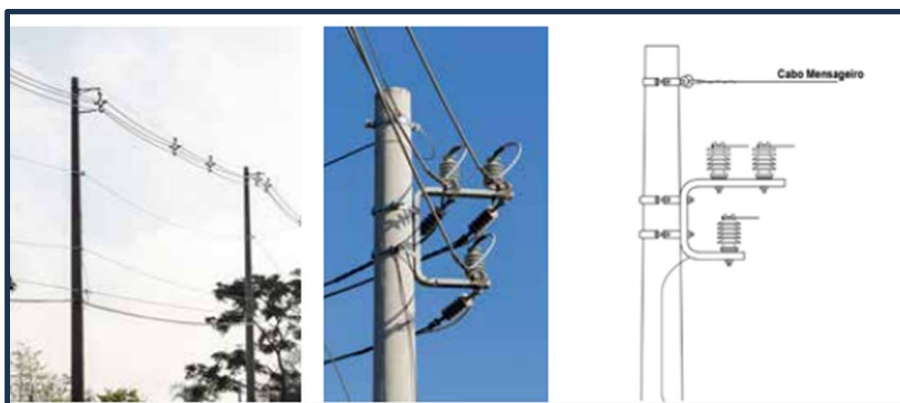


Figura 6 – Rede aérea de distribuição compacta (Enel, 2022)

3.3.2.3 Rede de distribuição aérea isolada ou multiplexada (RDI)

Segundo o Guia de podas de árvores urbanas Enel (2022), é bastante protegida, pois utiliza três condutores isolados, blindados, trançados e reunidos em torno de um cabo mensageiro (neutro) de sustentação. Nesse tipo, o cabo mensageiro funciona como elemento de proteção elétrica e de sustentação mecânica, como, por exemplo, para proteção contra queda de galhos e de objetos lançados na rede. Os condutores e acessórios são blindados e isolados,

trazendo maior segurança contra contatos acidentais, temporários ou permanentes com objetos aterrados ou, ainda, com a arborização. Sua taxa de falhas é muito reduzida.

A aplicação usual para esse tipo de rede de média tensão é para alimentadores expressos, em que há restrição de espaço nos postes existentes e se exige maior nível de segurança. Possui alta confiabilidade e baixos índices de desligamentos. A figura 7 mostra o esquema (RDI)

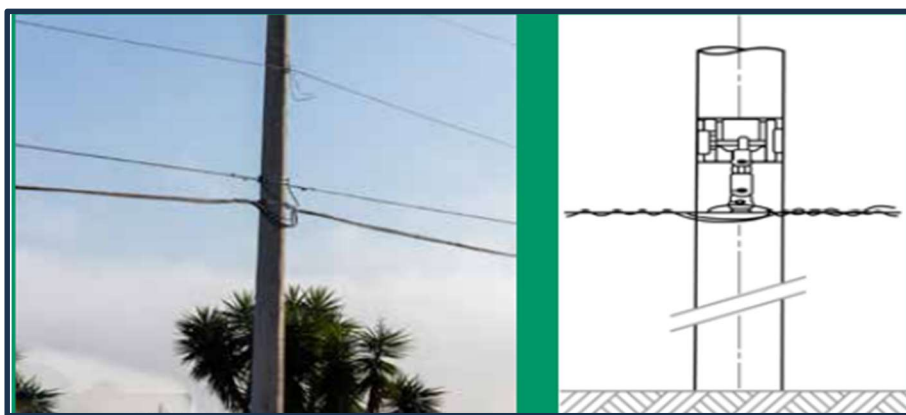


Figura 7 – Rede aérea de distribuição aérea isolada ou multiplexada (Enel, 2022)

3.3.2.4 Rede de distribuição subterrânea (RDS)

Segundo o Manual de arborização Cemig (2019), trata-se de uma rede semelhante à isolada, porém instalada subterraneamente. Este tipo de rede evita conflitos com as copas das árvores, mas está sujeita a conflito com raízes. Além disso, seus custos muitas vezes se tornam inviáveis.

3.4 Indicadores de continuidade de energia

Os indicadores de continuidade de energia monitoram a qualidade do fornecimento de energia elétrica pelas distribuidoras em suas respectivas áreas de concessão. Esses índices são apurados pelas próprias empresas e auditados pela ANEEL para avaliar o desempenho da distribuição. Caso os limites regulatórios sejam extrapolados, a agência aplica multas às concessionárias, as quais são revertidas aos consumidores na forma de compensações financeiras. A continuidade do fornecimento é mensurada por meio de indicadores coletivos e individuais. Nesse estudo, serão considerados apenas os indicadores coletivos, que são:

DEC (Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora): Representa, para cada conjunto de unidades consumidoras, o tempo médio, em horas, no qual as unidades consumidoras permaneceram sem o fornecimento de energia elétrica. Assim pode-se concluir

que quanto maior esse índice, maior foi a demora na manutenção corretiva, motivada pela falta de estrutura operacional ou dificuldades específicas àquele tipo de linha. Para o cálculo do indicador DEC é utilizada a equação abaixo:

$$DEC = \frac{\sum_{i=1}^{Cc} DIC(i)}{Cc}$$

Figura 8 – Equação do DEC (PRODIST Módulo 8 – ANEEL)

FEC (Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora): Indica a quantidade média de vezes em que o fornecimento foi interrompido nas unidades consumidoras, para cada conjunto de unidades consumidoras. Assim pode-se concluir que quanto maior esse índice, pior é a qualidade da rede. Para o cálculo do indicador FEC é utilizada a equação abaixo:

$$FEC = \frac{\sum_{i=1}^{Cc} FIC(i)}{Cc}$$

Figura 9 – Equação do FEC (PRODIST Módulo 8 – ANEEL)

O cálculo dos indicadores de continuidade DEC (Duração Equivalente de Interrupção) e FEC (Frequência Equivalente de Interrupção) é realizado com base nas seguintes variáveis e parâmetros:

- **i**: índice das unidades consumidoras (UC) atendidas em baixa tensão (BT) ou média tensão (MT) do conjunto elétrico em análise.
- **Cc**: número total de unidades consumidoras (UC) atendidas em BT ou MT no conjunto.
- **DIC(i)**: duração individual de interrupção por unidade consumidora (em horas).
- **FIC(i)**: frequência individual de interrupção por unidade consumidora (em número de ocorrências).

3.5 Principais causas de interrupção de energia

Para padronizar as causas de interrupções programadas e não programadas de energia, as concessionárias de energia costumam classificar as interrupções de acordo com o elemento provocador. De acordo com o anexo II no Módulo 8 do PRODIST, os fatores geradores que afetam os indicadores de continuidade de energia DEC/FEC, estão agrupados na tabela abaixo.

Tabela 1– Principais causas e detalhes de interrupção de energia

TIPO	CAUSA	DETALHE
Programada	Alteração	Para melhoria
		Para ampliação
Programada	Manutenção	Corretiva
		Preventiva
Não programada	Meio Ambiente	Poluição
		Corrosão
		Queimada ou Incêndio
		Inundação
		Erosão
		Árvore ou vegetação
		Descarga atmosférica
		Animais
Não programada	Terceiros	Vento
		Vandalismo
		Abalroamento
		Roubo
		Acidente
		Objeto na rede
		Defeito cliente afetando outros
		Ligação clandestina
		Empresa de serviços públicos ou suas contratadas
		Defeito interno não afetando outras unidades consumidoras
Não programada	Falha operacional	Interferência de terceiros
		Erro de operação
		Serviço mal executado
Não programada	Próprias do sistema	Acidente
		Subtensão
		Sobretensão
		Sobrecarga
		Desligamento para manutenção
		Desligamento por segurança
		Atuação de sistema espacial de proteção (SEP)
Não programada	Alívio de carga	Não identificadas
		*
Não programada	Não classificada	*

Fonte: (Prodist 8, Aneel)

3.6 Conflito entre arborização e redes de energia

A coexistência entre arborização urbana e redes de distribuição de energia elétrica representa um dos maiores desafios técnicos e ambientais enfrentados pelas cidades contemporâneas. Esse conflito é resultado direto do crescimento urbano desordenado e da ausência de planejamento integrado entre os setores responsáveis pelo meio ambiente e pela infraestrutura elétrica. Segundo Biondi (1996), a implantação das redes e o plantio das árvores, na maioria das cidades brasileiras, são executados de forma independente, sem critérios técnicos compatíveis. Como consequência, as árvores acabam sendo plantadas sob as fiações ou próximas a postes, ocasionando riscos de curtos-circuitos, quedas de galhos e interrupções frequentes no fornecimento de energia.

De acordo com Milano e Dalcin (2000), a arborização urbana deve ser planejada considerando a estrutura e a altura das redes elétricas. No entanto, o que se observa é que as espécies escolhidas para o plantio muitas vezes não são compatíveis com o ambiente urbano. Árvores de grande porte, como o *Ficus benjamina* e a *Tipuana tipu*, são frequentemente encontradas sob as redes elétricas, e devido à ausência de podas de formação adequadas, elas acabam submetidas a podas drásticas e recorrentes, o que compromete a saúde das plantas e aumentam os custos de manutenção para as concessionárias. Esse tipo de interferência revela a falta de integração entre o planejamento urbanístico e o manejo ambiental.

Segundo o Comitê de Distribuição de Energia Elétrica (1990), os principais conflitos entre arborização e redes elétricas decorrem da disputa pelo mesmo espaço físico. As redes aéreas, que são compostas em sua maioria por condutores sem isolamento, cruzam as vias públicas no mesmo local destinado à arborização. Esse tipo de instalação torna inevitável o contato entre galhos e cabos, especialmente em cidades com ruas estreitas e passeios reduzidos, como o caso do Jardim Ângela, na zona sul de São Paulo. Em situações de ventos fortes ou chuvas intensas, esses contatos podem causar quedas de energia, curtos-circuitos e até incêndios. A árvore retratada na figura 9, uma das árvores inventariadas, ilustra claramente o conflito descrito.



Figura 10 –*Ficus Benjamina* morta em conflito com a rede de energia (Autor, 2025)

A falta de padronização nas podas é outro agravante. Para Vasconcelos (2000), as podas realizadas sem acompanhamento técnico desfiguram as copas das árvores e afetam seu equilíbrio fisiológico, favorecendo o surgimento de pragas, fungos e rachaduras estruturais. Além disso, as podas excessivas ou mal executadas reduzem a vida útil das árvores e alteram seu crescimento natural, tornando-as mais suscetíveis à queda. O manejo mais utilizado no Brasil é a poda direcional (popularmente chamada de “corte em V”), que é uma solução emergencial que elimina o conflito momentâneo com os fios, mas compromete a estética e a vitalidade da vegetação a longo prazo. Adicione-se a isso o fato de quase nenhuma administração municipal, ou concessionária, realiza a poda de formação da copa, prática que, quando executada, geralmente fica a cargo das concessionárias em árvores adultas, resultando frequentemente em copas de aspecto estético bastante desfavorável.

A situação é agravada pela falta de atualização tecnológica das redes. Segundo o Guia de Podas de Árvores Urbanas da Enel (2022), a maioria das redes brasileiras ainda segue o modelo convencional, com cabos desencapados e postes baixos, o que amplia a área de interferência com a arborização. As alternativas, como as redes compactas protegidas e as redes isoladas multiplexadas, têm custo de implantação mais elevado, mas reduzem significativamente os riscos de interrupções e o número de podas necessárias. Ainda assim, a

adoção dessas tecnologias é limitada, especialmente em áreas periféricas onde o investimento em infraestrutura é menor.

A escolha inadequada das espécies também é uma das principais causas do conflito. De acordo com Talarchek (1987), a seleção de árvores para o ambiente urbano deve considerar o porte adulto, a estrutura da copa, o sistema radicular e a distância mínima das redes elétricas. No entanto, em muitos bairros populares, a arborização é feita de forma espontânea pelos moradores, que plantam espécies ornamentais ou frutíferas sem orientação técnica. Essa prática, embora bem-intencionada, acaba aumentando o risco de acidentes elétricos e prejudicando o desempenho das redes de distribuição.

Além dos impactos operacionais, o conflito entre arborização e redes elétricas tem implicações ambientais e econômicas. Conforme Magalhães et al. (1990), as podas frequentes realizadas para evitar o contato entre árvores e fios reduzem a cobertura vegetal das cidades, diminuindo os benefícios ecológicos da arborização. A perda de biomassa vegetal também afeta a biodiversidade urbana, já que muitas aves e insetos dependem dessas árvores para abrigo e alimentação. Economicamente, o custo de manutenção das redes em áreas arborizadas é consideravelmente mais alto devido à necessidade de equipes especializadas e ao uso de equipamentos de segurança.

De acordo com a *Arboriculture and Urban Forestry* (1996), as árvores permanecem como a principal causa de interrupção de energia. A pesquisa indica que o impacto do contato da vegetação nos indicadores de continuidade geralmente varia entre 15% e 40% em condições normais, podendo ultrapassar 70% durante eventos climáticos severos. Portanto, o conflito entre a arborização e as redes de energia é uma das causas que impactam diretamente os indicadores de continuidade do fornecimento de energia. Os índices DEC (Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora) e FEC (Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora), estabelecidos pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), mostram que áreas periféricas, como o Jardim Ângela, apresentam níveis de interrupção superiores à média da cidade.

A desigualdade na qualidade do fornecimento elétrico evidencia que o problema não é apenas técnico, mas também social. Segundo Souza e Martins (2009), a precariedade da infraestrutura nas periferias é consequência de um modelo urbano que privilegia as áreas centrais em detrimento das regiões periféricas. Essa desigualdade reflete-se na arborização e na distribuição elétrica, nas quais a falta de investimentos em tecnologias mais seguras e eficientes perpetua o ciclo de falhas e manutenções corretivas.

Para minimizar esses conflitos, é fundamental a adoção de estratégias integradas entre concessionárias de energia e prefeituras. Conforme Magalhães et al. (1990), medidas como o uso de redes compactas protegidas e a substituição gradual de espécies de grande porte por árvores de médio ou pequeno porte são alternativas viáveis para reduzir as interferências. Além disso, a implementação de planos diretores de arborização urbana, com base em inventários georreferenciados e no mapeamento das redes, possibilita uma gestão mais eficiente do espaço público.

3.7 Planejamento e manejo da arborização urbana

O planejamento e o manejo da arborização urbana representam práticas indispensáveis para a construção de cidades sustentáveis, equilibradas e ambientalmente resilientes. A presença de árvores nos centros urbanos não se limita à estética ou ao conforto visual; ela desempenha funções ecológicas, sociais e estruturais essenciais para a qualidade de vida da população. De acordo com Silvério de Sá et al. (2021), o processo de diagnóstico da arborização urbana é o primeiro passo para a formulação de estratégias de manejo adequadas, pois permite compreender a composição florística, o estado fitossanitário das árvores e os principais conflitos com a infraestrutura urbana. Esse diagnóstico fornece uma base sólida para que o planejamento ocorra de forma técnica e eficiente, evitando decisões empíricas e intervenções desordenadas.

O manejo arbóreo envolve um conjunto de práticas voltadas à implantação, manutenção e monitoramento da vegetação urbana. Isso inclui desde a escolha das espécies e o preparo do solo até as podas regulares, o controle fitossanitário e o monitoramento do desenvolvimento das árvores. Segundo Oliveira (2022), o sucesso da arborização urbana está diretamente relacionado à escolha das espécies e à qualidade das mudas utilizadas. A autora destaca que a seleção deve considerar fatores como o porte da árvore, o tipo de raiz, a resistência ao clima local e a compatibilidade com calçadas e redes elétricas. A ausência desses critérios técnicos tende a gerar problemas estruturais, como o rompimento de calçadas, a interferência em redes subterrâneas e o contato direto com fios de energia.

Segundo Silva (2022), o diagnóstico ambiental é um instrumento indispensável para o planejamento de práticas ambientais e deve anteceder qualquer ação de manejo ou intervenção urbana. Esse diagnóstico permite identificar fragilidades ecológicas, oportunidades de conservação e os impactos potenciais da arborização sobre os diferentes sistemas urbanos. A autora ressalta que o manejo da arborização urbana precisa ser compreendido como um

processo contínuo, que envolve etapas de planejamento, execução, monitoramento e revisão periódica. Essa dinâmica permite que o sistema arbóreo evolua de forma saudável e equilibrada, acompanhando as transformações urbanas.

A integração entre o diagnóstico ambiental e o planejamento arbóreo contribui para a sustentabilidade da paisagem urbana, ampliando os serviços ecossistêmicos prestados pelas árvores. Entre os principais benefícios estão o sombreamento, a purificação do ar, a absorção de gases poluentes e a redução de ruídos. No entanto, para que esses benefícios sejam mantidos, é necessário um manejo constante que evite o envelhecimento precoce das espécies, além de podas incorretas e plantios inadequados. Nesse sentido, Silvério de Sá et al. (2021) enfatizam que o planejamento arbóreo deve incluir ações educativas e participativas, envolvendo a comunidade local no cuidado e na preservação das áreas verdes.

O planejamento e o manejo da arborização urbana constituem pilares fundamentais para a qualidade de vida nas cidades. O alinhamento entre diagnóstico ambiental, produção sustentável de mudas e integração com a infraestrutura verde possibilita reduzir os conflitos entre vegetação e estruturas urbanas, aumentar a biodiversidade e consolidar ambientes mais seguros e saudáveis. Dessa forma, o planejamento arbóreo se consolida como um instrumento de gestão ambiental indispensável para a construção de uma cidade moderna, inclusiva e ecologicamente equilibrada.

3.8 Tecnologias e estratégias sustentáveis de mitigação

O avanço das cidades modernas exige soluções inovadoras que promovam o equilíbrio entre a infraestrutura elétrica e a preservação da arborização urbana. As tecnologias e estratégias sustentáveis de mitigação surgem como alternativas essenciais para reduzir os conflitos entre redes de distribuição e árvores, assegurando tanto a qualidade do fornecimento de energia quanto a manutenção dos benefícios ecológicos da vegetação. Segundo Magalhães et al. (1990), o problema não deve ser enfrentado apenas por meio de podas corretivas, mas por meio de uma reestruturação técnica e ambiental integrada que promova um convívio harmônico entre natureza e urbanização. Conforme demonstrado na Figura 11, redes de distribuição com tecnologia mais avançada exigem menos intervenções de manejo, promovendo uma coexistência mais harmoniosa com a arborização. A figura compara diferentes tipos de rede e seus respectivos impactos sobre as copas das árvores

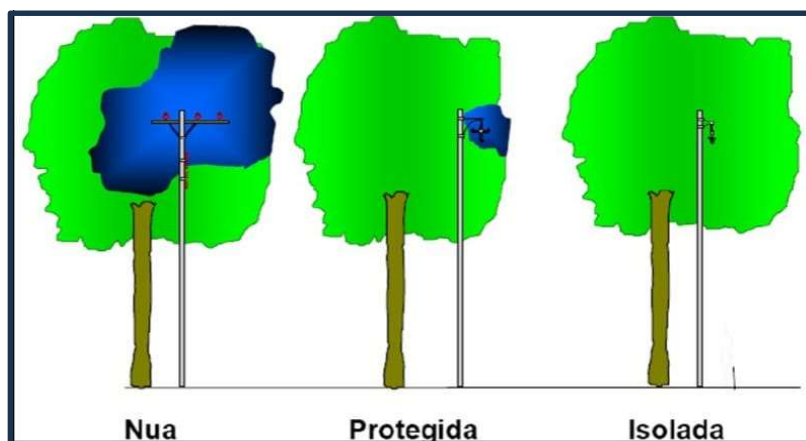


Figura 11 – Tipos de redes elétricas e seus efeitos sobre as copas das árvores (CEMIG, 2011)

Uma das principais alternativas apontadas pela literatura é a substituição das redes aéreas convencionais por redes compactas protegidas. De acordo com o Guia de Podas de Árvores Urbanas da Enel (2022), esse tipo de sistema utiliza cabos revestidos e separados por espaçadores, o que reduz o risco de curtos-circuitos causados por galhos e diminui a necessidade de podas frequentes. Embora o custo inicial de implantação seja mais elevado, os benefícios a longo prazo — como menor índice de falhas e menores custos de manutenção — compensam o investimento. Essa tecnologia também favorece a preservação das copas das árvores, evitando danos estruturais e estéticos.

Outra solução amplamente discutida é a rede de distribuição aérea isolada ou multiplexada, que utiliza condutores trançados e totalmente revestidos. Segundo Leão (2010), esse modelo apresenta maior confiabilidade operacional e segurança elétrica, sendo indicado para áreas com alta densidade arbórea ou em regiões residenciais estreitas. Ao impedir o contato direto entre galhos e condutores, esse sistema reduz significativamente os índices de interrupções de energia (DEC e FEC), além de aumentar a durabilidade da rede.

As redes subterrâneas representam uma alternativa de alto desempenho ambiental e estético. Conforme o Manual de Arborização da CEMIG (2019), esse tipo de rede elimina completamente o conflito com as copas das árvores, permitindo o plantio de espécies de grande porte e o desenvolvimento pleno da vegetação. No entanto, essa solução ainda é pouco aplicada no Brasil devido ao custo elevado e à complexidade de manutenção. Mesmo assim, cidades que adotaram redes subterrâneas em áreas centrais — como Curitiba, Rio de Janeiro, Belo Horizonte e partes de São Paulo — registraram melhoria significativa na paisagem urbana e na qualidade do fornecimento elétrico.

A mitigação dos conflitos também passa pela seleção criteriosa das espécies arbóreas utilizadas nas vias públicas. Segundo Biondi (1996), o planejamento da arborização deve

considerar fatores como o porte adulto das árvores, o sistema radicular, o formato da copa e a proximidade das redes elétricas. Espécies de pequeno e médio porte são recomendadas para áreas com fiação aérea, pois essa escolha reduz a frequência de podas e o risco de interferências, além de manter os benefícios ambientais da vegetação.

O uso de sistemas de georreferenciamento e mapeamento urbano (GIS) também se destaca como ferramenta tecnológica para o manejo integrado da arborização e da rede elétrica. De acordo com Corrêa (2020), o uso de softwares como o QGIS permite o cruzamento de informações espaciais sobre a localização de árvores, postes e cabos elétricos, possibilitando um planejamento mais preciso e preventivo. Essa tecnologia auxilia na identificação de áreas de risco, no monitoramento das espécies e na definição de planos de manejo sustentáveis, evitando intervenções emergenciais e custos elevados de reparo.

A integração entre prefeituras e concessionárias de energia é outro pilar fundamental para a mitigação dos conflitos. Segundo Brito e Castro (2007), a falta de comunicação entre esses órgãos é uma das principais causas dos problemas recorrentes na convivência entre árvores e redes elétricas. A adoção de convênios e planos diretores de arborização urbana, elaborados em conjunto, permite alinhar o planejamento do espaço público com as necessidades operacionais da rede elétrica. Isso inclui desde a definição de espécies adequadas até o mapeamento de áreas para plantio e a padronização das técnicas de poda e manutenção.

Além das soluções estruturais, a educação ambiental e a participação comunitária desempenham papel essencial nesse processo. Conforme Sanchotene (1994), envolver a população no cuidado com as árvores urbanas promove senso de responsabilidade coletiva e reduz práticas inadequadas, como o plantio em locais impróprios ou a poda irregular. Campanhas educativas e programas de capacitação de agentes públicos e moradores podem estimular práticas sustentáveis, fortalecendo a consciência ecológica e o respeito ao espaço urbano.

Outro aspecto relevante é a adoção de políticas públicas de incentivo à arborização planejada. De acordo com Milano e Dalcin (2000), os municípios devem elaborar legislações específicas que regulamentem o manejo da vegetação urbana e prevejam penalidades para danos ambientais. A inclusão da arborização como componente obrigatório nos planos diretores municipais garante que novas obras e loteamentos considerem a infraestrutura verde como parte integrante da cidade, e não apenas como elemento decorativo.

O uso de energias renováveis e redes inteligentes (smart grids) também pode contribuir indiretamente para mitigar os conflitos entre arborização e energia. Segundo Gonçalves (2021), as redes inteligentes permitem monitorar e controlar o fluxo elétrico em tempo real,

identificando falhas e restabelecendo automaticamente o serviço em caso de interrupções. Essa tecnologia reduz a dependência de redes expostas e melhora a eficiência do sistema elétrico, integrando sustentabilidade e inovação tecnológica.

É importante destacar que as estratégias de mitigação devem ser adaptadas à realidade local de cada município. No caso do Jardim Ângela, o contexto de alta densidade populacional, ruas estreitas e ocupação irregular exige soluções mistas, combinando o uso de redes compactas protegidas, replanejamento arbóreo e participação comunitária. Conforme Souza e Martins (2009), a sustentabilidade urbana não depende apenas de tecnologias avançadas, mas de políticas públicas contínuas que integrem a dimensão social, ambiental e técnica do território.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Área de estudo: distrito do Jardim Ângela

O distrito do Jardim Ângela está localizado na zona sul de São Paulo, sendo reconhecido como uma das regiões mais populosas e socialmente vulneráveis da capital. De acordo com a Prefeitura Municipal de São Paulo (PMSP, 2022), o distrito possui aproximadamente 311 mil habitantes distribuídos em uma área de 37 km², perfazendo uma densidade de 78,02 habitantes/ha.

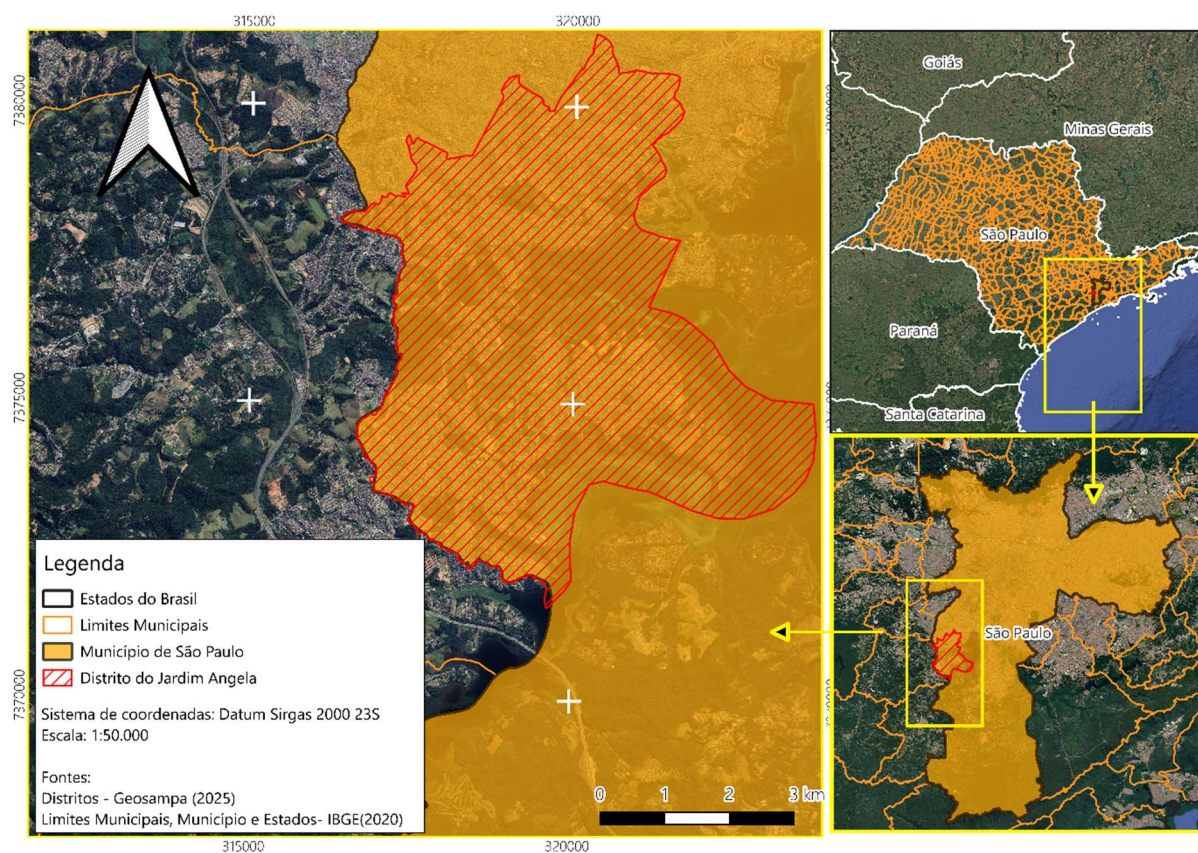


Figura 12 – Distrito do Jardim Ângela (autor, 2025)

O Jardim Ângela é composto por 86 bairros, dos quais dez foram selecionados para este estudo: Jardim Fraternidade, Jardim Santa Margarida, Jardim Herculano, Alto da Riviera, Cidade Ipava, Vila Gilda, Jardim Aracati, Jardim Guarujá, Parque Independência e Jardim Vera Cruz. O distrito localiza-se nas coordenadas 23°42'45" S e 46°45'53" W, integrando a Subprefeitura do M'Boi Mirim.

O clima é classificado como subtropical úmido (Cfa/Cwa, segundo a classificação climática de Köppen-Geiger), apresentando temperatura média anual em torno de 20°C e índice pluviométrico médio de 1.450 mm. O mês menos chuvoso é agosto, e o mais chuvoso é janeiro.

O período de estiagem não é fixo, variando entre o outono e o inverno, e a umidade relativa diária oscila entre 80% e 85% (IAPAR, 1994).

4.2 Histórico do distrito do Jardim Ângela

Na segunda metade do século XIX, a área correspondente ao atual Distrito do Jardim Ângela era conhecida como Riviera Paulista, constituindo um cenário de atividades de esporte e lazer que atraía visitantes devido à beleza das margens da Represa do Guarapiranga (PMSP, 2017a; SP Bairros, 2017a).

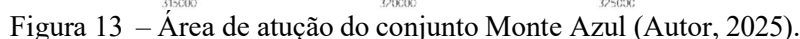
A expansão urbana intensificou-se no século XX com a instalação de loteamentos clandestinos no início da década de 1960. Formou-se, então, um pequeno núcleo habitacional que, ao longo das décadas de 1970 e 1980, expandiu-se rapidamente devido a uma explosão demográfica. A população, composta principalmente por desempregados ou migrantes deslocados por processos de gentrificação, construiu barracos em áreas de ocupação irregular, transformando-os, pouco a pouco, em habitações de alvenaria (PMSP, 2017a; SP Bairros, 2017a).

A formação do Jardim Ângela foi marcada pelo crescimento desordenado, pela falta de planejamento e pela ausência do poder público na oferta de infraestrutura básica. A região tornou-se, contudo, destino para milhares de migrantes e trabalhadores de baixa renda em busca de moradia, formando dezenas de bairros irregulares caracterizados por moradias precárias e carência de serviços.

4.3 Caracterização do conjunto Monte Azul

O Conjunto Elétrico Monte Azul é estruturado para atender uma ampla área residencial de alta densidade populacional, compreendendo a maior parte do território do Jardim Ângela e, em menor proporção, os distritos vizinhos de Jardim São Luiz e Capão Redondo. Com aproximadamente 153 mil unidades consumidoras registradas, o Conjunto Monte Azul representa um dos maiores sistemas elétricos de abrangência periférica da capital paulista. Sua rede é composta predominantemente por sistemas aéreos convencionais, refletindo a antiguidade da infraestrutura e o crescimento urbano não planejado que caracterizou a região nas últimas décadas. Essa configuração torna o conjunto especialmente suscetível a interferências com a arborização urbana, uma vez que

A sobreposição dos arquivos georreferenciados do Jardim Ângela com os limites operacionais do Conjunto Monte Azul, realizada por meio do software QGIS, confirmou que a maior parte da rede elétrica desse conjunto está concentrada no distrito do Jardim Ângela. Essa correspondência espacial é um fator determinante para compreender os conflitos recorrentes entre arborização e energia elétrica observados nesta pesquisa, uma vez que a disposição das vias, a densidade das construções e o plantio desordenado de espécies de grande porte intensificam as interferências físicas com os condutores aéreos.



4.4 Metodologia de coleta de dados

Foi realizada uma revisão bibliográfica em bases de dados e publicações técnicas de órgãos como a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), ENEL, CEMIG, Neoenergia e Prefeitura de São Paulo. A revisão abrangeu temas relacionados à urbanização, arborização urbana, planejamento ambiental e redes de distribuição elétrica, com o objetivo de fundamentar teoricamente a interação entre infraestrutura urbana e meio ambiente, destacando a necessidade de compatibilidade entre espécies vegetais e estruturas elétricas.

Este estudo foi conduzido com uma abordagem quantitativa e qualitativa, de caráter descritivo e exploratório, com o objetivo de garantir precisão, reprodutibilidade e consistência científica na análise da interação entre a arborização urbana e as redes de distribuição de energia elétrica no distrito do Jardim Ângela (SP).

A amostragem adotada foi do tipo aleatória simples, visando assegurar a imparcialidade e a representatividade dos dados. Foram sorteados dez bairros do distrito do Jardim Ângela, selecionados aleatoriamente entre os oitenta e seis existentes. Em cada bairro, foram sorteadas quatro ruas, e nelas foram analisadas as cinco primeiras árvores em trechos de cem metros, totalizando duzentos indivíduos avaliados.

Para cada árvore, foram registradas as seguintes variáveis qualitativas e quantitativas:

- Nome vulgar e Nome científico;
- Altura total (em metros);
- Porte: classificados como:
 - 1 – pequeno (até 6 m);
 - 2 – médio (6–9 m);
 - 3 – grande (>9 m);
- Diâmetro à Altura do Peito (DAP) (em centímetros);
- Defeito estrutural: classificado como:
 - 1 – (Ótimo);
 - 2 – (Bom);
 - 3 – (Regular);
 - 4 – (Ruim);
 - 5 – (Morta);
- Grau de interferência com a rede elétrica:
 - 1 – Sem fiação sob/em contato com a árvore;
 - 2 – Árvore em contato com a rede.

- Tipo de rede:
 - 1 – Convencional;
 - 2 – Compacta;
 - 3 – Isolada;
 - 4 – Subterrânea;
- Compatibilidade com o passeio público:

Tabela 2 – Dimensões de passeio, canteiros e diâmetro de tronco

LARGURA DO PASSEIO (M)	LARGURA MÍN. DO CANTEIRO (M)	ÁREA MÍN. DO CANTEIRO (M²)	D.A.P MÁX. (M)
Menor que 1,90	Não é recomendado o plantio de árvores		
1,90 a 2,09	0,60	0,60	até 0,50
2,10 a 2,39	0,80	0,80	até 0,70
2,40 a 2,79	1,00	1,20	até 0,90
Maior que 2,80	1,40	2,00	até 1,20

Fonte: (PMSP, 2022)

- Recomendação de manejo:
 - 1 – Poda;
 - 2 – Supressão

Os dados foram coletados por meio de observação direta em campo, utilizando fichas padronizadas e instrumentos de medição (trena e hipsômetro) para garantir uniformidade. As informações foram posteriormente organizadas em planilhas eletrônicas, possibilitando a quantificação de espécies em conflito, a identificação de padrões de incompatibilidade e a comparação entre os diferentes bairros analisados. Além do inventário, foi realizada uma análise dos indicadores de continuidade do fornecimento de energia (DEC e FEC) do Conjunto Elétrico Monte Azul, comparando seus resultados com os limites regulatórios da ANEEL e com outros distritos de São Paulo. Essa estrutura metodológica garantiu uma coleta sistemática, precisa e alinhada aos objetivos do estudo.

Tabela 3: Relação de bairros e ruas inventariados no distrito do Jardim Ângela

BAIRROS	RUAS	QUANT.
Jardim Fraternidade	Av. Visconde do Rio Grande	5
	R. Damasco	5
	R. Andréa Solário	5
	R. Carlo Rossi	5
Jardim Santa Margarida	R. Roberto Selmi-Dei	5
	R. do Tom Menor	5
	R. Amaro Antônio de Araujo	5
	R. Capão Redondo	5
Jardim Herculano	R. Anésio Soares Públio	5
	R. Victório César Mazucco	5
	R. José Carlos dos Santos Marques	5
	Av. Alexandrina Malisano de Lima	5
Alto da Rivieira	R. Ignácio Limas	5
	R. Maria de Barros Carvalho	5
	R. Armando Rodrigues Tavárez	5
	R. Soares de Sousa Júnior	5
Cidade Ipava	R. Imbere	5
	R. Serruba	5
	R. Utucura	5
	R. Capitinga	5
Vila Gilda	R. Artieste Pascoaline	5
	R. Prof. Amicis Brandi Bertolotti	5
	R. Gil de Siloé	5
	R. Coporanga	5
Jardim Aracti	R. Boaventura Furtado de Moraes	5
	R. Duarte Ramos Furtado	5
	R. Francisco Homem del-Rei	5
	R. Eng. Milton de Peixoto	5
Jardim Guarujá	Av. Guarujá	5
	R. João de Almada	5
	R. Tomas Pompeu	5
	R. Ciclades	5
Parque Independência	R. Majer Kucinski	5
	R. Gaspar Coelho	5
	R. Arnaldo Gama	5
	R. Enrico Drampolini	5
Jardim Vera Cruz	R. Bandeirantes	5
	R. Carlo Caproli	5
	Av. Monte Olimpo	5
	Rua Isabel de Oliveira	5
TOTAL		200

Fonte: (Autor, 2025)

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise do inventário arboreo

O inventário das 200 árvores amostradas indicou a presença de 45 espécies pertencentes a 19 famílias botânicas. Dentre elas, destacou-se a espécie exótica *Ficus benjamina* (Figueira-benjamim), da família Moraceae, responsável por aproximadamente 22,5% de todos os indivíduos analisados. Em seguida, observaram-se *Ligustrum lucidum* (Alfeneiro) com 8,5%, *Caesalpinia pluviosa* (Sibipiruna) com 7,5%, *Bauhinia forficata* (Pata-de-vaca) com 6,5% e *Handroanthus heptaphyllus* (Ipê-rosa) com 4,5%. Essas cinco espécies correspondem a 49,5% do total identificado, sendo as mais representativas do distrito do Jardim Ângela.

Ressaltam-se alguns problemas. O primeiro é a predominância da *Ficus benjamina*, considerada inadequada para a arborização urbana devido ao seu sistema radicular agressivo e ao elevado potencial de interferência em redes elétricas. O segundo é a elevada proporção dessa espécie na área inventariada, pois Milano e Dalcin (2000) estabelecem que, para um bom planejamento da arborização urbana, a proporção de cada espécie não deve exceder 15% do total de indivíduos. Essa diretriz visa promover a diversidade e a resiliência dos ecossistemas urbanos, evitando a predominância excessiva de uma única espécie, o que poderia aumentar a vulnerabilidade a pragas e doenças. Nesse contexto, a *Ficus benjamina* foi a espécie predominante, divergindo da recomendação dos autores.

A análise dos dez bairros avaliados revelou que 37% das árvores inventariadas apresentavam algum tipo de interferência com a rede elétrica. Entre as espécies mais envolvidas nesses conflitos, a *Ficus benjamina* se destacou, representando 17% do total de indivíduos afetados. Observou-se também que as árvores de grande porte correspondem a 60,9% dos indivíduos em conflito, sendo novamente a *Ficus benjamina* responsável por 15,9% desse total. Esses resultados corroboram o diagnóstico de Biondi (1996), segundo o qual a falta de planejamento e a escolha inadequada de espécies agravam a necessidade de podas frequentes e aumentam os custos operacionais para as concessionárias.

Tabela 4 – Relação de espécies com maior interferência com rede elétrica

Nome científico	Nome científico	Quantidade	Percentual %
<i>Ficus benjamina</i>	Figueira-benjamim	14	19%
<i>Bauhinia Forticata</i>	Pata de vaca	7	10%
<i>Caesalpinia pluviosa</i>	Sibipiruna	6	8%
<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	Ipê Rosa	6	8%
<i>Ligustrum lucidum</i>	Alfeneiro	5	7%

Fonte: (Autor, 2025)

Em relação aos tipos de rede elétrica de média tensão, observou-se que 62% dos trechos analisados possuem redes convencionais, 28% têm redes compactas protegidas e 10% das ruas não apresentam esse tipo de rede. Essa predominância de sistemas convencionais explica a alta incidência de interferências e interrupções. De acordo com o Guia de Podas da Enel (2022), as redes compactas protegidas reduzem em até 60% o risco de curto-circuito e minimizam a necessidade de podas, além de contribuírem para a preservação das copas.

Observou-se que, em média, os bairros analisados apresentam passeios com largura média de 2,30 m, sendo que 49,5% das árvores estão em desacordo com as dimensões do passeio público. É relevante destacar que a pesquisa não considerou o potencial de crescimento das árvores jovens até a fase adulta. De acordo com o Manual de Arborização de São Paulo (2022), passeios com largura inferior a 1,90 m não são considerados ideais para plantio. Abaixo, a tabela apresenta a média de largura do passeio por bairro e a respectiva compatibilidade da árvore com o passeio.

Tabela 5 – Média de passeio por bairro e compatibilidade das árvores com passeio

BAIRROS DO DISTRITO DO JD ANGELA	MÉDIA DO PASSEIO (M)	ÁRVORE COMPATÍVEL C/ PASSEIO		ÁRVORE NÃO COMPATÍVEL C/ PASSEIO	
		Nº	%	Nº	%
Jardim Fraternidade	2,04	11	55%	9	45%
Jardim Sta. Margarida	2,40	9	45%	11	55%
Jardim Herculano	2,12	10	50%	10	50%
Alto da Riviera	1,81	9	45%	11	55%
Cidade Ipava	3,35	19	95%	1	5%
Vila Gilda	2,77	19	95%	1	5%
Jardim Aracati	2,93	12	60%	8	40%
Jardim Guarujá	2,81	11	55%	9	45%
Parque Independência	1,59	1	5%	19	95%
Jardim Vera Cruz	1,45	0	0%	20	100%
VALOR MÉDIO	2,33	101	50,50%	99	49,50%

Fonte: (Autor, 2025)

Os dados também demonstram que 26% das árvores analisadas que estão em contato com a rede de energia necessitam de algum tipo de manejo imediato. Essa elevada demanda de manutenção reflete o impacto da arborização não planejada, associada à ausência de um programa de gestão arbórea contínuo. Segundo Milano e Dalcin (2000), uma arborização urbana eficiente requer planejamento prévio integrado com as redes de infraestrutura, o que ainda é incipiente nas periferias paulistanas.

5.2 Análise dos indicadores de continuidade de energia

A análise do Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (DEC) do conjunto elétrico Monte Azul, referente ao ano de 2024, revelou um valor médio apurado de 8,9 horas. Este valor está no limite do estabelecido pela ANEEL para o mesmo ano, que foi de 9,0 horas. Nos meses de fevereiro, março, abril, maio, outubro e dezembro, o DEC apurado superou o limite de 9,0 horas. Esse fato indica que a duração total das interrupções excedeu os parâmetros regulatórios, configurando um padrão de baixa qualidade do serviço. O gráfico a seguir detalha a comparação entre o DEC Apurado e o DEC Limite para o conjunto elétrico Monte Azul em 2024.

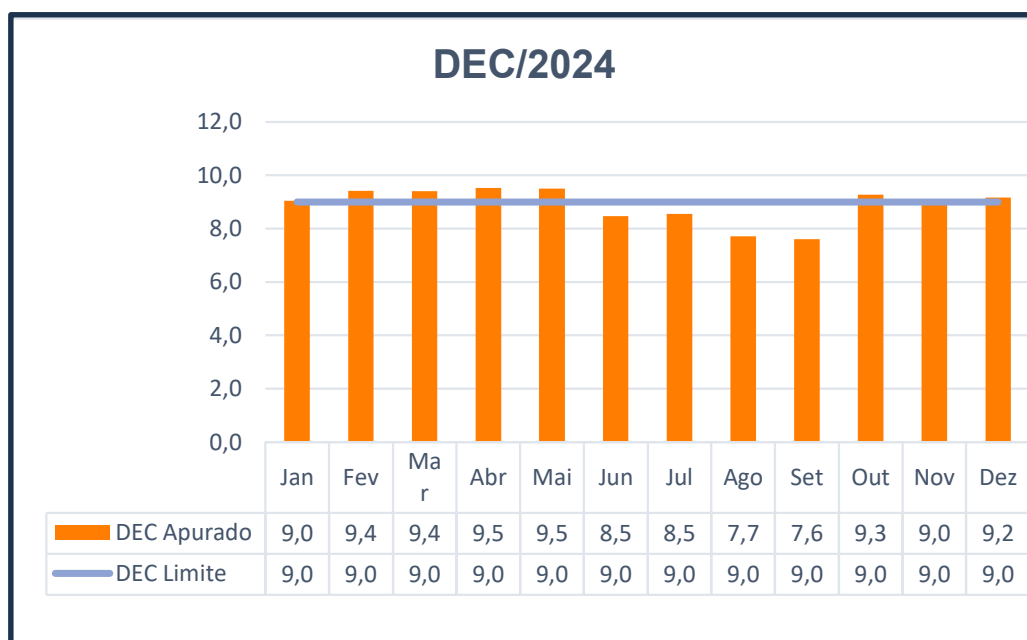


Figura 14 – Indicador DEC: Limite vs. Apurado (conjunto Monte Azul) (BDGD ANEEL, 2024).

Já a análise do Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (FEC) para o mesmo conjunto e período apresentou um valor médio apurado de 6,5 interrupções,

superior ao limite da ANEEL de 6,0 interrupções. Nos meses de janeiro a julho, o FEC Apurado ultrapassou sistematicamente o limite de 6,0 interrupções. Isso demonstra que a frequência das interrupções também superou os padrões permitidos, reforçando a caracterização de baixa qualidade do serviço. O gráfico a seguir ilustra a comparação entre o FEC Apurado e o FEC Limite para o conjunto elétrico Monte Azul em 2024.

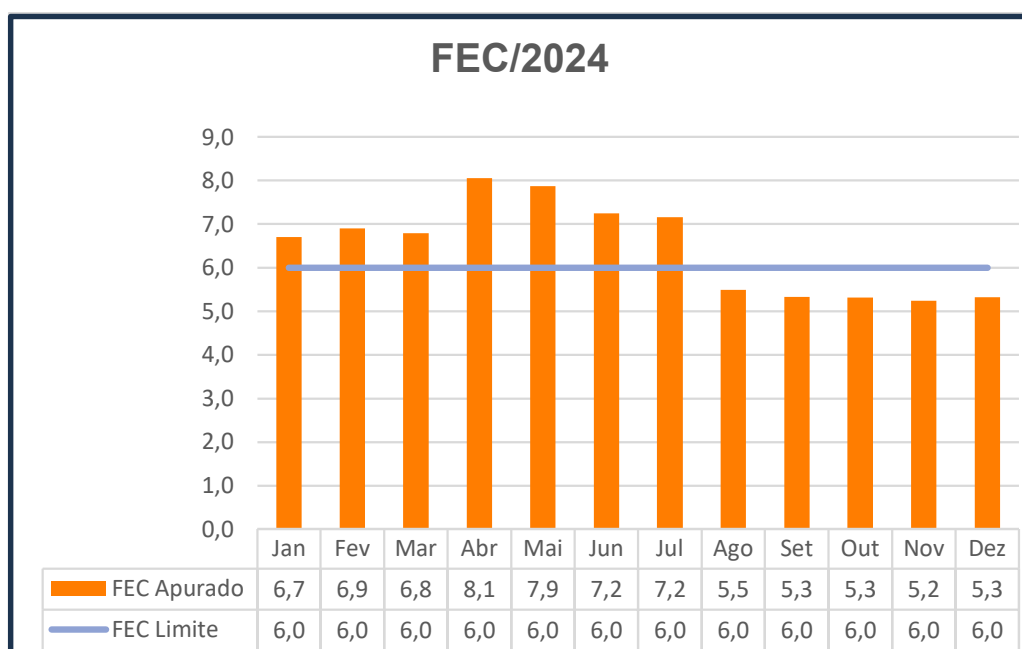


Figura 15 – Indicador FEC: Limite vs. Apurado (conjunto Monte Azul) (BDGD ANEEL, 2024).

É importante ressaltar que conjuntos elétricos com indicadores DEC/FEC próximos ou acima dos limites já prestam um serviço de qualidade inferior. O fato de os valores estarem dentro das metas regulatórias pode mascarar um padrão de fornecimento abaixo da média de regiões da cidade de São Paulo que contaram com planejamento adequado. Esse resultado evidencia a necessidade de investimentos em tecnologias mais robustas e sustentáveis, como redes compactas protegidas e subterrâneas, conforme recomendado por Magalhães et al. (1990) e Leão (2010).

Observação Metodológica: Os valores de DEC e FEC apresentados nos gráficos e análises acima para o conjunto Monte Azul em 2024 já consideram o expurgo das ocorrências. O expurgo é aplicado pela ANEEL quando a interrupção do serviço decorre de fatores que não são de responsabilidade da distribuidora de energia, sendo essas ocorrências excluídas do cálculo dos indicadores oficiais.

5.3 Análise da desigualdade no fornecimento de energia

O Instituto Pólis (2022) realizou análises significativas sobre as desigualdades na qualidade do fornecimento de energia elétrica na cidade de São Paulo. O estudo concluiu que os indicadores de qualidade do serviço de energia elétrica (DEC e FEC) não se distribuem de maneira homogênea no território municipal. Os conjuntos elétricos correspondentes aos distritos da região central e de seu entorno imediato apresentam os melhores índices da cidade. Em contraste, os distritos de regiões periféricas, como o Jardim Ângela (destacado em vermelho nas Figuras 15 e 16), registraram piores índices de qualidade do fornecimento.

De acordo com o Instituto Pólis (2022), os conjuntos elétricos dos distritos centrais, como Sé, República, Liberdade, Cambuci, Bela Vista e Consolação, além de parte dos primeiros distritos da Zona Leste, como Brás, Mooca e Belém, têm os limites regulatórios mais rigorosos da cidade: um DEC Limite entre 3 e 4 horas e um FEC Limite entre 0 e 3 interrupções ao ano. Os conjuntos elétricos das áreas que circundam esse núcleo central, englobando partes das zonas Norte, Leste, Oeste e Sul mais próximas do centro, possuem limites superiores, porém ainda relativamente baixos: DEC entre 4 e 6 horas e FEC entre 3 e 4 interrupções anuais.

Por fim, nas áreas mais periféricas e distantes do centro histórico, os limites tolerados pela regulamentação aumentam significativamente. Nesses locais, o DEC Limite varia de 7 a 14 horas e o FEC Limite, de 4 a 14 interrupções por ano. Em outras palavras, as regiões mais afastadas do centro têm permissão para sofrer interrupções de energia muito mais longas e frequentes. Essa é a realidade do distrito do Jardim Ângela, que sofre com interrupções duradouras e frequentes, conforme atestam os dados analisados.

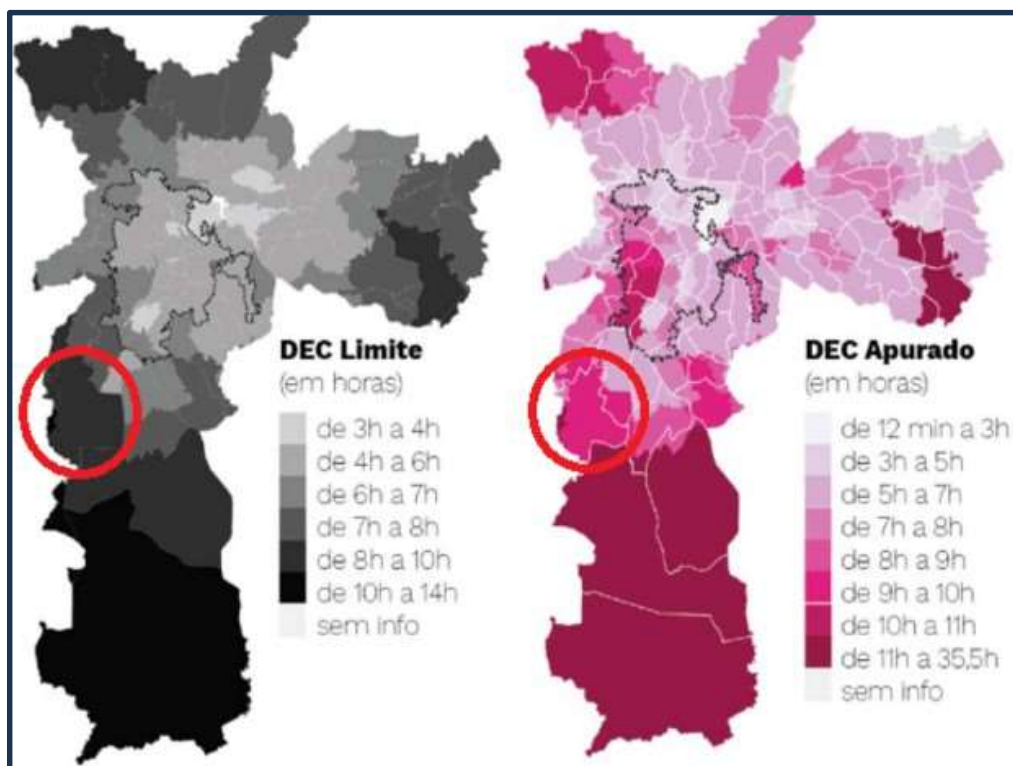


Figura 16 – Mapa de São Paulo: DEC Limite vs. Apurado (Instituto Pólis, 2022)

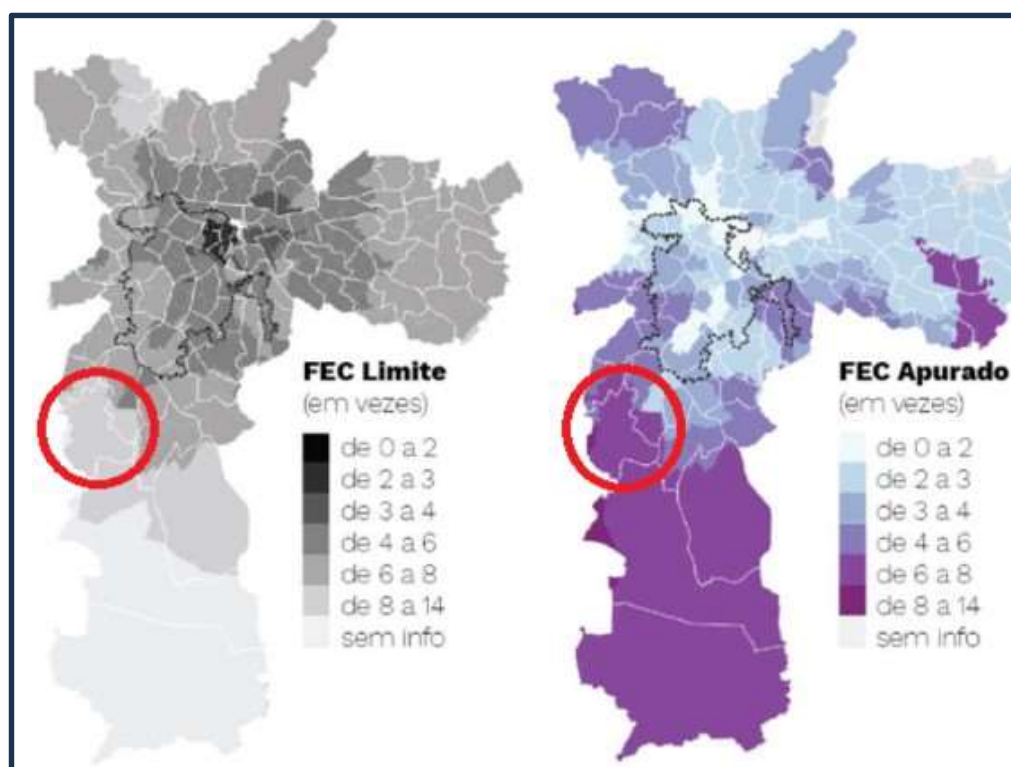


Figura 17 – Mapa de São Paulo: FEC Limite vs. Apurado (Instituto Pólis, 2022)

Os distritos com maior densidade arbórea e maior número de quedas de árvores coincidem com as áreas centrais da capital paulista e suas regiões adjacentes — justamente os

que apresentam os melhores indicadores de continuidade de energia. Diante dessa contradição, o Instituto Pólis argumenta que a relação entre interrupções de energia e quedas de árvores só se sustenta em locais onde a densidade da arborização viária é suficientemente alta para gerar um número significativo de ocorrências. Assim, o Instituto questiona: como explicar que os distritos periféricos, que possuem baixa densidade arbórea e poucas quedas de árvores, registram indicadores tão ruins de continuidade no fornecimento de energia? A Figura 17 ilustra essa disparidade por meio de dois mapas: o primeiro mostra a densidade arbórea na cidade de São Paulo, e o segundo, a quantidade de quedas de árvores. Em ambos, é possível observar, destacado em vermelho, o distrito do Jardim Ângela — que se apresenta em situação desfavorável em comparação com os demais distritos da capital.

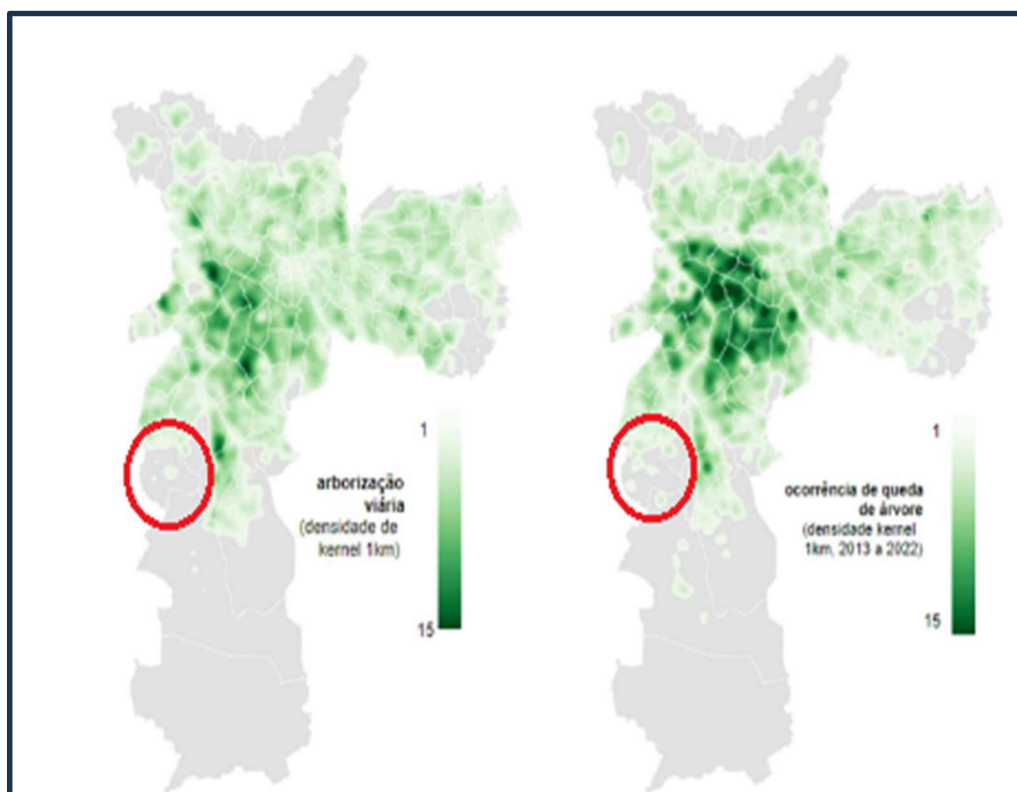


Figura 18 – Densidade de arborização e ocorrência de queda de árvores 2013 à 2022 (PMSP, 2022)

A pesquisa realizada pelo Instituto Pólis não considerou alguns fatores específicos dos distritos da região central e das áreas adjacentes que contribuem para seus bons resultados nos indicadores de continuidade de energia. As redes elétricas nesses distritos centrais têm sua infraestrutura constantemente modernizada e apresentam predominância de redes subterrâneas, além de redes aéreas protegidas e isoladas — menos suscetíveis a interrupções causadas por árvores. A Tabela 5 refere-se ao Conjunto Elétrico “Centro”, localizado nos distritos centrais

de São Paulo. Esse conjunto possui 978 km de rede elétrica, sendo 93,7% de rede subterrânea e 6,3% de rede aérea, o que favorece uma boa relação entre árvores e rede de energia

Tabela 6 – Tipos de redes e sua extensão no conjunto Centro

Tensão	Tipo de Rede	KM	%
Baixa tensão	RD Aérea	18	2,6%
	RD Subterrânea	687	97,4%
Média tensão	RD Aérea	10	3,9%
	RD Subterrânea	238	96,1%
Alta tensão	RD Aérea	25	100,0%
	RD Subterrânea	0	0,0%
Total		978	

Fonte: (Abradee, 2025)

Os distritos ao redor do centro também são planejados, possuindo ruas e passeios largos, o que favorece o desenvolvimento das árvores. A boa infraestrutura viária também facilita o acesso das equipes de manutenção e emergência, agilizando os reparos quando necessários. Há ainda maiores investimentos em equipes de zeladoria da prefeitura, que realizam podas preventivas e a manutenção do espaço urbano. Conforme a Figura 18, a subprefeitura que administra a região central possui um investimento maior em relação aos distritos periféricos.

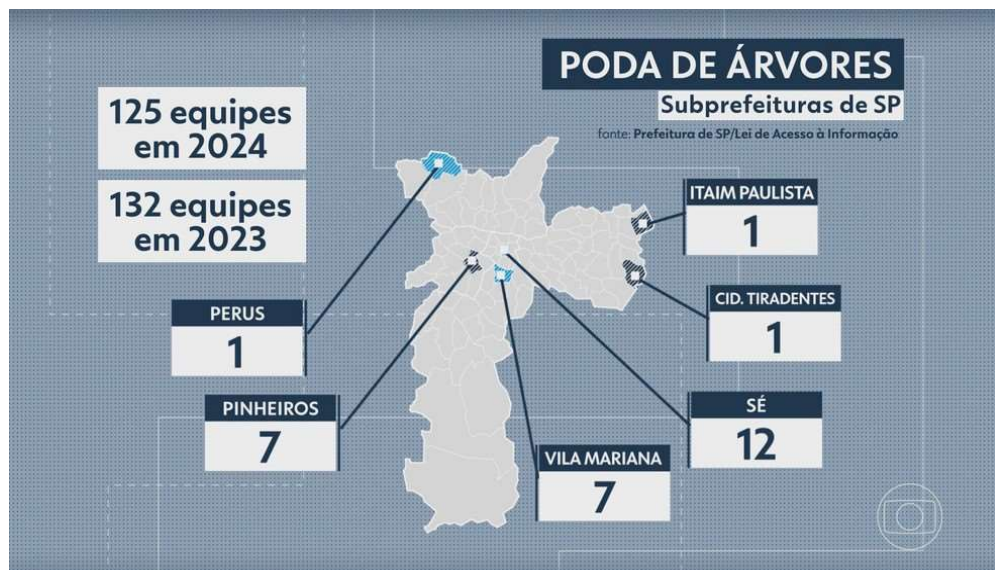


Figura 19 – Equipes de podas por subprefeitura (Globo, 2024)

Portanto, todos esses fatores combinados explicam por que, mesmo em áreas com arborização densa e ocorrência de quedas de árvores, os indicadores de continuidade do fornecimento de energia se mantêm baixos nessa região.

O que explica o fato de os distritos periféricos apresentarem péssimos resultados de indicadores de continuidade de energia, mesmo em regiões de baixa densidade arbórea e baixa ocorrência de quedas de árvores, é o impacto do crescimento desordenado sobre as infraestruturas urbanas. Esses distritos apresentam predominância de rede de energia convencional, que é mais suscetível a interrupções. A Tabela 6 refere-se ao Conjunto Elétrico “Monte Azul”, localizado nos distritos periféricos de São Paulo. Esse conjunto possui 960 km de rede elétrica, sendo 0,2% de rede subterrânea e 99,8% de rede aérea, o que favorece os conflitos entre árvores e rede de energia.

Tabela 7 – Tipos de redes e sua extensão no conjunto Monte Azul

Tensão	Tipo de Rede	KM	%
Baixa tensão	RD Aérea	654	100,00%
	RD Subterrânea	0	0,00%
Média tensão	RD Aérea	298	99,25%
	RD Subterrânea	2	0,75%
Alta tensão	RD Aérea	6	100,00%
	RD Subterrânea	0	0,0%
Total		960	

Fonte: (Abradee, 2025)

Além disso, a região não é planejada, apresentando ruas e passeios estreitos, o que dificulta o desenvolvimento das árvores e aumenta o conflito com a rede elétrica. A infraestrutura viária precária não facilita o acesso das equipes de manutenção e emergência, e há menores investimentos em equipes de zeladoria para realizar podas preventivas e a manutenção do espaço urbano. Todos esses fatores combinados explicam o quanto as regiões periféricas que tiveram crescimento desordenado impactam diretamente no conflito entre arborização e redes de energia.

5.4 Análise das interrupções de energia

A partir dos dados abertos da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), foi possível analisar as interrupções no fornecimento de energia e identificar suas causas primárias

no conjunto elétrico Monte Azul. Em 2024, registraram-se 9.017 interrupções nessa região. Desse total, 1.366 eventos (15,15%) foram classificados na categoria "Meio Ambiente". Especificamente, 549 interrupções (6,09% do total) tiveram como causa detalhada "Árvore ou Vegetação", conforme ilustram as Figuras 20 e 21.

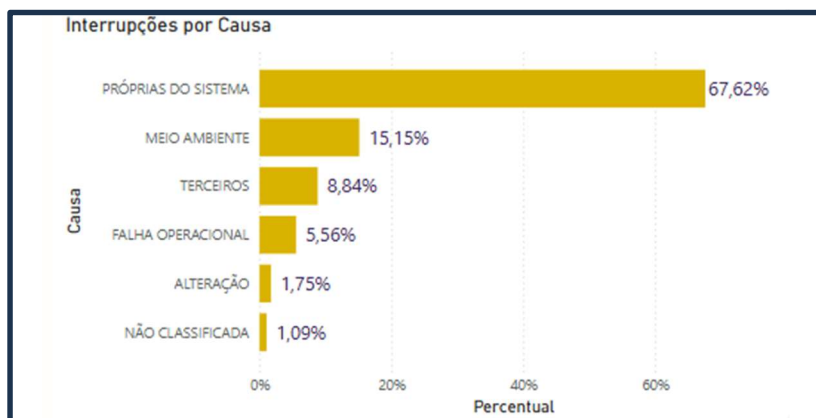


Figura 20 – Interrupção por causa (conjunto Monte Azul) (Abradee 2024)



Figura 21 – Interrupção por detalhamento (conjunto Monte Azul) (Abradee 2024)

Como evidenciado, as interrupções motivadas por "Árvore ou Vegetação" possuem relação direta com a elevação dos indicadores de continuidade (DEC e FEC) no conjunto analisado, reforçando o impacto da interferência da vegetação na qualidade do fornecimento.

Uma análise comparativa dos dados para a cidade de São Paulo revela uma clivagem profunda na confiabilidade do serviço entre regiões centrais e periféricas. Conforme demonstram as Tabelas 8 e 9, que contrastam 10 conjuntos elétricos de cada tipologia, as localidades centrais e suas adjacências apresentam desempenho significativamente superior.

Tabela 8 – Conjuntos elétricos localizados em áreas do centro e adjacências

Conj. Elétrico	Nº Total de ocorrência /2024	Nº de Int. Causa M. Ambiente	%	Nº de Int. Detalhada Árvore	%	DEC/2024	FEC/2024
Água Branca	701	249	35,52%	159	22,68%	2,80	1,52
Barra Funda	2.543	741	29,14%	494	19,43%	3,84	1,21
Hipódromo	1.810	434	23,95%	220	12,14%	4,37	1,54
Iberapuera	980	351	35,82%	219	22,35%	4,04	2,18
Miguel Reticulado	824	15	1,82%	6	1%	12,00	1,23
Monumento	2.620	608	23,21%	400	15,27%	3,43	1,07
Pinheiros	3.314	1514	45,68%	1024	30,90%	7,59	3,55
Santo Amaro	2.613	765	29,28%	508	19,44%	4,00	1,60
Sumaré	1.268	423	33,36%	281	22,16%	4,96	1,99
Vila Mariana	1.798	490	27,25%	296	16,46%	3,59	1,49
MÉDIA	1.847	559		360,7		5,06	1,74

Fonte: (Abradee, 2025)

Tabela 9 –Conjuntos elétricos localizados em áreas periféricas

Conj. Elétrico	Nº Total de Ocorrência /2024	Nº de Int. Causa M. Ambiente	%	Nº de Int. Detalhada Árvore	%	DEC	FEC
Parelheiros	8.733	3.399	38,92%	2.443	27,97%	15,64	7,96
Brasilândia	10.145	1.223	12,06%	404	3,98%	7,04	5,07
Cucepê	10.467	1987	18,98%	933	8,91%	6,71	3,58
Guaianazes	10.970	1.822	17,16%	688	6,27%	7,95	5,07
Guarapiranga	3.525	883	25,05%	558	15,83%	8,03	2,7
Itaqueruna	12.299	1.571	12,77%	504	4,10%	7,86	4,65
Jaçanã	6.500	1.212	18,65%	518	7,97%	6,46	3,54
Miguel Paulista	10.838	1.467	13,54%	477	4,40%	7,16	4,24
Parque São Domingos	6.878	1.563	22,72%	798	11,60%	7,88	4,11
Santa Maria	8.205	2.465	30,04%	1.261	15,37%	7,33	5,47
MÉDIA	8.856	1.759		858		8,21	4,639

Fonte: (Abradee, 2025)

A comparação é elucidativa. As áreas periféricas apresentam um número médio de ocorrências quase cinco vezes maior (8.856 vs. 1.847). O impacto de fatores ambientais externos, como a interferência da vegetação, também é proporcionalmente mais acentuado nessas regiões. A qualidade do fornecimento, aferida pelos indicadores DEC e FEC, é drasticamente desigual:

- DEC (Duração Equivalente de Interrupção): Nas periferias, os consumidores ficam, em média, 3,15 horas a mais sem energia por ano (8,21 h vs. 5,06 h).

- FEC (Frequência Equivalente de Interrupção): A recorrência de interrupções é aproximadamente 2,7 vezes maior nas periferias (4,63 vs. 1,74 interrupções/ano).

Os dados comprovam, portanto, uma desigualdade estrutural no fornecimento de energia elétrica na capital paulista. Esta disparidade é um reflexo de diferenças históricas de investimento em infraestrutura, manutenção preventiva e exposição a riscos ambientais, configurando um aspecto crítico da injustiça socioespacial urbana. Os habitantes das periferias estão submetidos não apenas a um maior número de quedas de energia, mas também a interrupções mais longas e frequentes, com reflexos diretos na qualidade de vida e na atividade econômica local.

Os resultados obtidos – tanto do inventário arbóreo no Jardim Ângela quanto da análise do conjunto Monte Azul – revelam uma relação de causalidade entre o modelo de crescimento urbano desordenado e a geração de conflitos sistêmicos entre arborização e infraestrutura elétrica. A expansão populacional não planejada, típica das periferias, fomentou ocupações de baixa regularidade fundiária e urbanística. Nesse contexto, tanto o plantio espontâneo de árvores quanto a instalação de redes aéreas ocorreram à revelia de critérios técnicos e de planejamento integrado.

Essa sobreposição caótica de sistemas urbanos resulta nos elevadíssimos índices de interferência observados, comprometendo de forma conjugada a segurança pública, a continuidade do serviço essencial de energia e a integridade ecológica da própria arborização, frequentemente mutilada por podas emergenciais. O caso do Jardim Ângela, assim, não é uma exceção, mas um paradigma da associação entre precariedade urbana, conflito socioambiental e desigualdade no acesso a serviços de infraestrutura.

6 CONCLUSÃO

A análise realizada sobre o crescimento urbano desordenado no distrito do Jardim Ângela confirmou seus impactos diretos na relação conflituosa entre a arborização urbana e as redes de distribuição de energia elétrica. O estudo permitiu compreender, de forma ampla, os desafios estruturais e ambientais enfrentados por essa área periférica da cidade de São Paulo, evidenciando que a ausência de um planejamento urbano e ambiental integrado está diretamente associada à ocorrência de interferências críticas entre a vegetação e a infraestrutura elétrica. Tais conflitos resultam em prejuízos concretos à segurança pública, à eficiência energética e à sustentabilidade urbana.

Os resultados do inventário arbóreo demonstraram que 37% das árvores avaliadas apresentaram algum grau de conflito com a rede elétrica, reflexo do descompasso entre o plantio espontâneo e a infraestrutura existente. Esse cenário compromete não apenas a segurança e a continuidade do fornecimento de energia, mas também o potencial ecológico da arborização, uma vez que podas drásticas e cortes irregulares alteram a vitalidade e o equilíbrio das árvores.

Constata-se ainda que a predominância de redes aéreas convencionais, somada à falta de manejo técnico e à escolha inadequada de espécies, intensifica os riscos de acidentes e amplia os custos operacionais. Essa realidade é agravada pela carência de políticas públicas contínuas voltadas à arborização urbana e pela limitação de investimentos em tecnologias modernas, como redes compactas protegidas e subterrâneas, capazes de reduzir interferências e promover maior sustentabilidade.

A análise dos dados também revelou que o problema ultrapassa a dimensão técnica, envolvendo fatores sociais e de desigualdade territorial. O déficit de planejamento em periferias como o Jardim Ângela reforça a necessidade de políticas integradas que considerem o equilíbrio entre desenvolvimento urbano, eficiência energética e preservação ambiental.

Cabe destacar que, embora os conflitos entre arborização e redes elétricas sejam antigos, muitas das soluções técnicas – como redes compactas, critérios científicos para seleção de espécies e planejamento integrado – já são conhecidas. A principal barreira para sua implementação não reside na falta de conhecimento, mas em dificuldades estruturais, como a ausência de integração efetiva entre concessionárias, prefeituras e órgãos ambientais, que raramente atuam de forma coordenada. Essa desarticulação institucional, somada a prioridades políticas desalinhadas e à histórica desigualdade de investimentos em infraestrutura nas periferias, consolida um modelo de gestão reativo em vez de preventivo.

Conclui-se, portanto, que a mitigação dos conflitos exige uma abordagem multidisciplinar e sistêmica, baseada em planejamento urbano participativo, educação ambiental e adoção de tecnologias adequadas. É imprescindível que prefeituras, concessionárias e a comunidade atuem de forma articulada na elaboração e execução de planos diretores de arborização urbana, com critérios técnicos robustos para o plantio, manejo e monitoramento contínuo das espécies. A transformação do atual cenário de conflito em um modelo de convivência equilibrada entre natureza e infraestrutura urbana depende, em última instância, da priorização política de uma gestão integrada do território.

REFERÊNCIAS

- ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. *Banco de Dados Geográfica da Distribuidora (BDGD)*. Brasília: ANEEL, 2024.
- ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. *Manual de Procedimentos de Distribuição – PRODIST: Módulo 8 – Qualidade da Energia Elétrica*. Brasília: ANEEL, 2021.
- AUF.ISA – ARBORICULTURA E SILVICULTURA URBANA. *Evidence of the effectiveness of structural weakness indicators*. Disponível em: <https://auf.isa-arbor.com/content/22/3/117>.
- BIONDI, D. *Arborização Urbana*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARBORIZAÇÃO URBANA, 1., 1987. Anais [...].
- BIONDI, D. *Arborização urbana: planejamento e manejo*. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1996.
- BRITO, C. A.; CASTRO, R. *Redes elétricas compactas e sustentabilidade urbana*. Revista Brasileira de Energia, v. 13, n. 2, p. 45-58, 2007.
- CEMIG – COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. *Manual de Arborização Urbana*. Belo Horizonte: CEMIG, 2019.
- CODI – COMITÊ DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. *Recomendação sobre Mapeamento. SCEI.30.02*. Rio de Janeiro, 1977.
- CORRÊA, R. L. *O espaço urbano*. São Paulo: Ática, 2020.
- COSTA, A. P.; TELLO, J. C. *O contato com áreas arborizadas estimula a sensação de bem-estar e reduz o estresse*. Revista de Estudos Urbanos, v. 10, n. 2, p. 45-50, 1995.
- ENEL BRASIL. *Guia de podas de árvores urbanas*. [S.l.: s.n.], 2022.
- GONÇALVES, A. F. *Redes inteligentes e energia sustentável: aplicações urbanas*. Revista Brasileira de Tecnologia, v. 19, n. 1, p. 66-83, 2021.
- INSTITUTO PÓLIS. *Desigualdades na qualidade de fornecimento de energia elétrica: análise dos indicadores de continuidade para o município de São Paulo*. 2024.
- JERÔNIMO, J. A. et al. *O plantio de árvores em locais inadequados: causas de interrupções e acidentes nas cidades brasileiras*. Revista de Arborização Urbana, v. 10, n. 2, p. 45-52, 2021.
- LEÃO, R. P. S. *Redes de Distribuição de Energia Elétrica e Subestações*. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2010.
- LOMBARDO, M. A. *Ilhas de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo*. São Paulo: Hucitec, 1990.

MAGALHÃES, R. A. et al. *Medidas para reduzir os danos às árvores e redes elétricas*. Revista de Engenharia Elétrica, v. 7, n. 3, p. 22-35, 1990.

MARICATO, Ermínia. *Brasil, cidades: alternativas para a crise urbana*. Petrópolis: Vozes, 2011.

MILANO, M. S. *Avaliação e análise da arborização de ruas de Curitiba-PR*. 1984. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MILANO, M. S.; DALCIN, E. *Arborização de vias públicas*. Porto Alegre: PMPA – Secretaria Municipal do Meio Ambiente, 2000.

MONTE-MÓR, R. L. M. *As teorias urbanas e o planejamento urbano no Brasil*. In: *Economia Regional e Urbana*. Belo Horizonte: UFMG, 2006. p. 61-85.

MOURA, João da Silva. *Sistemas de distribuição de energia elétrica*. São Paulo: Érica, 2010.

NUCCI, N. (Org.). *Planejamento urbano: uma abordagem ecológica*. São Paulo: Atlas, 2008.

OLIVEIRA, Crisllara Lilliann Ferreira de. *Mudas de Handroanthus impetiginosus produzidas para arborização urbana*. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2022.

OLIVEIRA, William Rocha Maximino de; ALMEIDA, F. S. *Avaliação da arborização da praça Leoni Ramos, Niterói-RJ*. Observatório de la Economía Latino-americana, v. 22, n. 9, 2024.

PINHEIRO, R. T.; MARCELINO, D. G.; MOURA, D. R. *Conflitos entre a rede elétrica e a arborização das ruas das quadras residenciais de Palmas, Tocantins*. Revista Brasileira de Meio Ambiente & Sustentabilidade, v. 1, n. 7, p. 84–97, 2021.

PMSP – PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. *Plano Municipal de Arborização Urbana de São Paulo*. São Paulo: Secretaria do Verde e do Meio Ambiente, 2022.

PORTAL SOLAR, *Distribuição de energia elétrica: saiba como ela acontece*. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/distribuicao-de-energia-eletrica>

ROLNIK, Raquel. *Guerra dos lugares: a colonização da terra e da moradia na era das finanças*. São Paulo: Boitempo.

SANCHOTENE, M. A. *A importância da arborização urbana*. Porto Alegre: Secretaria Municipal do Meio Ambiente, 1994.

SANTOS, Milton. *A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção*. 4. ed. São Paulo: Editora da USP, 2008.

SANTOS, Milton. *A urbanização brasileira*. 3. ed. São Paulo: Hucitec, 2009.

SCHUBERT, S. *Arborização urbana: planejamento e manejo*. São Paulo: Edusp, 1979.

SILVA, A. R. A. P. *Diagnóstico ambiental como instrumento para planejamento de práticas ambientais*. UFTM, 2022.

SILVA, José Afonso da. *Direito urbanístico brasileiro*. 8. ed. São Paulo: Malheiros Editores, 2014.

SILVÉRIO DE SÁ, J. S.; RABELLO, R. J. M.; AOKI, C. *Diagnóstico da arborização urbana do centro de Aquidauana, MS*. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 1, p. 2659–2673, 2021.

SOUZA, L. C.; MARTINS, F. C. *Urbanização e desigualdade socioambiental*. Revista de Estudos Urbanos, v. 15, n. 2, p. 75-92, 2009.

SOUZA, Marcelo Almeida de. *Geografia urbana e meio ambiente*. São Paulo: Atlas, 2010.

TALARCHEK, S. *Urban tree planting programs: a case study of New York City*. New York: Columbia University Press, 1987.

VASCONCELOS, S. F. *Podas urbanas: efeitos sobre o desenvolvimento arbóreo e a qualidade ambiental*. Revista Ciência Florestal, v. 10, n. 1, p. 55-64, 2000.

VILLAÇA, Flávio José Magalhães. *Reflexões sobre as cidades brasileiras*. São Paulo: Studio Nobel.