

ARBORIZAÇÃO VIÁRIA X SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA: AVALIAÇÃO DOS CUSTOS, ESTUDO DAS
PODAS E LEVANTAMENTO DE PROBLEMAS FITOTÉCNICOS

GIULIANA DEL NERO VELASCO

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Fitotecnia.

P I R A C I C A B A

Estado de São Paulo – Brasil

Maio - 2003

ARBORIZAÇÃO VIÁRIA X SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA: AVALIAÇÃO DOS CUSTOS, ESTUDO DAS
PODAS E LEVANTAMENTO DE PROBLEMAS FITOTÉCNICOS

GIULIANA DEL NERO VELASCO

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof^a Dr^a. **ANA MARIA LINER PEREIRA LIMA**

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Fitotecnia.

P I R A C I C A B A

Estado de São Paulo – Brasil

Maio - 2003

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP

Velasco, Giuliana Del Nero

Arborização viária x sistemas de distribuição de energia elétrica: avaliação dos custos, estudo das podas e levantamento de problemas fitotécnicos / Giuliana Del Nero Velasco. - - Piracicaba, 2003.

94 p. : il.

Dissertação (mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2003.
Bibliografia.

1. Arborização 2. Poda 3. Práticas cultivares (Fitotecnia) 4. Redes de distribuição de energia elétrica I. Título

CDD 715.2

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”

À minha família

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, Prof^a. Dr^a. Ana Maria Liner Pereira Lima, pelo imenso conhecimento transmitido, pela orientação e dedicação;

aos integrantes da Banca Examinadora do Exame de Qualificação, nas pessoas de: Prof. Dr. Pedro Jacob Christofolletti, Prof. Dr. Keigo Minami, Prof. Dr. Valdemar Antônio Demétrio;

ao Prof. Dr. Roberval de Cássia Salvador Ribeiro por ter facilitado meu acesso ao curso de mestrado antes do cadastramento definitivo da minha atual orientadora;

ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos;

ao Prof. Dr. Hilton Tadeu Zarate do Couto pela prontidão e essencial ajuda na parte das análises estatísticas;

à COPEL/PR, na pessoa do gerente da Superintendência Regional de Distribuição Noroeste, Edson Sardeto, pelas informações concedidas;

à Lídia Maróstica, pela atenção e ajuda na cidade de Maringá/PR;

à CPFL/SP, na pessoa do Engenheiro José Aparecido Cavalcante, pelas informações fornecidas;

à CEMIG/MG, nas pessoas do Engenheiro Renato Andrade Octaviano Bernis, do Engenheiro Florestal Pedro Mendes Castro e do Biólogo Eduardo Junqueira Santos, pelas informações fornecidas;

à Medral Engenharia Ltda/RJ, na pessoa da Engenheira Agrônoma Christiane Nascimento de Brito pelas informações concedidas;

à LIGHT/RJ, na pessoa do Gerente de expansão e distribuição Nelson Bispo da Conceição, pelas informações;

ao Jefferson Lordello Polizel, do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP, pela atenção e empréstimo de material;

à minha mãe, Marce, pela preciosa e essencial ajuda nas coletas de dados e companhia nas viagens à Maringá/PR e Belo Horizonte/MG;

ao meu pai, pelo incentivo ao estudo;

à minha irmã, Patrícia, pelas incansáveis correções, amizade e companheirismo;

à minha irmã Cris, pela amizade e respaldo espiritual;

ao Geide, pelo carinho compartilhado em tantos anos e por toda ajuda na elaboração dos gráficos;

à República Reboq (ESALQ/USP), por toda hospitalidade, alegria e momentos de descontração proporcionados;

à amiga Paula, pela amizade e pela essencial ajuda na coleta de dados em Piracicaba/SP;

à amiga Taís Oetterer de Andrade, pelo apoio e empréstimo de materiais;

aos amigos pós graduandos, Ivan, Henrique, Helena, Isabel, Cristiane e Magali, pela convivência e troca de informações;

à amiga Eliza, pela enorme ajuda e força;

à amiga Clea, pela ajuda na parte econômica;

aos professores, funcionários e pós-graduandos do Departamento de Produção Vegetal da ESALQ/USP;

à Eliana Maria Garcia pela atenção e rapidez na correção do trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABELAS.....	xii
RESUMO	xix
SUMMARY.....	xxi
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Funções e benefícios da arborização urbana.....	3
2.2 Árvores urbanas X redes de distribuição de energia elétrica.....	5
2.3 Caracterização das redes de distribuição de energia elétrica.....	7
2.3.1 Rede de distribuição aérea convencional (RDA)	8
2.3.2 Rede de distribuição aérea compacta (RDP).....	10
2.3.3 Rede de distribuição aérea isolada (RDI).....	14
2.3.4 Rede de distribuição subterrânea (RDS).....	14
2.4 Poda em árvores urbanas	20
2.4.1 Tipos de poda aérea	23

2.4.2 Poda de raiz	25
3 MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1 Parte teórica	27
3.2 Parte prática	27
3.2.1 Caracterização da cidade de Piracicaba/SP	28
3.2.2 Caracterização da cidade de Maringá/PR	28
3.2.3 Caracterização da cidade de Belo Horizonte/MG	29
3.2.4 Material de campo	30
3.2.5 Metodologia para coleta de dados.....	30
3.2.6 Análise de dados	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
4.1 Levantamento dos custos.....	35
4.1.1 Rede de distribuição aérea convencional.....	35
4.1.2 Rede de distribuição aérea compacta (rede protegida).....	38
4.1.3 Rede de distribuição subterrânea.....	39
4.1.4 Transformação da rede convencional para a compacta protegida.....	41
4.1.5 Custos de manutenção (custos operacionais).....	42
4.1.5.1 Manutenção Preventiva.....	43
4.1.5.2 Manutenção Corretiva.....	44
4.1.5.3 Manutenção Preventiva x Poda.....	46
4.1.6 Lucro cessante.....	51

4.1.7 Custo social.....	51
4.1.8 Custo global.....	53
	vii
4.1.9 Proporcionalidade do custo entre as redes.....	54
4.1.10 Visão geral dos custos.....	55
4.2 Levantamento a campo.....	57
4.2.1 Frequência de espécies em Piracicaba.....	57
4.2.2 Frequência de espécies em Maringá.....	58
4.2.3 Frequência de espécies em Belo Horizonte.....	59
4.3 Tipos de poda.....	60
4.3.1 Tipos de poda em rede aérea convencional em Piracicaba/SP...	61
4.3.2 Tipos de poda em rede aérea compacta em Maringá/PR.....	62
4.3.3 Tipos de poda em rede subterrânea em Belo Horizonte/MG.....	63
4.4 Poda X Aspecto Geral	64
4.4.1 Poda X Aspecto Geral em Piracicaba/SP.....	65
4.4.2 Poda X Aspecto Geral em Maringá/PR.....	66
4.4.3 Poda X Aspecto Geral em Belo Horizonte/MG.....	66
4.5 Poda X Doença.....	68
4.5.1 Poda X Doença em Piracicaba/SP.....	68
4.5.2 Poda X Doença em Maringá/PR.....	69
4.5.3 Poda X Doença em Belo Horizonte/MG.....	70
4.6 Poda X Praga.....	71

4.6.1 Poda X Praga em Piracicaba/SP.....	71
	viii
4.6.2 Poda X Praga em Maringá/PR.....	72
4.6.3 Poda X Praga em Belo Horizonte/MG.....	73
4.7 Poda X Fiação.....	73
4.7.1 Poda X Fiação em Piracicaba/SP.....	74
4.7.2 Poda X Fiação em Maringá/PR.....	75
4.7.3 Poda X Fiação em Belo Horizonte/MG.....	76
4.8. Discussões relevantes.....	77
4.8.1 Custo de poda x número de árvores.....	77
4.8.2 Preocupação ambiental e Certificação ISO 14000.....	78
4.8.3 Técnicas de poda.....	78
4.8.4 Educação ambiental.....	79
4.8.5 Legislação x fiscalização e cumprimento.....	80
4.8.6 Porte das árvores x benefícios.....	81
4.8.7 Cidadania	81
5 CONCLUSÕES.....	83
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87

LISTA DE FIGURAS

	Página
1 Rede aérea convencional, Piracicaba/SP	8
2 Espaçadores em arranjo triangular, Maringá/PR	12
3 Sistema de iluminação pública rebaixado, Maringá/PR	13
4 Espaçadores em rede secundária associado à rede primária compacta, Maringá/PR	13
5 Rua arborizada em sistema de distribuição subterrâneo de energia elétrica na cidade de Belo Horizonte/MG	19
6 Área de poda necessária à passagem de uma rede convencional por entre as árvores. Fonte: COPEL, 1995	22
7 Área de poda necessária à passagem de uma rede compacta protegida por entre as árvores. Fonte: COPEL, 1995	23

8	Planilha de coleta de dados	34
9	Tipos de podas encontrados nas 100 árvores analisadas em Piracicaba/SP e suas respectivas frequências	61
10	Tipos de podas encontrados nas 100 árvores analisadas em Maringá/PR e suas respectivas frequências	62
11	Tipos de podas encontrados nas 100 árvores analisadas em Belo Horizonte/MG e suas respectivas frequências	64
12	Poda drástica em ipê, na cidade de Piracicaba	75
13	Poda lateral na cidade de Piracicaba: desequilíbrio ao vegetal ...	79
14	Árvore com anelamento, cidade de Piracicaba/SP	81

LISTA DE TABELAS

	Página
1 Custos médios para implantação de rede aérea convencional, (CPFL/SP), 2001.....	35
2 Custos médios para implantação de rede aérea primária convencional, 13,8kV, (COPEL/PR), 1999.....	36
3 Custos médios corrigidos para implantação de rede aérea primária convencional, 13,8kV, (COPEL/PR), 2001.....	36
4 Custo médio de implantação de rede aérea convencional, (CEMIG/MG), 1998.....	37
5 Custo médio corrigido de implantação de rede aérea convencional, (CEMIG/MG),2001.....	37
6 Custo médio de implantação de rede aérea primária compacta, (COPEL/PR), 1999.....	38
7 Custo médio corrigido de implantação de rede aérea primária compacta, (COPEL/PR), 2001.....	38
8 Custo de implantação de rede aérea compacta, (CEMIG/MG), 1998	39
9 Custo corrigido de implantação de rede aérea compacta, (CEMIG/MG), 2001.....	39
10 Custos parciais e custo total de 1 km de rede de distribuição subterrânea, LIGHT/RJ	40

11	Custo médio para transformação de rede primária convencional em rede primária compacta, (COPEL/PR), 1999.....	41
12	Custo médio corrigido para transformação de rede primária convencional em rede primária compacta, (COPEL/PR), 2001.....	42
13	Custo médio para transformação de rede convencional em compacta, (CPFL/SP), 2001	42
14	Custos de Manutenção Preventiva nas redes aérea convencional (RDA), secundária isolada (RSI) e compacta (RDP), com e sem a presença de arborização, CEMIG/MG, no ano de 1998	43
15	Custos corrigidos de Manutenção Preventiva nas redes aérea convencional (RDA), secundária isolada (RSI) e compacta (RDP), com e sem a presença de arborização, CEMIG/MG, no ano de 2001.....	44
16	Custo de manutenção preventiva na rede aérea convencional, no ano de 2001, CPFL/SP	44
17	Custos de Manutenção Corretiva na rede aérea convencional (RDA), secundária isolada (RSI) e compacta (RDP), CEMIG/MG, no ano de 1998	45
18	Custos corrigidos de Manutenção Corretiva na rede aérea convencional (RDA), secundária isolada (RSI) e compacta (RDP), CEMIG/MG, no ano de 2001	45

19	Custo de Manutenção Corretiva na rede aérea convencional, CPFL/SP, no ano de 2001	46
20	Custo de poda nas três redes de distribuição aérea: convencional (RDA), secundária isolada (RSI) e compacta (RDP), CEMIG/MG, em 1 ano	47
21	Custo corrigido de poda nas três redes de distribuição aérea: convencional (RDA), secundária isolada (RSI) e compacta (RDP), CEMIG/MG, em 1 ano	47
22	Custos de poda por árvore em redes primárias e secundárias de distribuição de energia elétrica, CPFL/SP, 2001	48
23	Custo unitário de poda (R\$/árvore) na cidade do Rio de Janeiro, 2001.....	50
24	Valores de Lucro Cessante em redes RDA, RSI e RDP, CEMIG/MG, no ano de 1998.....	51
25	Valores corrigidos de Lucro Cessante em redes RDA, RSI e RDP, CEMIG/MG, no ano de 2001.....	51
26	Custo social para redes RDA, RSI e RDP, CEMIG/MG, no ano de 1998.....	52
27	Custo social corrigido para redes RDA, RSI e RDP, CEMIG/MG, no ano de 2001.....	52

28	Custos Globais das redes RDA, RSI e RDP em um horizonte de 25 anos.....	53
29	Custos Globais corrigidos das redes RDA, RSI e RDP em um horizonte de 25 anos	54
30	Proporção de custos das redes aéreas –convencional (RDA) e compacta (RDP) e redes subterrâneas - residencial e para centros urbanos	54
31	Custos levantados nas concessionárias de energia elétrica – CPFL/SP, COPEL/PR, CEMIG/MG e LIGHT/RJ– referentes a redes convencionais, compactas e subterrâneas, em reais/km, além de serviços de manutenção das mesmas, visando poda de árvores localizadas sob tais redes, em reais/árvore.....	56
32	Nome comum, nome científico e frequência, em porcentagem, das 100 árvores analisadas na cidade de Piracicaba/SP.....	58
33	Nome comum, nome científico e frequência, em porcentagem, das 100 árvores analisadas na cidade de Maringá/PR.....	59
34	Nome comum, nome científico e frequência, em porcentagem, das 100 árvores analisadas na cidade de Belo Horizonte/MG	60

- 35 Relação entre os tipos de podas e aspecto geral: **0** (árvore sadia, sem pragas, doenças e/ou podas), **1** (árvore com pequena interferência de praga, doença e/ou podas), **2** (árvore com alta interferência de praga, doença e/ou podas) e **3** (árvore muito comprometida, praticamente morta), das 100 árvores analisadas na cidade de Piracicaba/SP..... 65
- 36 Relação entre os tipos de podas e aspecto geral **0**: (árvore sadia, sem pragas, doenças e/ou podas), **1** (árvore com pequena interferência de praga, doença e/ou podas), **2** (árvore com alta interferência de praga, doença e/ou podas) e **3** (árvore muito comprometida, praticamente morta), das 100 árvores analisadas na cidade de Maringá/PR..... 66
- 37 Relação entre os tipos de podas e aspecto geral **0**: (árvore sadia, sem pragas, doenças e/ou podas), **1** (árvore com pequena interferência de praga, doença e/ou podas), **2** (árvore com alta interferência de praga, doença e/ou podas) e **3** (árvore muito comprometida, praticamente morta), das 100 árvores analisadas na cidade de Belo Horizonte/MG..... 67

- 38 Relação entre tipos de poda e presença de doença: **0** (árvore sem sinais de doença), **1** (árvore pouco afetada pela presença de doença), **2** (árvore mediamente afetada pela presença de doença) e **3** (árvore muito afetada pela presença de doença), em 100 árvores na cidade de Piracicaba/SP..... 68
- 39 Relação entre tipos de poda e presença de doença: **0** (árvore sem sinais de doença), **1** (árvore pouco afetada pela presença de doença), **2** (árvore mediamente afetada pela presença de doença) e **3** (árvore muito afetada pela presença de doença), em 100 árvores na cidade de Maringá/PR..... 69
- 40 Relação entre tipos de poda e presença de doença: **0** (árvore sem sinais de doença), **1** (árvore pouco afetada pela presença de doença), **2** (árvore mediamente afetada pela presença de doença) e **3** (árvore muito afetada pela presença de doença), em 100 árvores na cidade de Belo Horizonte/MG..... 70
- 41 Relação de tipos de podas com presença de praga: **0** (árvore sem sinais de praga), **1** (árvore pouco afetada pela presença de praga), **2** (árvore mediamente afetada pela presença de praga) e **3** (árvore muito afetada pela presença de praga), das 100 árvores analisadas na cidade de Piracicaba/SP..... 71

- 42 Relação de tipos de podas com presença de praga: **0** (árvore sem sinais de praga), **1** (árvore pouco afetada pela presença de praga), **2** (árvore mediamente afetada pela presença de praga) e **3** (árvore muito afetada pela presença de praga), das 100 árvores analisadas na cidade de Maringá/PR..... 72
- 43 Relação de tipos de podas com presença de praga: **0** (árvore sem sinais de praga), **1** (árvore pouco afetada pela presença de praga), **2** (árvore mediamente afetada pela presença de praga) e **3** (árvore muito afetada pela presença de praga), das 100 árvores analisadas na cidade de Belo Horizonte/MG..... 73
- 44 Porcentagem dos tipos de podas com áreas com e sem fiação, das 100 árvores analisadas na cidade de Piracicaba/SP..... 74
- 45 Porcentagem dos tipos de podas com áreas com e sem fiação das 100 árvores analisadas na cidade de Maringá/PR..... 76
- 46 Porcentagem de tipos de podas com áreas com e sem fiação, das 100 árvores analisadas na cidade de Belo Horizonte/MG..... 77

ARBORIZAÇÃO VIÁRIA X SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA: AVALIAÇÃO DOS CUSTOS, ESTUDO DAS PODAS E LEVANTAMENTO DE PROBLEMAS FITOTÉCNICOS

Autora: GIULIANA DEL NERO VELASCO

Orientadora: Prof^a. Dr^a. ANA MARIA LINER PEREIRA LIMA

RESUMO

É notório que a convivência entre redes de distribuição de energia elétrica e árvores de rua é, atualmente, um dos principais problemas da arborização viária, sendo a poda, o método mais utilizado para contorná-lo; embora livrando galhos da rede, em um primeiro instante, acaba por estimular novas brotações, as quais, em um curto espaço de tempo, atingirão novamente os fios. Com o intuito de estudar as podas feitas em árvores urbanas e analisar novas técnicas possíveis de serem utilizadas para reduzir o número de podas, melhorar a convivência das espécies com a fiação elétrica, além de permitir à árvore desempenhar plenamente a função ecológica que lhe é esperada, buscou-se levantar dados referentes aos três tipos principais de redes de distribuição de energia elétrica (aérea convencional, aérea compacta e subterrânea), em quatro concessionárias de energia elétrica, a fim de compilá-los em um só trabalho. Como parte teórica do trabalho, foram levantados custos de implantação das redes convencional, compacta e subterrânea, assim como custos de manutenção e de poda de árvores. Como parte prática, foram levantadas 100 árvores nas cidades de Piracicaba/SP, Maringá/PR e Belo Horizonte/MG, coletando-se dados em uma planilha, referentes

a algumas condições fitotécnicas do exemplar e sua localização, para análise estatística, através do programa de "software" SAS. De acordo com as concessionárias, o custo de implantação de rede aérea convencional variou de R\$54.188,39/km à R\$67.571,43/km e de R\$11.703,83/km à R\$20.028,83/km só para rede primária. O custo de implantação de rede compacta variou de R\$36.519,61/km à R\$62.215,99/km. O custo de transformação de rede convencional para compacta variou de R\$31.063,64/km à R\$42.951,79/km. O custo de implantação de rede subterrânea foi de R\$436.585,04/km, incluindo as obras civis. O custo de poda, em rede primária foi de R\$20,00/árvore e em secundária de R\$6,00/árvore. Considerando rede primária + secundária, o custo variou de R\$32,02 à R\$68,82/árvore. Na análise a campo, notou-se que apenas 1% da árvores em Piracicaba não estavam podadas, em contrapartida a 24% em Maringá. Devido à satisfatória classificação quanto ao aspecto geral das árvores, maior porcentagem de árvores sem presença de poda, a existência de 4,17% de indivíduos sem poda sob fiação, a menor área podada por árvore, praticamente o mesmo valor de custo de implantação e 79,5% de redução nos custos de manutenção, pode-se afirmar que é totalmente viável a utilização de redes compactas de distribuição de energia elétrica ao invés de rede convencional. Devido à satisfatória classificação quanto ao aspecto geral das árvores, razoável porcentagem de árvores sem presença de poda, a ausência de necessidade de podas drásticas, 1/3 de redução nos custos de manutenção e altíssima confiabilidade do sistema, pode-se afirmar que embora com alto investimento inicial, da ordem de 10 vezes maior em relação a rede convencional, o uso de redes subterrâneas é vantajoso.

Palavras-chave: arborização viária, poda, redes de distribuição de energia elétrica

STREET ARBORIZATION X ELECTRIC DISTRIBUTION SYSTEM:
EVALUATION OF THE COSTS, STUDY OF THE PRUNING AND A SURVEY
OF PHYTOTECHNICAL PROBLEMS

Author: GIULIANA DEL NERO VELASCO

Adviser: Prof^a. Dr^a. ANA MARIA LINER PEREIRA LIMA

SUMMARY

It's widely known that the relation between net distribution and trees in the street is, nowadays, one of the main problems of street arborization, being pruning, the best method used to solve it. Although at the first moment freeing the utility lines from the branches will stimulate new buds, in a short time they will reach the lines again. In order to study the pruning made in urban trees and analyze new techniques that may be used to reduce pruning, improve the relationship between the species and the net, and permit that the trees fulfill its proper ecological function, studies were made concerning the 3 main types of electric distribution: aerial conventional, compact and underground in 4 electric energy companies. The theoretical part of the study showed the costs of implanting the 3 named nets and also the costs of pruning and tree maintenance. As to the practical part, 100 trees were studied in each one of these cities, Piracicaba/SP, Maringá/PR and Belo Horizonte/MG, gathering

information about their phytotechnical conditions and localization for statistical analysis through the SAS statistical computer software program. According to the companies the cost of implantation of the conventional aerial net ranged from R\$54.188,39/km to R\$67.571,43/km and from R\$11.703,83/km to R\$20.028,83/km only for the primary net. The cost of implantation of the compact net ranged from R\$36.519,61/km to R\$62.215,99/km. To transform a conventional net into a compact one costs R\$31.063,64/km to R\$42.951,79/km. The cost of implantation the underground net was R\$436.585,04/km including the workmanship. The cost of pruning, in primary net was R\$20,00/tree and in the secondary one R\$6,00/tree. Considering primary net + secondary, the cost ranged from R\$32,02/tree to R\$68,82/tree. In the field work it was observed that 1% of the trees in Piracicaba were not pruned, opposite of 24% in Maringá. Due to the satisfactory classification in the general aspect of the trees, to the high percentage of trees with no pruning, to the 4,17% of trees with no pruning under utility lines, to the smallest volume of pruned trees, to practically the same cost in implantation and 79,5% of reduction in maintenance costs, we can say that it is totally possible to use compact lines of distribution instead of the conventional ones. As to the satisfactory classification concerning the general aspect of the trees, reasonable percentage of the trees with no pruning, no need of drastic pruning, 1/3 reduction of the maintenance costs and high reliability of the system, we can affirm that the use of underground net is favorable, but it must be analyzed due to its high initial investment, about 10 times higher than the conventional one.

Key-words: street arborization, pruning, Electric Distribution System

1 INTRODUÇÃO

A luta entre as árvores nas calçadas e as redes elétricas pelo mesmo espaço é, sem dúvida, um dos principais problemas existentes na arborização viária de uma cidade, principalmente porque a tendência de plantar arbustos ou espécies de pequeno porte para que estes não interfiram na rede, assim como a poda dos galhos que já estão comprometidos com esta, ainda são as opções mais usadas pelos órgãos responsáveis. A maioria das publicações que abordam o tema arborização viária são unânimes em recomendar que sob redes elétricas devem ser plantadas árvores e/ou arbustos de pequeno porte, como forma de prevenir e/ou eliminar a interferência dos galhos nestas redes ou podar as já existentes, para que não atinjam os fios. De uma realidade onde as podas realizadas geralmente são drásticas, acabam por decorrer inúmeros problemas, entre os quais, a total ausência dos benefícios proporcionados pelas espécies de grande porte, substituídas pelas plantas pequenas ou arbustivas, quanto ao fornecimento de sombra e todo um decorrente fator ecológico de relevância nas atuais áreas urbanas. Outro fato problemático é que os danos causados às árvores por podas mal feitas são muitos, prejudicando não somente o próprio espécime vegetal, que geralmente foi mutilado, mas também podendo ocasionar a perda de sua estabilidade e conseqüente tombamento sobre casas, carros e fiações, o que traz transtornos de todo o tipo. Além disso, a poda em árvores urbanas é um dos principais motivos de perda do exemplar, sendo alto o número de árvores que morrem após tal operação.

De acordo com Hoehne (1944), as árvores podadas têm seu aspecto original alterado, sendo que jamais irão conseguir cumprir seu papel estético e funcional. Assim, é bom que tenhamos árvores com seu porte natural e, para tê-

las, é indispensável que lhes proporcionemos o espaço correspondente à sua natureza.

Devido à real necessidade de permanência da árvore no meio urbano, seja pela importância ecológica, estética ou pela sensação de bem estar proporcionada, principalmente em climas quentes, e pelo pequeno número de trabalhos publicados que abordam a convivência pacífica dessa classe vegetal com a fiação elétrica, propõe-se, dentro de uma linha fitotécnica, contribuir com dados reais, obtidos tanto dos poucos trabalhos existentes sobre o assunto, como dos dados fornecidos por algumas concessionárias de energia elétrica, referentes à operação de poda.

O presente trabalho tem como principais objetivos:

1. Fazer uma compilação de dados referentes a custos de redes de distribuição de energia elétrica e de manutenção de árvores em diferentes sistemas de redes elétricas, comparando estes sistemas com o propósito de desmistificar a impossibilidade de se utilizar novas redes de distribuição (compacta e subterrânea) como alternativa às redes aéreas convencionais. Busca-se, com isso, defender a substituição de redes aéreas convencionais por redes compactas ou subterrâneas, visando propiciar às árvores, a realização - de fato - de sua função no meio urbano.

2. Analisar árvores sob três sistemas diferentes de redes de distribuição de energia - convencional, compacto e subterrâneo, comparando seus comportamentos, principalmente no que se refere à poda. Busca-se, com esse resultado técnico, condições de argumentar e, conseqüentemente, defender a presença de árvores de médio à grande porte no meio urbano, rebatendo a atual orientação da substituição destas plantas por espécies arbustivas ou de porte pequeno, em função da fiação, realçando uma nova concepção de mudar a rede elétrica para que se possa gozar de uma arborização viária adequada, sem necessidade de substituição ou de podas drásticas e prejudiciais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Funções e benefícios da arborização urbana

Vegetação em cidades é um serviço urbano essencial, assim como a distribuição de energia elétrica, abastecimento de água, telefonia, limpeza urbana, iluminação pública, entre outros (Castro, 2000).

A importância da arborização urbana é dada por diversas ações de melhoria do microclima, de controle das poluições sonora, visual e atmosférica e pela melhoria estética das cidades. Além disso, a arborização urbana proporciona uma melhoria na qualidade de vida, saúde física e mental do homem (Milano, 1984, 1988; Grey & Deneke, 1978; Detzel, 1990). Desta forma, em decorrência dos benefícios ambientais, tanto estéticos quanto funcionais, são gerados outros, de caráter social e econômico que, direta ou indiretamente, afetam a todos os habitantes urbanos (Detzel, 1993).

Segundo Mello Filho (1985), as principais funções da arborização urbana são: função química - absorção do gás carbônico e liberação do oxigênio, melhorando a qualidade do ar urbano; função física - oferta de sombra, absorção de ruídos e proteção térmica; função paisagística - quebra da monotonia da paisagem pelos diferentes aspectos e texturas; função ecológica - abrigo e alimento aos animais e função psicológica - bem estar às pessoas proporcionado pelas massas verdes

Segundo Lombardo (1990), a arborização ajuda na caracterização da paisagem de ruas, parques e praças, além de contribuir para dar noção de espaço ao ser humano e realçar o ambiente físico de uma cidade. De acordo com Bianchi

(1989), as árvores contribuem para atenuar a poluição visual das cidades, conferindo forma aos ambientes urbanos, delimitando espaços, caracterizando paisagens, orientando visualmente e valorizando imóveis, além de integrar vários componentes do sistema. Além disso, na opinião de Pedrosa (1983), a arborização traz, para as cidades, um pouco do ambiente natural e do verde das matas, satisfazendo as necessidades mínimas do ser humano.

O vento também afeta o bem estar nas cidades, podendo resultar em efeitos positivos ou negativos, dependendo da sua intensidade e características, da maior ou menor arborização e das demais condições climáticas locais. As árvores colaboram para a redução da velocidade dos ventos, provocando alterações nos índices de umidade e temperatura do ar (Jim, 1987; Langowski, 2001).

Segundo a Eletropaulo (1995), uma árvore isolada pode transpirar, em média, 400 L de água por dia, provocando um significativo resfriamento do ambiente, equivalente a cinco condicionadores de ar funcionando 20 horas por dia.

Para Demattê (1997), a vegetação confere diversas funções, tais como, proporcionar beleza, modificar o microclima, controlar a erosão, reter poeira e preservar a fauna silvestre. Neste aspecto, Sanchotene (1989) afirma que o uso de árvores frutíferas nativas nas ruas possibilitarão o aumento da população de aves que se alimentam de seus frutos.

Um estudo em San Luis Obispo, Califórnia, calcula os benefícios estimados que uma árvore adulta proporciona. Segundo Hanna et al. (1994), uma espécie de 40 anos de vida promove, em média, economia de energia na ordem de 20 dólares por ano, uma conservação da água e solo de 75 dólares por ano, uma melhoria na qualidade do ar de 50 dólares por ano, uma valorização de propriedade privada de 85 dólares por ano e de propriedade pública de 25 dólares por ano. A soma destes benefícios mostra que uma árvore nesta idade, em média, proporciona um benefício equivalente a 255 dólares por ano.

Mesmo condicionando tantos benefícios, de acordo com Lima (1993), as árvores das ruas e avenidas, no geral, continuam sendo danificadas, mutiladas ou mesmo eliminadas quando se trata de alargamento de ruas, conserto de

encanamentos, manutenção da fiação aérea, construção ou reforma de casas, entre outros.

De acordo com Spirn (1995), são muitas as conseqüências da negligência com as árvores na paisagem urbana, dentre elas, a crescente demanda de energia, o clima mais quente e seco, a redução da absorção dos poluentes atmosféricos, as enchentes cada vez mais intensas, o maior índice de erosão e a degradação da qualidade das águas.

2.2 Árvores urbanas x redes de distribuição de energia elétrica

A indicação de espécies para a arborização urbana ainda é feita de maneira muito empírica, utilizando-se apenas de informações estéticas e desprezando todas as condições desfavoráveis que o meio urbano oferece às arvores (Biondi, 1996).

Sabe-se que a convivência harmônica entre as redes de distribuição de energia elétrica e a arborização viária é um dos grandes desafios para as prefeituras e concessionárias de energia elétrica nos diversos estados brasileiros. Na maioria das vezes este problema se agrava pelo fato de que a arborização e as implantações dos sistemas elétricos de distribuição são planejados e realizados de forma independente. Segundo Comitê de distribuição (1990), esse fato resultou em uma disputa entre as árvores e as redes de distribuição pelo mesmo espaço físico.

De acordo com Langowski (2001), "na maioria das vezes a situação já está consolidada e o conflito, entre rede elétrica e arborização, já instalado". Com isso, é de grande importância que alternativas sejam usadas para substituição ou adaptação dos sistemas atuais. Alternativas essas que podem ser as redes protegidas, subterrâneas ou outras que reduzam as atividades de podas prejudiciais.

Nota-se, assim, que são grandes as dificuldades de se implantar o verde nas cidades, principalmente, conciliado à presença de equipamentos urbanos como instalações hidráulicas, redes elétricas, telefônicas ou sanitárias (Soares, 1998).

Para o autor, o valor decorativo de uma árvore em seu estado natural é, sem dúvida, superior a um exemplar podado, embora seja muito comum encontrar troncos mutilados e totalmente diferentes do seu formato original. Para amenizar esta situação, o autor concorda com o fato de plantar árvores de porte reduzido em passeios onde se tem a presença de fiação aérea, recomendando nesta situação, arvoretas ou plantas que tolerem bem as podas.

Para Milano (2000), alguns aspectos importantes da arborização urbana já se tornaram um mito, dentre eles a considerada definitiva incompatibilidade entre árvores e redes elétricas, a respeito do que os manuais técnicos de arborização urbana brasileiros são todos decisivos: sob redes elétricas, ou são plantadas espécies arbóreas de pequeno porte (arvoretas) ou não se planta nada.

Mas será que o plantio de espécimes de pequeno e médio porte é mesmo a solução ideal para prevenir e/ou eliminar a interferência destes com as redes? A que altura máxima, tais plantas estariam limitadas a crescer? Não atingirão mesmo os fios? Não necessitarão de podas mais intensas e freqüentes? Como ficaria a relação custo/benefício nestes casos?

Segundo Castro (2002), as árvores de pequeno e médio porte que são plantadas sob redes elétricas, de acordo com a espécie e condições do solo, irão atingir a rede a médio e longo prazo, gerando custos às concessionárias para mantê-las fora do alcance dos fios, já que estas espécies necessitam de podas sucessivas e muitas vezes mutiladoras em função da altura que atingem em relação à rede. Desta forma, o autor afirma que este conceito deve ser revisto, indicando também o plantio de árvores de grande porte sob redes.

Na cidade de Porto Alegre o autor observou perfeita integração entre árvores de grande porte e redes elétricas, visto as podas de condução serem bem executadas ao longo dos anos, permitindo a formação de um "furo", na copa, para a passagem da fiação; ainda afirma que tal convivência harmoniosa não tem gerado desligamentos significativos.

Outro aspecto relevante, além do porte das árvores urbanas, é o da necessidade de poda. Segundo Palermo Jr. (1987), uma grande razão para a

realização das podas em árvores urbanas é a necessidade de permitir a convivência entre redes de distribuição de energia elétrica e a arborização viária.

Mas será que é a poda a melhor e única alternativa para permitir esta convivência harmoniosa? Por quê sempre a árvore é que deve ser sacrificada, geralmente a ponto de perder suas principais funções no meio urbano, visando privilegiar a fiação? Por quê não buscar outras alternativas, até mesmo mudando as redes e permitindo uma arborização adequada?

Nesse sentido, as concessionárias de energia elétrica viram-se na obrigação de criar alternativas para manter os índices de confiabilidade dos sistemas elétricos, agredindo o menos possível a arborização, visto ter aumentado muito o interesse, por parte da população, em preservar os efeitos benéficos da arborização das cidades, de acordo com Kuguimiya¹.

Segundo a Companhia energética de Minas Gerais², citada por Santos (2000), as empresas responsáveis pelas redes de distribuição de energia elétrica estão ampliando o uso de redes tecnologicamente mais apropriadas, evitando problemas operacionais, entre eles a execução de podas nas árvores. Para o autor, as redes isoladas e protegidas são tidas como uma opção adequada para solucionar tais entraves.

2.3 Caracterização das redes de distribuição de energia elétrica

Inúmeros são os tipos de redes de distribuição de energia elétrica, sendo que muitas vezes estes se encontram em circuitos mistos, acarretando diversas combinações entre redes de baixa e média tensão, variando principalmente com as concessionárias de energia elétrica nos diferentes Estados brasileiros e com as necessidades e condições locais. Desta forma, o presente trabalho procurou simplificar e generalizar a classificação desses diversos sistemas, caracterizando-

¹ KUGUIMIYA, E. ; LUCCHESI, V. Redes aéreas e subterrâneas – relação custo/benefício. /Apresentado ao Fórum de Debates sobre Arborização Urbana e Redes Aéreas, Porto Alegre, 1994/

² COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. **Redes aéreas isoladas e protegidas**: análise econômica e critérios de aplicação. Belo Horizonte, 1993. 23p.

os em apenas 4 tipos básicos: rede de distribuição aérea convencional (RDA), rede de distribuição aérea compacta (RDP), também chamada de rede protegida, rede de distribuição aérea isolada (RDI) e rede de distribuição subterrânea (RDS).

2.3.1 Rede de distribuição aérea convencional (RDA)

Segundo a Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL)³, uma rede aérea convencional é composta basicamente por postes - que podem ser de concreto ou de madeira); cruzetas; isoladores; pára-raios; braço de iluminação pública; condutores; transformadores de 15 kV; bancos capacitores; chaves corta-circuito; chaves a óleo (equipamentos destinados a estabelecer, conduzir e interromper circuitos elétricos); ponto tele-controle remoto (PTR'S) e rede (fiação) de cobre ou alumínio, que tem predominado. A fiação pode ser dividida em primária, de 11,9 kV e 13,8 kV, chamadas de classe 15 kV (quilovolts), ou secundária, de 220 e 127V. A Figura 1 ilustra esse sistema.



Figura 1 - Rede aérea convencional, Piracicaba/SP.

³ CPFL (Companhia Paulista de Força e Luz, Campinas – São Paulo). Comunicação pessoal, 2002.

Este sistema foi desenvolvido há 50-60 anos e apresenta hoje uma saturação tecnológica, propiciando baixo nível de confiabilidade no sistema elétrico de distribuição de energia. Pelo fato dos condutores não serem isolados, sua convivência num meio onde existe arborização é difícil pois o simples contato de um galho com o condutor nu pode provocar o desligamento da rede. Além disso, a proximidade dessas redes aéreas com marquises, sacadas, painéis, andaimes, facilita o contato acidental de pessoas com os condutores nus, acarretando uma provável descarga elétrica, causadora de acidentes graves e até mesmo fatais (Castro, 2000).

Segundo Sardeto (1999), a rede convencional é caracterizada por condutores nus, apoiados sobre isoladores de vidro ou porcelana, fixados horizontalmente sobre cruzetas de madeira, nos circuitos de média tensão e, verticalmente, nos de baixa tensão. Esta rede fica totalmente desprotegida contra as influências do meio ambiente, apresenta alta taxa de falhas e exige que sejam feitas podas drásticas nas árvores, visto que o simples contato do condutor nu com um galho de árvore pode provocar o desligamento de parte da rede, como já descrito. A rede convencional tem baixo nível de confiabilidade quando utilizada em áreas com maior densidade populacional.

O autor também reforça que a proximidade da rede com marquises, andaimes, sacadas e painéis pode facilitar o contato acidental de pessoas com os condutores nus, podendo causar choques elétricos que, por sua vez, também são fatais.

Pelo fato dos cabos ficarem expostos, as intervenções para consertos também são frequentes. Os danos são causados por acidentes com veículos que atingem os postes, raios, chuvas, fontes de contaminação ambiental como poluição e salinidade, ventos e pássaros (Pirelli, 2000).

O mesmo autor afirma que, se por um lado as redes aéreas são mais baratas de se instalar, por outro, elas têm um custo de manutenção de operação elevado depois de instaladas, além de serem bem menos seguras e constantemente danificadas por ações do ambiente. Um exemplo dado desse elevado custo de

manutenção é referente ao custo de poda: podar uma árvore custa, em média, dez dólares. Assim, nas grandes cidades brasileiras, gasta-se de quatro a sete milhões de dólares por ano com poda de árvores.

Segundo Castro (2000), as redes elétricas com condutores nus, disputando o mesmo espaço aéreo com as árvores, podem causar prejuízos a todos os setores da sociedade, dentre eles:

- curtos-circuitos na média e baixa tensão;
- queima de transformadores, pela constante ocorrência de curtos;
- afrouxamento de conexões que ligam condutores aos demais componentes da rede;
- desligamento da rede;
- queima de aparelhos domésticos e equipamentos industriais;
- prejuízos ao comércio e indústria decorrentes da falta de energia;
- transtorno em hospitais e estabelecimentos de utilidade pública;
- perdas de faturamento;
- gastos acentuados com manutenções e podas emergenciais e corretivas.

2.3.2 Rede de distribuição aérea compacta (RDP)

De acordo com Sardeto (1999), no Brasil, os estudos e a construção das primeiras redes compactas ocorreram no Estado de Minas Gerais, realizados pela CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais – em 1991. A partir de 1992, a COPEL – Companhia Paranaense de Energia – iniciou estudos na área, sendo que, em 1994, foram instaladas as primeiras redes compactas protegidas, em Maringá – PR. Atualmente, a cidade de Maringá conta com 100% das redes urbanas no sistema compacto.

O autor explica que a rede compacta ou rede protegida é um sistema de distribuição de energia elétrica aéreo, no qual a rede secundária é toda isolada, utilizando cabos multiplexados e a rede primária é constituída de três condutores cobertos por uma camada de polietileno reticulado – XLPE (composto extrudado de

polietileno termofixo), sustentados por um cabo mensageiro de aço (com 9,5mm de diâmetro, de alta resistência), o qual, por sua vez, sustenta espaçadores plásticos (polietileno de alta densidade – HDPE, dotados de anéis ou laços poliméricos, para amarração dos condutores e do mensageiro). Estes espaçadores são instalados em intervalos de 8 a 10 metros, apoiando os condutores que ficam dispostos em um arranjo triangular compacto (Figura 2). Cabe lembrar que os cabos protegidos são apenas “encapados”, não podendo ser considerados como “isolados eletricamente” por não terem seu campo elétrico confinado. O cabo mensageiro de sustentação é, por sua vez, fixado aos postes, através de uma ferragem metálica chamada braço suporte tipo “L”.

Segundo Bernis (2000), além desses materiais, são também usados isoladores de pino e de ancoragem, feitos em material polimérico, com o objetivo de promover o isolamento elétrico dos condutores da rede, em conjunto com os espaçadores, braços suportes (ferragens para sustentação da rede) e alguns equipamentos de última geração, como pára-raios de óxido de zinco para proteção contra descargas atmosféricas, chaves blindadas e isoladas a gás para seccionamento e manobra da rede e transformadores autoprotetidos, com proteção interna contra curtos-circuitos.



Figura 2 - Espaçadores em arranjo triangular,
Maringá/PR.

Essas redes oferecem maior confiabilidade e qualidade no fornecimento de energia, pois reduzem, em até três vezes, a duração das interrupções. São mais seguras para o público e convivem de forma mais harmônica com as árvores quando comparadas às redes convencionais nuas (Companhia Energética de Minas Gerais, 2001). O autor ainda coloca que a iluminação neste caso pode ser rebaixada, minimizando os aspectos de conflito da arborização com a iluminação pública (Figura 3).



Figura 3 - Sistema de iluminação pública rebaixado, Maringá/PR.

Segundo Sardeto (1999), outra alternativa muito utilizada na associação à rede compacta são os espaçadores de baixa tensão. Estes são isolados para montagem vertical, cujo objetivo é manter afastado os condutores secundários. É aplicado nas redes de baixa tensão, quando estas são de cabo nu. Usa-se 2 ou 3 espaçadores por vão de rede. Tem um custo baixo, acrescentando em média 2% no total. A Figura 4 mostra esse espaçador associado à rede compacta.



Figura 4 - Espaçadores em rede secundária associado à rede primária compacta, Maringá/PR.

Do ponto de vista técnico, a Companhia Energética de Minas Gerais (1998) coloca como principais vantagens da rede aérea protegida, quando comparada com a rede aérea convencional:

- redução drástica na taxa de falhas, com conseqüente redução das intervenções na rede;
- redução substancial no DEC (duração equivalente de interrupções);
- redução substancial no FEC (freqüência equivalente de interrupções);
- redução das manutenções de redes, liberando eletricitistas para outros serviços;
- aumento da segurança para os eletricitistas e público geral;
- redução do nível das podas de árvores, em freqüência e intensidade;
- melhoria da imagem da Empresa, refletindo no relacionamento com prefeituras, entidades de proteção/defesa ambiental, e com consumidores de uma forma geral.

2.3.3 Rede de distribuição aérea isolada (RDI)

Um terceiro tipo de rede aérea encontrado é chamado de rede aérea isolada, de baixa e média tensão. Segundo Bernis (2000), nesta rede são utilizados três condutores isolados, blindados, trançados e reunidos em torno de um cabo mensageiro de sustentação. Assim, para compor as redes isoladas, são necessários condutores - cabos de alumínio, isolados para 15 kV, com camadas semicondutoras que confinam o campo elétrico em seu interior, acessórios desconectáveis - peças moldadas em borracha EPDM, utilizadas em todas as conexões e derivações da rede e terminações - peças moldadas em bases poliméricas para promover a transição entre os condutores isolados e os condutores das redes nuas ou protegidas.

2.3.4 Rede de distribuição subterrânea (RDS)

O sistema subterrâneo de distribuição de energia elétrica, sem dúvida, é mais complexo que o sistema aéreo e sua utilização varia de região para região.

Segundo Almeida et al. (2000), no caso do Estado de Minas Gerais, a Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) utiliza-se basicamente de quatro tipos de sistemas subterrâneos, em cidades históricas de grande e médio porte, a saber:

a) Reticulado (Network): rede de grande flexibilidade e capacidade de suprir o fornecimento de energia sem interrupção em áreas de grande concentração de carga (acima de 50 MVA/km²). Entretanto, exige uma ampla obra civil para seus equipamentos e banco de dutos, com instalação de considerável quantidade de cabos BT (baixa tensão) na malha secundária e de MT (média tensão) nos alimentadores primários, além de chaves seccionadoras para a MT e de protetores do reticulado. A parte central da cidade de Belo Horizonte recebeu a implantação deste tipo de rede no ano de 1973.

Segundo informações da CEMIG⁴, a rede subterrânea "Network" é a configuração mais confiável que existe. Como o próprio nome sugere, é construída de uma "malha" de cabos de baixa tensão, servida por vários transformadores. Por constituir-se em uma rede bastante complexa, tanto em relação ao fluxo de potência elétrica na malha quanto à construção dos circuitos, esta modalidade apresenta um custo elevadíssimo, praticamente inviável nos dias de hoje. Em valores relativos, este custo é de aproximadamente 10 vezes o custo de uma rede convencional com cabos nus. Foi devido à sua elevadíssima confiabilidade que este sistema foi adotado nos grandes centros urbanos de Belo Horizonte, São Paulo, Rio de Janeiro, Curitiba e Porto Alegre.

Segundo a Concessionária, atualmente outras configurações de rede estão sendo adotadas, tais como o primário seletivo e a dupla alimentação, em função da relação custo benefício do sistema. É aceitável uma pequena redução nos índices de confiabilidade, porém com economia significativa.

b) Dupla alimentação: rede com alta confiabilidade e ótima versatilidade operativa, principalmente quando o sistema permite a reversão da alimentação

⁴ CEMIG (Companhia Energética de Minas Gerais, Belo Horizonte – Minas Gerais). Comunicação pessoal, 2002.

antes mesmo da localização e eliminação da falha. Normalmente, requer a instalação de um equipamento de manobra constituído, em geral, por três chaves de três vias, no primário dos transformadores. Tem sido utilizada em áreas com densidade de carga de até 30 MVA/km², como nos centros urbanos de cidades de médio porte como Juiz de Fora, Uberlândia, Uberaba e São João D'el Rey.

c) Anel com recurso: rede de configuração típica para condomínios residenciais de médio e alto padrão. Possui alta confiabilidade e simplicidade operativa, requerendo pequenas obras civis como, por exemplo, para instalação de cabos em dutos ou diretamente enterrados em valas rasas, e com os equipamentos montados ao nível do solo em cubículos especiais.

d) Secundário – Radial: rede com circuitos exclusivamente secundários subterrâneos, derivados de redes primárias aéreas existentes no local. Solução adotada para as cidades históricas de MG, de simplicidade operativa. (Almeida, 2000).

Segundo Pirelli (2001a), no Estado do Rio de Janeiro, a concessionária de energia elétrica LIGHT utiliza dois tipos de redes subterrâneas de distribuição de energia de média tensão, a saber:

a) Radial com recurso: oferece grande confiabilidade na operação, constituindo-se em uma configuração de rede primária, na qual os transformadores são derivados de alimentadores dispostos em anel, por meio de chaves a gás.

b) Reticulado (Network): o mesmo sistema utilizado pela CEMIG, mais sofisticado quando comparado ao radial, possuindo ótimos recursos para a administração e o controle do fornecimento de energia. É formado por oito cabos alimentadores de média tensão interligados a uma grande malha de baixa tensão, utilizando transformadores de 500 kVA. Neste sistema, mesmo que dois cabos alimentadores, alguns transformadores ou até trechos da malha de baixa tensão sejam danificados, isso não causará a interrupção do fornecimento de energia, pois a rede reticulada possui diversos pontos alimentadores para servir seus consumidores.

Segundo Conceição⁵, na cidade do Rio de Janeiro, o tipo de rede mais usado é o Network, em toda a área metropolitana (incluindo o centro e a zona Sul), seguido pelo radial, usado mais em condomínios fechados.

Segundo Palermo Jr. (1987), o sistema de distribuição de energia elétrica residencial subterrânea (DRS) é o melhor método para conciliar arborização urbana e fiação elétrica. O autor coloca que nos EUA, onde mais de 70% das áreas residenciais utilizam tal sistema, lá denominado URD (Underground Residential Distribution), o custo varia de 1,2 a 1,5 vezes em relação ao custo do sistema aéreo. No Brasil, por ser pouco utilizado, tais custos seriam 2 a 3 vezes maiores que o sistema convencionalmente usado; também encarecendo o sistema DRS está a projeção para que ele tenha uma vida útil de 50 anos, ao passo que, para o sistema aéreo, projeta-se apenas para 30 anos.

O autor afirma que o uso da rede subterrânea merece ser difundido e incentivado pois, apesar do custo mais elevado, existem algumas situações que justificam seu uso, tais como áreas de grande densidade de carga; locais onde há um congestionamento de equipamentos aéreos (com conseqüente valorização do solo); áreas onde fatores estético-ambientais o requeiram; em cidades históricas, turísticas; bairros típicos; loteamentos e bairros de alto poder aquisitivo.

Como vantagem última, além da estética, econômica e de densidade de carga, o autor coloca a maior confiabilidade que o DRS possui em relação aos demais sistemas.

Segundo Almeida et al. (2000), o sistema RSR (Rede Subterrânea Residencial) oferece como características mais relevantes em relação ao aéreo:

a) Menor possibilidade de falhas: elimina-se a possibilidade de falhas transitórias ocasionadas por toques de árvores, objetos na rede (como pipas e outros), bem como desligamentos acidentais provenientes de toques de objetos manipulados por terceiros (antenas de TV, vergalhões, entre outros). Também oferece excelente segurança durante os períodos de mau tempo, pois a rede não

⁵ CONCEIÇÃO. N. B. da. LIGHT. Rio de Janeiro – RJ. Comunicação pessoal, 2003.

sofre com as interferências causadas pelas descargas atmosféricas, ventos e chuvas fortes.

b) Melhor convivência com o meio ambiente: a RSR proporciona a eliminação dos programas de podas de árvores por interferência com a rede elétrica. Sob este enfoque, elas poderão se desenvolver naturalmente, favorecendo os projetos de preservação ambiental, como também os de natureza paisagística, bastante praticados nos condomínios residenciais.

c) Maior segurança: redução dos riscos de choque elétrico por contato acidental ou durante as atividades de manobra dos eletricitistas junto aos equipamentos da rede.

Segundo Boccuzzi et al. (1997), as redes elétricas subterrâneas apresentam uma série de benefícios, tais como:

a) Redução significativa das interrupções pela diminuição da exposição dos circuitos aos agentes externos, incrementando, assim, a confiabilidade do serviço.

b) Eliminação dos circuitos aéreos, o que melhora bastante a aparência do sistema e, principalmente, ajuda a preservar as árvores, contribuindo, conseqüentemente, para o embelezamento das cidades e conservação do meio ambiente. A Figura 5 mostra uma rua com rede subterrânea, permitindo a presença de árvores de grande porte nos dois lados da rua.

c) Aumento do fator segurança para a população, com a eliminação do risco de acidentes por ruptura de condutores e contatos acidentais;

d) Redução dos custos de manutenção, como podas de árvores e deslocamento de turmas de emergência.



Figura 5 - Rua arborizada em sistema de distribuição subterrâneo de energia elétrica na cidade de Belo Horizonte/MG.

Segundo Costa et al.⁶, é sempre reconhecido que, comparativamente ao sistema aéreo convencional, os custos de implantação de redes subterrâneas são maiores, mas quando considerados no conjunto dos investimentos previstos no empreendimento, podem ser aceitáveis considerando os resultados estéticos, de não agressão às soluções paisagísticas e de confiabilidade no serviço de distribuição de energia elétrica.

Em novembro de 2000, na cidade do Rio de Janeiro, foram implantados os primeiro cabos chamados de "air bag" para serem utilizados em redes subterrâneas. Esses cabos são compostos por uma camada especial de material plástico protetor, que lhe confere uma altíssima resistência a impactos, permitindo assim que os cabos sejam instalados diretamente no solo e não mais em banco de dutos (em PVC ou polietileno); isso reduz significativamente os custos das instalações, visto diminuir muito o custo com mão-de-obra para a construção dos dutos. Além disso, os cabos são mais leves, aumentando a velocidade de instalação. Desta forma, os cabos "air bag" irão "contribuir para a substituição

⁶ COSTA, E. L.; SILVA, F. L.; OLIVEIRA, J. S. et al. **Novas tecnologias incorporadas aos padrões de fornecimento de energia elétrica em tensão secundária de distribuição:** transformadores pedestal, redes subterrâneas em condomínios e medição eletrônica. /Apresentado ao ENERSHOW 99 – Feira e Congresso, 1999/.

progressiva das redes de energia aéreas, que são mais frágeis, menos seguras e sujeitas a problemas de manutenção” (Pirelli, 2001b).

2.4 Poda em árvores urbanas

Diversas são as definições de poda encontradas na literatura, variando de acordo com seu objetivo. De qualquer maneira, sempre é prática prejudicial que, pelo estresse causado, leva à obtenção de algumas vantagens, geralmente comerciais. Assim, do ponto de vista fitotécnico e silvicultural, Brickell (1979) define a poda como a remoção de partes da planta para estimular o crescimento, a floração ou a frutificação, para que se obtenha o máximo efeito decorativo e/ou de produção.

Segundo Santos (2000), na arborização urbana a poda é utilizada para adequar a planta ao interesse do homem que habita a cidade, sendo, desta forma, executada para corrigir os conflitos existentes entre as árvores e os equipamentos e/ou edificações da cidade. Mas a poda não soluciona o problema da convivência entre árvore e fiação elétrica, visto que, segundo Browning (1997), a maioria das árvores, uma vez podada, começa a brotar em direção aos condutores elétricos e precisa de novas manutenções em curto espaço de tempo.

Para Ferreira⁷, citado por Santos (2000), a poda está entre as causas mais freqüentes de ferimentos nas árvores urbanas, por causar danos que chegam a gerar o apodrecimento do lenho. O autor afirma que a poda só deve ser aceita se for para retirar galhos até altura de 2,5m do solo; retirar galhos doentes ou mortos e/ou retirar galhos que contenham plantas parasitas. Segundo a publicação de uma Concessionária de energia elétrica (Eletropaulo, 1995), o número de árvores que morrem após tal operação é alto, atingindo o patamar alarmante dos 27,45%.

⁷ FERREIRA, F. A. **Patologia florestal**: principais doenças florestais no Brasil. Viçosa: Sociedade de Investigações Florestais, 1989. 570p.

Segundo Seitz (1990;1996), a poda é uma agressão a um organismo vivo, com estruturas e funções definidas e alguns mecanismos de defesa contra seus inimigos naturais. A prática da poda não deve ser totalmente abolida, mas sim, usada de forma correta nas árvores urbanas, evitando que grandes erros sejam cometidos na ilusão de estar realizando o melhor para as plantas e, segundo Santiago (1990), favorecendo a entrada de patógenos pelos ferimentos que a poda causa.

Baseado no artigo 65 do Código Civil, as ruas são bens públicos e as árvores nelas plantadas pertencem aos municípios. Desta forma, a poda das árvores é de responsabilidade destes, os quais devem zelar pela manutenção dos bens públicos. Assim sendo, as Prefeituras Municipais são responsáveis pela poda das árvores, embora as concessionárias de energia elétrica possam executá-las quando houver riscos para as pessoas, para as instalações e/ou interrupções de energia, causados por árvores próximas às redes (CODI, 1990). Ainda assim, Magalhães et al. (1990) enfatizam que tais podas emergenciais só serão feitas quando não houver providências, em tempo hábil, por parte das Prefeituras Municipais.

Em termos de custos, Santos (2000) afirma que dos muitos valores relacionados à manutenção da arborização urbana, a poda é sem dúvida o mais elevado, sendo que, muitas vezes, é o único tratamento dado às árvores pelos órgãos competentes. No Estado de Minas Gerais, por exemplo, a CEMIG realizou no ano de 1998, 200.000 podas e registrou 15.000 desligamentos em decorrência do conflito das redes com as árvores (Fonseca et al., 1999).

Segundo Detzel (1992), os custos dessas atividades rotineiras são relativamente altos, principalmente quando se computa o número de árvores existentes em uma cidade e a decorrente necessidade de manutenção destas espécies. Em seu trabalho na cidade de Maringá, o autor conseguiu estimar por um período de seis meses (maio a novembro de 1991), um custo de 2,29 dólares por árvore podada. Tendo em vista a necessidade de se podar quase 31.000 árvores no

período, a Companhia Paranaense de Energia Elétrica – COPEL – gastou mais de 70.000 dólares na operação.

Na opinião de Castro (2000), a questão da preservação do ambiente natural tem se incorporado às questões econômicas e sociais, como forma de sobrevivência em nossas cidades. Para ele, a prática da poda tende a diminuir, não só pela pressão da comunidade, cada vez mais consciente da importância do verde nas cidades, mas também pela legislação, cada vez mais restritiva nesse aspecto.

Em termos de área de poda, é necessário deixar uma distância mínima entre o condutor elétrico e a extremidade da vegetação, que constitui o chamado “limite de segurança”. No caso de redes aéreas convencionais, essa distância é de 2 m entre o condutor e a vegetação para redes primárias (13800 V). Já em uma rede aérea compacta, essa distância é reduzida para 0,8 m (Sardeto, 1999). As Figuras 6 e 7 ilustram essa diferença.

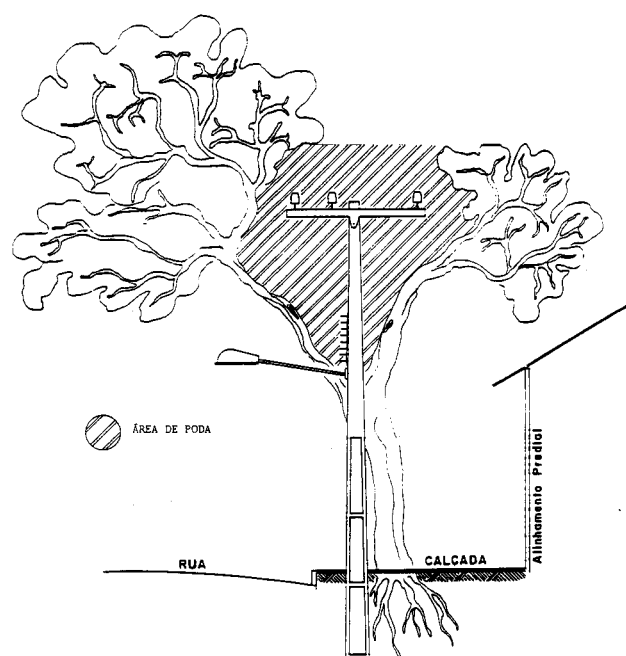


Figura 6 - Área de poda necessária à passagem de uma rede convencional por entre as árvores. Fonte: COPEL, 1995.

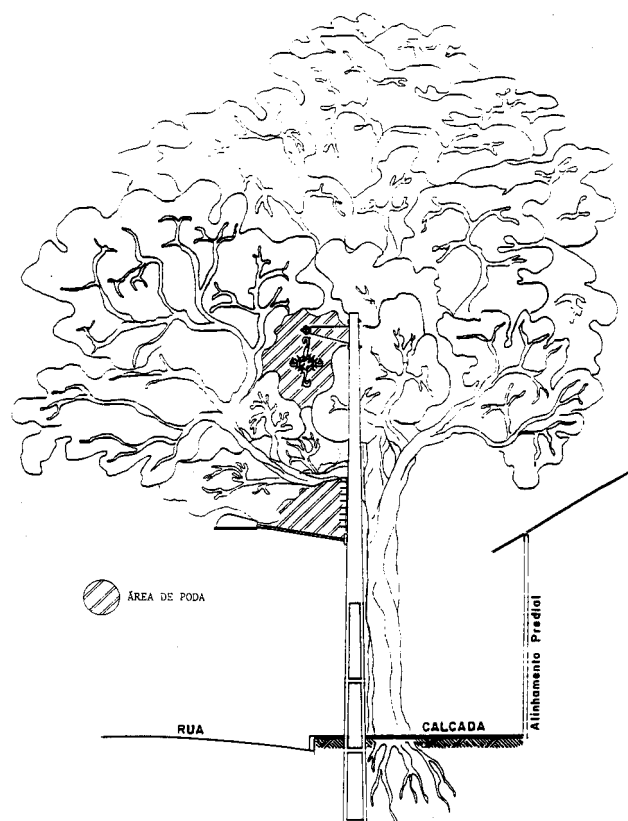


Figura 7 - Área de poda necessária à passagem de uma rede compacta protegida por entre as árvores. Fonte: COPEL, 1995.

2.4.1 Tipos de poda aérea

Segundo Seitz (1995), são três os principais tipos de poda aérea feitos em árvores urbanas. A primeira é a poda de formação ou educação, utilizada para direcionar o desenvolvimento da copa, de forma que esta fique compatível com o espaço que irá ocupar. A segunda é a poda de manutenção, também conhecida como poda de limpeza, que visa retirar galhos secos e/ou doentes, evitando problemas futuros. Já a terceira, denominada poda de segurança, é feita quando as duas anteriores não foram executadas de forma correta, ou devido à incompatibilidade da árvore com o ambiente urbano.

Segundo Sardeto (1999), a poda em "V" visa eliminar ramos que estejam interferindo com a rede de energia elétrica e prejudicando a iluminação pública, sendo podados de forma que garantam as distâncias mínimas de segurança em relação aos condutores nus.

Ainda segundo o autor, o que era para ser uma poda emergencial e não habitual, passou a ser feita sistematicamente pelas concessionárias, levando ao desequilíbrio e mutilação das árvores de rua.

O autor também condena a poda de rebaixamento, afirmando ser extremamente danosa à árvore.

A maioria das árvores se beneficia com as podas de formação, visto que esta acarreta uma menor necessidade de correção em conflitos futuros, além de que, uma árvore com boa conformação tem menor chance de ser danificada por ação dos ventos (Brickell, 1979).

As podas denominadas "drásticas" são, segundo Balensiefer (1987), bastante antieconômicas, visto que após a sua execução ocorre uma super brotação nas proximidades do corte e os novos ramos tendem a uma posição ascendente; com o aumento da circulação de seiva nesses ramos, há uma tendência de crescimento em altura, e o problema com a fiação elétrica volta a existir.

Segundo Harris⁸, citado por Santos (2000), a poda lateral ou direcional é feita muitas vezes para diminuir o conflito árvore/rede, a qual envolve o direcionamento da estrutura principal da árvore, deslocando a copa lateralmente.

Outro tipo de poda muito freqüente em árvores urbanas é a poda de levantamento, a qual, segundo a Eletropaulo (1995), consiste na retirada de galhos baixos da base da copa que estejam prejudicando a livre movimentação de pedestres nas calçadas, o trânsito de veículos ou até mesmo, galhos que estejam crescendo com orientação indesejável.

⁸ HARRIS, R. W. **Arboriculture**: integrated management of landscape trees, shrubs and vines. New Jersey: Prentice Hall Career & Technology, 1992. 677p.

Assim, segundo Barcelos (1997), a possibilidade para uma diminuição na frequência da poda nas árvores localizadas nas vias públicas reside no planejamento e no acompanhamento metódico do desenvolvimento da arborização e, também, na ampliação do uso de recursos que propiciem uma coexistência menos danosa e mais segura entre árvores e redes elétricas, como é o caso do uso de redes isoladas ou compactas.

2.4.2 Poda de raiz

Segundo Seitz (1996), a poda de raízes deve ser feita com muito cuidado, atentando para seu funcionamento, suas funções e importância para a árvore.

Devido ao fato da capacidade de regeneração das raízes ser mais limitada que a da copa, sua poda deve ser feita com muito critério. Seitz (1996) recomenda cortar a raiz na extremidade mais próxima da árvore, proteger a parte viva contra o dessecamento e protegê-la contra choques ou pressões.

É importante saber que a poda de raiz está totalmente ligada ao crescimento da parte aérea da planta, sendo que após a poda das raízes ocorre uma redução no crescimento das folhas, assim como após a poda da parte aérea da planta, ocorre uma redução no crescimento das raízes. Em ambos os casos, a planta tende a restabelecer a relação entre a parte aérea e o sistema radicular. Esta relação está intimamente ligada à presença de diversos hormônios na planta, dentre eles, a auxina e a citocinina. A auxina é sintetizada nos ápices caulinares, deslocando-se da parte aérea para as raízes. Já as citocininas se deslocam dos ápices radiculares onde são sintetizadas para a parte aérea da planta. Assim, o fluxo de hormônios dentro da planta está totalmente ligado à resposta desta à poda (Brito, 2002).

Segundo o autor, a poda da parte aérea conduz a uma diminuição na relação entre parte aérea e radicular e, conseqüentemente, uma redução no número de locais de síntese de auxinas quando comparado aos de citocininas. Assim, há um aumento da relação citocinina/auxina, o que inibe a iniciação de raízes laterais. Ao contrário, quando ocorre a poda de raiz, a relação citocinina/auxina diminui, visto

diminuir a relação entre ápices radiculares e caulinares. Logo, o crescimento da parte aérea será inibido e haverá a iniciação de novos primórdios radiculares devido ao fluxo de auxina enviado às raízes. A planta busca sempre atingir um equilíbrio entre parte aérea e radicular através do equilíbrio entre seus hormônios. Com isso, nota-se que a poda de raiz está totalmente ligada à redução do crescimento da parte aérea, bem como que podar a copa também propicia um menor crescimento radicular da planta.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Parte teórica

A parte teórica do trabalho consistiu no levantamento dos custos relacionados às redes de distribuição de energia elétrica convencional, compacta e subterrânea, nas concessionárias de energia elétrica, CPFL/SP, COPEL/PR e CEMIG/MG, respectivamente. A unidade da CPFL que forneceu as informações foi a de Campinas/SP, situada à Rodovia Campinas – Mogi Mirim, km 2,5, Caixa Postal 1408. Já a da COPEL foi a de Maringá/PR, situada à Av. Gov. Bento Munhoz da Rocha Neto, 896. Por fim, a CEMIG visitada está localizada à Av. Barbacena, 1200, em Belo Horizonte/MG. Foram levantados custos de implantação, manutenção e substituição de redes, além de custos relativos às podas.

3.2 Parte prática

Já na parte prática, melhor detalhada no item 3.2.5, foi feito o levantamento de dados nas cidades de Piracicaba/SP, Maringá/PR e Belo Horizonte/MG, que foram escolhidas por apresentarem, cada uma delas, em sua rede de distribuição de energia elétrica, tipicamente, os três sistemas estudados no presente trabalho, ou seja, a cidade de Piracicaba tem predomínio da rede aérea convencional, a cidade de Maringá tem quase 100% de rede aérea compacta e a cidade de Belo Horizonte tem algumas ruas com a rede subterrânea, fora as cidades históricas mineiras geridas pela CEMIG, que utilizam tal sistema.

3.2.1 Caracterização da cidade de Piracicaba/SP

O município de Piracicaba localiza-se entre as coordenadas geográficas 22°42'31" de latitude Sul e 47°38'01" de longitude Oeste Greenwich. Está a 540 m de altitude (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1957).

Pela classificação de Koeppen o clima da região é Cwa, subtropical úmido com estiagem no inverno, com temperatura média, do mês mais quente, superior a 22°C e a do mês mais frio, inferior a 18°C. A precipitação média anual é de 1257mm, sendo o mês mais chuvoso janeiro, com 220mm, e o mais seco julho, com 28mm, e as médias mensais da umidade relativa do ar variam de 63 a 79% (Ometto, 1991).

Oficialmente, o povoado de Piracicaba, termo da Vila de Itu, foi fundado em 1° de agosto de 1767. Em 1774, a povoação constituiu-se em Freguesia, com uma população estimada em 230 habitantes, desvinculando-se de Itu em 21 de junho. Em 1784, Piracicaba foi transferida para a margem esquerda do rio, logo abaixo do salto, onde os terrenos melhores favoreciam sua expansão. A fertilidade da terra atraiu muitos fazendeiros, ocasionando a disputa de terras. Em 29 de novembro de 1821, Piracicaba foi elevada à categoria de Vila, tomando o nome de Vila Nova da Constituição, em homenagem à promulgação da Constituição Portuguesa, ocorrida naquele ano. A partir de 1836, houve um importante período de expansão; não havia lote de terra desocupado e predominavam as pequenas propriedades. Em 24 de abril de 1856, Vila Nova da Constituição foi elevada à categoria de cidade. Em 1877, por petição do então vereador Prudente de Moraes, mais tarde primeiro presidente civil do Brasil, o nome da cidade foi oficialmente mudado para Piracicaba (Piracicaba, 2002).

3.2.2 Caracterização da cidade de Maringá/PR

Segundo Prefeitura Municipal de Maringá (1990), Maringá é cortada pelo trópico de Capricórnio, situando-se a 23°25' de latitude Sul e 51°25' de longitude Oeste. Está a 545 m de altitude média sobre o nível do mar, em uma região denominada Terceiro Planalto Paranaense. De acordo com a classificação de

Koeppen, Maringá tem como clima predominante o Cfa, subtropical úmido com verões quentes, geadas pouco freqüentes, chuvas abundantes no verão (novembro a janeiro) e sem estação seca definida. A média das temperaturas mínimas é de 10,3°C e a média das máximas 33,6°C, com média absoluta anual de 16,7°C. A precipitação média anual situa-se entre 1500 mm e 1600 mm e a umidade relativa do ar média é 66%

A cidade de Maringá foi construída a partir de 1944 por iniciativa da empresa colonizadora Companhia Melhoramentos Norte do Paraná, baseada em um plano urbanístico de Jorge de Macedo Vieira, o qual a caracterizou com vias de trânsito amplas e arborizadas, além de extensas áreas verdes. Foi fundada em 10 de maio de 1947 (inicialmente como distrito de Mandaguari); em 14 de fevereiro de 1951 foi elevada à categoria de Município e, em 09 de março de 1954, à categoria de Comarca (PMM, 1990).

3.2.3 Caracterização da cidade de Belo Horizonte/MG

A cidade de Belo Horizonte localiza-se a 19°55' de latitude Sul e a 43°56' de longitude Oeste, com altitude média próxima de 875m. Apresenta temperatura média de 21,7°C, podendo atingir 26,8°C na estação mais quente e 16°C na mais fria. As temperaturas máximas atingem de 33 a 40°C e as mínimas chegam a 5°C. A pluviosidade média anual é de 1505,7 mm, concentrada principalmente entre os meses de outubro e março (Cencic, 1996).

Belo Horizonte, com seus mais de 2 milhões de habitantes, nasceu de um pequeno povoado denominado Arraial do Curral Del Rei. Planejada para ser a nova capital do Estado de Minas Gerais, em substituição a Ouro Preto, foi inaugurada em 12 de dezembro de 1897 por uma exigência da Constituição do Estado. O município de Belo Horizonte está localizado no centro-sul do Estado de Minas Gerais. Capital estadual e município-sede da Microrregião de Belo Horizonte e da Região Metropolitana de mesmo nome, possui extensão territorial de 335 km². Integrando a Bacia do rio São Francisco, tem sua malha hidrográfica composta, principalmente, pelos Ribeirões Arrudas e do Onça, ambos afluentes do Rio das

Velhas; pelo Ribeirão Pampulha, cujo represamento forma o reservatório de igual nome (Prefeitura de Belo Horizonte, 2002).

3.2.4 Material de campo

Aparelho para informar altura da árvore, denominado Vertex, trena de 50 metros e planilha de coleta de dados.

3.2.5 Metodologia para coleta de dados

Foi elaborada um planilha de coleta de dados (Figura 8), onde, de cada árvore, eram abordados os seguintes aspectos: nome vulgar, altura (m), interferência ou não com a fiação, circunferência à altura do peito (CAP- cm), altura da primeira bifurcação, presença de doença, presença de praga, tipo de poda, aspecto geral, obstáculos, danos à calçada, se estava sob fiação ou não, número da construção, observação e área de espaço livre na base da árvore-m².

Em cada cidade foram escolhidas 100 árvores para análise. O objetivo foi o de cobrir toda a variação dos tamanhos das árvores nas três cidades. Assim, a amostragem foi feita com 95% de probabilidade e 10% de intervalo de confiança.

Na cidade de Piracicaba, que se caracteriza por ter praticamente quase 100% de rede de distribuição aérea convencional, foi feita uma amostragem em múltiplo estágio, onde, utilizando um mapa cedido pela Prefeitura do Município, foram sorteados 5 bairros, dos quais foram sorteadas 5 ruas e, de cada rua, foi selecionado 1 quarteirão e analisadas 4 árvores por quarteirão. Essa amostragem foi feita para evitar uma possível escolha tendenciosa das árvores. Desta forma a cidade de Piracicaba teve 25 ruas amostradas, número elevado quando comparado às outras duas cidades que tiveram suas ruas indicadas pelas concessionárias de energia elétrica. Os bairros sorteados foram: Parque Piracicaba (Balbo), Nva Piracicaba, Vila Independência, Santa Rita e Morumbi. Por sua vez, as ruas sorteadas foram: R. Buri, R. Martinópolis, R. Palmital, R. Mariápolis, R. Morro Agudo, R. das Zíneas, R. das Boninas, R. Guerino Trevisan, R. Alceu Maynard Araújo, R. Dr. Galdino de Carvalho, R. Leão XV, R. João Sampaio, R. Bela Vista, R.

Euclides José Libório, R. D. Eugênia, Av. João Flávio Ferro, R. Heber Rocha Martins, R. Luiz Guidott, R. Antônio Bigaton, R. Antonia Sabadin Tornisielo, R. Dr. Jorge Augusto da Silveira, R. Cabo Alcides Trevisan, R. Antônio Cobra, R. Dr. Aldovandro Fleury Pires Corrêa e R. José Riolando Teodoro.

Na cidade de Maringá/PR, as 100 árvores eleitas estavam em 9 ruas, a saber: R. Luís Gama, R. José de Alencar, R. Santa Joaquina de Vedruna, R. João Ribeiro, R. Saint Hilaire, R. Ver. Nelson Abraão, Av. Rio Branco, R. Vitório Balani e R. Nassib Haddad. Estas ruas foram indicadas pela Companhia Paranaense de Energia (COPEL), onde iniciaram-se as instalações da rede compacta, há 8 anos atrás. Para permitir a localização das ruas, foi utilizado o mapa da cidade de Maringá.

Já na cidade de Belo Horizonte, foram escolhidas, também, 100 árvores, em 8 ruas a saber: Av. Bernardo Monteiro, Av. Prof. Alfredo Balena, Av. Carandaí, R. Rio de Janeiro, Av. Brasil, R. Curitiba, R. São Paulo. Estas ruas foram indicadas pela Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), visto serem poucas as ruas com o sistema subterrâneo na cidade. A localização das ruas foi feita com auxílio do mapa da cidade de Belo Horizonte.

3.2.6 Análise de dados

Os dados coletados foram analisados utilizando o programa de software SAS (Statistic Analysis System).

Os parâmetros a seguir foram avaliados pelas notas de 0 a 9, anotadas na planilha de coleta de dados.

a) NÚMERO: número da árvore, na seqüência de 1 a 100.

b) ESPÉCIE: nome vulgar da espécie.

c) ALTURA: em metros, medida com o Vertex.

d) INTERFERÊNCIA COM FIO: colocado “sim”, se a árvore encontrava-se em contato com a fiação e “não”, se esta ainda não havia atingido a fiação.

e) CAP: circunferência à altura do peito, medido com auxílio de fita métrica.

f) ALTURA DA 1ª BIFURCAÇÃO: medido com auxílio de fita métrica ou vertex (quando a altura ultrapassasse o alcance manual).

g) DOENÇA: árvore mostrando problema, que não praga

- 0 ⇒ sem a presença de doença
- 1 ⇒ pouco afetado pela presença da doença
- 2 ⇒ mediamente afetado pela presença da doença
- 3 ⇒ muito afetada pela presença da doença

h) PRAGA:

- 0 ⇒ sem a presença de praga
- 1 ⇒ pouco afetado pela presença da praga
- 2 ⇒ mediamente afetado pela presença da praga
- 3 ⇒ muito afetada pela presença da praga

i) TIPO PODA:

- 0 ⇒ sem poda
- 1 ⇒ poda em V
- 2 ⇒ poda em U
- 3 ⇒ poda de rebaixamento
- 4 ⇒ poda de levantamento
- 5 ⇒ poda lateral
- 6. ⇒ retirada de alguns galhos
- 7 ⇒ poda de levantamento e poda lateral
- 8 ⇒ poda drástica
- 9 ⇒ poda de levantamento e retirada de alguns galhos

j) ASPECTO GERAL:

0 ⇒ árvore sadia (sem presença de pragas, doenças e podas)

1 ⇒ se a árvore estivesse com pequena interferência de praga, doença ou poda

2 ⇒ se a árvore estivesse com alta interferência

3 ⇒ se a árvore estivesse muito comprometida, praticamente perdida

k) OBSTÁCULOS:

0 ⇒ sem obstáculo

1 ⇒ árvore encostada em telhado

2 ⇒ árvore encostada a muro

3 ⇒ árvore encostada a poste

4 ⇒ árvore encostada à placas de sinalização

5 ⇒ espaço insuficiente para o crescimento do exemplar

6. ⇒ árvore encostada a lixeira

l) DANOS À CALÇADA:

0 ⇒ sem danos à calçada

1 ⇒ baixo dano à calçada

2 ⇒ alto dano à calçada

m) SOB FIAÇÃO: colocado “sim”, se a árvore estivesse do lado da rua com fiação elétrica e colocado “não”, se estivesse do lado sem a fiação.

n) Nº CONSTRUÇÃO: colocado o número da construção à frente da árvore, para futura identificação da espécie, no local.

o) OBSERVAÇÃO: o que não conseguiu ser explicado nos itens anteriores e algum comentário que fosse julgado importante como, por exemplo, o nome da praga encontrada na árvore.

p) ÁREA LIVRE (M²): medido com o auxílio de trena, para determinar o espaço permeável para crescimento do exemplar.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Levantamento dos custos

Como foi observado na pesquisa, houve grande variação nos custos das redes, assim como na sua caracterização e nomenclatura, variando muito de região para região. Desta forma, o presente trabalho procurou obter o máximo de informações de diferentes regiões para mostrar a variação existente entre elas.

4.1.1 Rede de distribuição aérea convencional

Segundo a CPFL⁹, o custo de implantação de rede aérea convencional pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1. Custos médios para implantação de rede aérea convencional, (CPFL/SP), 2001.

TIPO DE REDE	CUSTO POR KM (R\$/KM)
Rede primária – classe 15 kV	39.000,00
Rede secundária	28.571,43
Rede aérea convencional (primária + secundária)	67.571,43

⁹ CAVALCANTE, J. A. (Engenheiro - CPFL - Companhia Paulista de Força e Luz, Campinas - São Paulo). Comunicação pessoal, 2002.

Baseado em dados da COPEL/PR, a Tabela 2 mostra os custos de implantação de redes primárias de distribuição aérea convencional com cabo de alumínio nu.

Tabela 2. Custos médios para implantação de rede aérea primária convencional, 13,8 kV, (COPEL/PR), 1999.

TIPO DE CONDUTOR	CUSTO POR KM (R\$/KM)
Bitola 336,4 MCM AWG	17.910,03
Bitola 2 AWG	10.465,07

Fonte: Sardeto, 1999.

Visto os dados fornecidos pela COPEL/PR serem de 1999, foi feito o deflacionamento do valor, ou seja, a atualização deste dado para dezembro de 2001, podendo assim ser comparado ao custo fornecido pela CPFL/SP. Este deflacionamento foi feito com base no índice IPC – geral – RMSP (Índice de Preços ao Consumidor – Região Metropolitana de São Paulo), utilizando o IPC geral de dezembro de 1999, que foi de 179,2904.

Assim, a Tabela 3 mostra os valores corrigidos para o ano de 2001.

Tabela 3. Custos médios corrigidos para implantação de rede aérea primária convencional, 13,8 kV, (COPEL/PR), 2001.

TIPO DE CONDUTOR	CUSTO POR KM (R\$/KM)
Bitola 336,4 MCM AWG	20.028,83
Bitola 2 AWG	11.703,11

Já a CEMIG, baseia-se em dados de R\$/poste, tendo seu custo de implantação de rede de distribuição convencional mostrado na Tabela 4.

Tabela 4. Custo médio de implantação de rede aérea convencional, (CEMIG/MG), 1998.

TIPO DE REDE	CUSTO POR POSTE (R\$/POSTE)
Rede de distribuição aérea (RDA)	1.486,88

Fonte: adaptado de CEMIG, 1998.

De acordo com Bernis¹⁰, considera-se a existência de um poste a cada 35 metros, tendo, portanto, 30 postes em 1 km. Desta forma, multiplicando o valor dado na Tabela 2 (em reais por poste) por 30, tem-se o valor de reais por km.

Assim, R\$ 1486,88 x 30 postes = 44.606,40 R\$/km.

Assim como para a COPEL/PR, o custo dado pela CEMIG/MG também foi atualizado de 1998 para dezembro de 2001, podendo assim ser comparado com os dados da CPFL/SP. Para tal, foi utilizado o mesmo índice IPC – geral – RMSP referente a dezembro de 1998, no valor de 165,0468.

A Tabela 5 mostra o custo já deflacionado.

Tabela 5. Custo médio corrigido de implantação de rede aérea convencional, (CEMIG/MG), 2001.

TIPO DE REDE	CUSTO (R\$/KM)
Rede de distribuição aérea (RDA)	54.188,39

Os valores das tabelas 1, 3 e 5 confirmam que os dados obtidos das concessionárias são bem distintos entre si, havendo grande variação dos custos. Este fato pode ser atribuído primeiramente por tratar-se de locais diferentes e distantes, em Estados diferentes, além do fato de que as concessionárias utilizam

¹⁰ BERNIS, R. A. O. (Engenheiro - CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais, Belo Horizonte - Minas Gerais). Comunicação pessoal, 2002.

materiais variados para a construção de suas redes, acarretando em custos também distintos. Além disso, é importante ressaltar que tanto a CPFL/SP quanto a CEMIG/MG, referem-se a custos de redes primária + secundária, ao passo que a COPEL/PR refere-se a custo apenas de rede primária de distribuição de energia elétrica.

4.1.2 Rede de distribuição aérea compacta (rede protegida)

Baseado em dados da COPEL/PR tem-se na Tabela 6 os custos de implantação da rede primária de distribuição compacta.

Tabela 6. Custo médio de implantação de rede aérea primária compacta, (COPEL/PR), 1999.

TIPO DE CONDUTOR	CUSTO POR KM (R\$/KM)
Bitola 336,4 MCM XLPE	45.175,27
Bitola 2 XLPE	32.802,81

Fonte: Sardeto, 1999.

Atualizando os valores com base no IPC – geral, tem-se na Tabela 7, o custo médio de implantação de rede aérea primária compacta para a COPEL/PR.

Tabela 7. Custo médio corrigido de implantação de rede aérea primária compacta, (COPEL/PR), 2001.

TIPO DE CONDUTOR	CUSTO POR KM (R\$/KM)
Bitola 336,4 MCM XLPE	50.519,61
Bitola 2 XLPE	36.683,46

Baseando-se em dados de R\$/poste, A CEMIG/MG, tem seu custo de implantação de redes de distribuição compacta mostrada na Tabela 8.

Tabela 8. Custo de implantação de rede aérea compacta, (CEMIG/MG), 1998.

TIPO DE REDE	CUSTO POR POSTE (R\$/POSTE)
Rede de distribuição compacta (RDP)	1.707,15

Fonte: adaptado de CEMIG, 1998.

Multiplicando o valor da Tabela 5 por 30, tem-se 51.214,50 R\$/km.

Deflacionando o custo da CEMIG/MG para o ano de 2001, tem-se na Tabela 9 o custo de implantação de rede compacta.

Tabela 9. Custo corrigido de implantação de rede aérea compacta, (CEMIG/MG), 2001.

TIPO DE REDE	CUSTO POR POSTE (R\$/KM)
Rede de distribuição compacta (RDP)	62.215,99

Assim como para rede convencional, cabe lembrar que a CEMIG/MG, ao contrário da COPEL/PR, refere-se ao custo de rede primária +secundária, neste caso, rede primária compacta e secundária isolada.

4.1.3 Rede de distribuição subterrânea

Segundo dados da LIGHT¹¹, o custo total de um quilômetro de rede de distribuição subterrânea envolve os custos de abertura de valas, recapeamento (obras civis) e todos os equipamentos utilizados (cabos, transformadores e emendas). O custo varia de acordo com os diversos tipos de cabos possíveis de serem utilizados. Desta forma, a Tabela 10 mostra o cálculo do custo para um quilômetro de rede subterrânea.

¹¹ LIGHT. Rio de Janeiro – RJ, Comunicação Pessoal, 2003.

Tabela 10. Custos parciais e custo total de 1 Km de rede de distribuição subterrânea, LIGHT/RJ.

EQUIPAMENTOS UTILIZADOS	PREÇO	QUANTIDADE NECESSÁRIA	CUSTO PARCIAL (R\$/KM)
Cabo 240 mm ² Cu (rede de média tensão)	R\$74,93/metro	1000 metros	74.933,95
Cabo 240 mm ² Al armado (rede de baixa tensão)	R\$49,63/metro	50 metros	2481,54
Terminais de alta tensão (para cabo 95 mm ² Al)	R\$374,89/conjunto	2 conjuntos	749,79
Transformador pedestal 300 kVA	R\$15445,81/conjunto	1 conjunto	15445,81
Via asfaltada com recalçamento em asfalto (obra civil)	R\$174,55/metro	1000 metros	174.548,08
Vala em via asfaltada com recalçamento em asfalto (obra civil)	R\$168,43/metro	1000 metros	168.425,88
CUSTO TOTAL			R\$436.585,04/Km

Segundo Bernis¹², as manutenções em redes subterrâneas são raríssimas e esporádicas (falha em cabo ou em conexão, desgaste de chaves, entre outros). Por outro lado, os reparos são mais elaborados e especializados e com isto requerem mais tempo de mão-de-obra. Mas este custo é diluído ao longo do tempo, pois os intervalos entre estes reparos são muito longos em função da alta confiabilidade da rede. Assim, pode-se dizer que a redução das manutenções seria superior a 2 vezes ao despendido em uma rede aérea (que requer manutenções periódicas).

Sabe-se que as redes de distribuição subterrânea já estão sendo utilizadas em alguns condomínios fechados de alto padrão e exemplos de custos destas redes são mostrados a seguir. De acordo com Pirelli (2000), em um condomínio de residências avaliadas em US\$ 45 mil, o custo da rede subterrânea por casa foi

¹² BERNIS, R. A. O. (Engenheiro - CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais, Belo Horizonte - Minas Gerais). Comunicação pessoal, 2002.

de US\$ 561. Se fosse adotada a rede aérea seria US\$ 134. Assim, a diferença ao se adotar uma rede subterrânea é de US\$ 427, ou seja, apenas 0,95% do imóvel.

Outro exemplo cita um condomínio de casas avaliadas individualmente em US\$ 85 mil, no qual o custo da rede subterrânea por casa foi de US\$ 965. Para rede aérea seria de US\$ 199, uma diferença de US\$ 766, representando apenas 0,90% do valor do imóvel. Desta forma, esses dados mostram que a instalação de redes subterrâneas representa um investimento inferior a 1% do custo do imóvel, sendo que, “considerando os ganhos econômicos, estéticos e de segurança, fica claro que não vale mais a pena instalar redes aéreas, pois a valorização final do imóvel será bem maior com redes subterrâneas”.

4.1.4 Transformação da rede convencional para a compacta protegida

Para a obtenção do custo de substituição de rede convencional por rede compacta, considerou-se o reaproveitamento dos materiais da rede nua existente.

Isto é possível visto que para a transformação de rede convencional para compacta pode-se utilizar o mesmo traçado e quase a totalidade dos postes já em uso, praticamente não existindo necessidades de obras civis. O trabalho de desmontagem da rede antiga e montagem da nova é relativamente simples e rápido, além de poder ser feito em etapas programadas (COPEL, 1995).

Desta forma, os custos de transformação obtidos pela COPEL/PR são mostrados na Tabela 11.

Tabela 11. Custo médio para transformação de rede primária convencional em rede primária compacta, (COPEL/PR), 1999.

TIPO DE CONDUTOR	CUSTO POR KM (R\$/KM)
Bitola 336,4 MCM XLPE	38.408,03
Bitola 2 XLPE	27.777,50

Fonte: Sardeto, 1999.

Deflacionando os valores de 1999 para o ano de 2001, tem-se na Tabela 12 os custos de transformação para a COPEL/PR.

Tabela 12. Custo médio corrigido para transformação de rede primária convencional em rede primária compacta, (COPEL/PR), 2001.

TIPO DE CONDUTOR	CUSTO POR KM (R\$/KM)
Bitola 336,4 MCM XLPE	42.951,79
Bitola 2 XLPE	31.063,64

Para a CPFL¹³ o custo de transformação da rede convencional nua em compacta protegida pode ser visto na Tabela 13.

Tabela 13. Custo médio para transformação de rede convencional em compacta, (CPFL/SP), 2001.

TIPO DE REDE	CUSTO POR KM (R\$/KM)
Transformação de rede nua para compacta	35.000,00

Como pode ser observado em ambas as concessionárias de energia elétrica, a transformação é mais barata que a implantação de novas redes convencionais, o que por si só já justificaria investimentos, talvez até subsidiados por algumas firmas interessadas em propagandas, principalmente visando a preservação de árvores antigas e/ou frondosas, em áreas onde o conflito é inevitável.

4.1.5 Custos de manutenção (custos operacionais)

¹³ CAVALCANTE, J. A. (Engenheiro - CPFL – Companhia Paulista de Força e Luz, Campinas – São Paulo). Comunicação pessoal, 2002.

Segundo a CEMIG (1998), são dois os tipos de manutenção de redes de distribuição: manutenção preventiva e manutenção corretiva.

4.1.5.1 Manutenção Preventiva

Este tipo de manutenção refere-se à manutenção geral das estruturas, condutores e equipamentos, especialmente na verificação de pontos quentes em conexões, chaves, fuga de corrente em isoladores, entre outros. Além desses pontos, a manutenção preventiva engloba os gastos com a poda das árvores e a retirada de objetos da rede.

A Tabela 14 reúne os custos de manutenção preventiva, durante um ano, em locais com e sem a presença de arborização, nos três tipos de fiação aérea: convencional, compacta e secundária isolada.

Tabela 14. Custos de Manutenção Preventiva na rede aérea convencional (RDA), secundária isolada (RSI) e compacta (RDP), com e sem a presença de arborização, CEMIG/MG, no ano de 1998.

Manutenção	RDA		RSI		RDP	
	Com arborização	Sem arborização	Com arborização	Sem arborização	Com arborização	Sem arborização
R\$/Km	108,00	51,43	43,57	29,52	17,08	5,51

Fonte: Adaptado de CEMIG, 1998

Deflacionando os valores para o ano de 2001, tem-se na Tabela 15 os custos de manutenção preventiva, para a CEMIG/MG.

Tabela 15. Custos corrigidos de Manutenção Preventiva na rede aérea convencional (RDA), secundária isolada (RSI) e compacta (RDP), com e sem a presença de arborização, CEMIG/MG, no ano de 2001.

Manutenção Preventiva R\$/Km	RDA		RSI		RDP	
	Com arborização	Sem arborização	Com arborização	Sem arborização	Com arborização	Sem arborização
	131,20	62,48	52,93	35,86	20,75	6,69

Segundo a CPFL¹⁴, os custos de manutenção preventiva podem ser observados na Tabela 16, referentes ao ano de 2001.

Tabela 16. Custo de manutenção preventiva na rede aérea convencional, no ano de 2001, CPFL/SP.

CUSTO R\$/KM	REDE AÉREA CONVENCIONAL
Manutenção Preventiva	760,00

Percebe-se que os valores fornecidos pelas concessionárias, diferem muito entre si, devido principalmente aos critérios adotados por estas para cálculo destes custos.

4.1.5.2 Manutenção Corretiva

De acordo com CEMIG (1998), este tipo de manutenção dá-se em função do número de interrupções acidentais e do tempo do restabelecimento da interrupção urbana. Durante esta manutenção, ocorrem as substituições de materiais danificados, além das manobras necessárias para execução dos serviços na rede.

¹⁴ CAVALCANTE, J. A. (Engenheiro - CPFL – Companhia Paulista de Força e Luz, Campinas – São Paulo). Comunicação pessoal, 2002.

A Tabela 17 reúne os custos de manutenção corretiva, durante um ano, nos três tipos de fiação aérea: convencional, isolada e compacta, para a CEMIG/MG.

Tabela 17. Custos de Manutenção Corretiva na rede aérea convencional (RDA), secundária isolada (RSI) e compacta (RDP), CEMIG/MG, no ano de 1998.

Manutenção	RDA	RSI	RDP
Corretiva(R\$/Km)	15,41	7,48	3,19

Fonte: Adaptado de CEMIG, 1998.

Deflacionando os valores para 2001, tem-se na Tabela 18 os valores de custos de manutenção para a CEMIG/MG.

Tabela 18. Custos corrigidos de Manutenção Corretiva na rede aérea convencional (RDA), secundária isolada (RSI) e compacta (RDP), CEMIG/MG, no ano de 2001.

Manutenção	RDA	RSI	RDP
Corretiva(R\$/Km)	18,72	9,09	3,88

Nota-se que, se por um lado a rede aérea convencional (RDA) tem menor custo de instalação quando comparada à compacta, por outro, ela tem um custo de manutenção no mínimo duas vezes maior após a instalação.

Segundo a CPFL¹⁵ o custo de manutenção corretiva, referente ao ano de 2001 pode ser observado na Tabela 19.

¹⁵ CAVALCANTE, J. A. (Engenheiro - CPFL – Companhia Paulista de Força e Luz, Campinas – São Paulo). Comunicação pessoal, 2002.

Tabela 19. Custo de Manutenção Corretiva na rede aérea convencional, CPFL/SP, no ano de 2001.

CUSTO R\$/KM	REDE AÉREA CONVENCIONAL
Manutenção Corretiva	1.600,00

4.1.5.3 Manutenção Preventiva x Poda

Como já comentado, o custo da poda está incluso dentro do custo de manutenção preventiva, sendo que, segundo dados da CEMIG (1998), o valor da parcela referente à poda, é calculado com base na fórmula:

$$PA = Pe \{(LM \times \text{árvore/vão} \times Spa) + (LV \times \text{árvore/vão} \times Spa)\}, \text{ onde,}$$

PA = custo de poda por árvore

Pe = periodicidade de poda,

LM = porcentagem de serviços executados com turmas de linha morta,

Árvore/vão = 3, representando quantas árvores existem em um vão de rede urbana, isto é, na distância entre dois postes (de concreto, redondos ou quadrados), fircados na calçada.

Spa = serviço pago para podar uma árvore.

LV = porcentagem de serviços executados com turmas de linha viva,

Desta forma, calcula-se o custo da parcela referente à poda, sendo os valores colocados na Tabela 20.

Tabela 20. Custo de poda nas três redes de distribuição aérea: convencional (RDA), secundária isolada (RSI) e compacta (RDP), CEMIG/MG, em 1 ano.

TIPO DE REDE	CUSTO TOTAL ANUAL DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA EM LOCAIS COM ARBORIZAÇÃO	PARCELA REFERENTE À PODA
RDA	R\$ 108,00	R\$ 56,65
RSI	R\$ 43,57	R\$ 14,02
RDP	R\$ 17,08	R\$ 11,62

Deflacionando os dados para o ano de 2001, tem-se os custos de poda para a CEMIG/MG na Tabela 21.

Tabela 21. Custo corrigido de poda nas três redes de distribuição aérea: convencional (RDA), secundária isolada (RSI) e compacta (RDP), CEMIG/MG, em 1 ano.

TIPO DE REDE	CUSTO TOTAL ANUAL DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA EM LOCAIS COM ARBORIZAÇÃO	PARCELA REFERENTE À PODA
RDA	R\$ 131,20	R\$ 68,82
RSI	R\$ 52,93	R\$ 17,03
RDP	R\$ 20,75	R\$ 14,12

Nota-se, com a Tabela 21, que os valores de poda nas redes RSI e RDP não são muito distintos. Isto se deve ao fato de que o circuito secundário é o mais baixo da rede e, portanto, é o que afeta primeiro as árvores. Assim, tanto na RSI

quanto na RDP a rede de baixa tensão é isolada, não havendo muita diferença em relação à interferência com a arborização.

A redução maior se dá em comparação entre a RDA e a RDP, onde a redução do custo de poda é da ordem de 5 vezes (de R\$ 68,82 para R\$ 14,12), ou seja, uma redução de 79,5% no custo de poda.

Já para a CPFL¹⁶, o custo de poda varia de acordo com a altura da árvore, se já atingiu a rede primária ou se está apenas interferindo na rede secundária. Isto porque na rede secundária a poda pode ser feita com turmas de linha morta, ou seja, com a rede desligada; já na rede primária, normalmente a poda é feita com turmas de linha viva, com a rede ligada. Os custos de poda, tanto em rede secundária quanto em primária, estão na Tabela 22.

Tabela 22. Custos de poda por árvore em redes primárias e secundárias de distribuição de energia elétrica, CPFL/SP, 2001.

TIPO DE REDE AÉREA	CUSTO DE PODA/ÁRVORE (R\$)
Primária – classe 15 kV	20,00
Secundária – 220/127 V	6,00

Ainda, segundo informações da CPFL, cada árvore é podada uma vez ao ano, independente da fiação ser compacta ou convencional. O custo da poda também não varia de acordo com o tipo de fiação; apenas o tipo de poda pode ser considerado diferente quando se compara rede aérea convencional e compacta protegida.

¹⁶ CAVALCANTE, J. A. (Engenheiro - CPFL – Companhia Paulista de Força e Luz, Campinas – São Paulo). Comunicação pessoal, 2002.

No caso da cidade do Rio de Janeiro, parte da poda de árvores urbanas é terceirizada por empresas particulares, tais como a empresa Medral Engenharia Ltda. Esta, por cinco anos, foi responsável pela poda da área da Zona Sul e Barra e atualmente é responsável pela poda de um trecho da Zona Norte.

Segundo Brito¹⁷, nesta área (Célula Maturacá) existem 19.936 árvores sob a rede, todas elas cadastradas em um programa próprio de gerenciamento. Já na área da CERJ, a empresa é responsável pela poda de Niterói, Araruama, Cabo Frio, Petrópolis e Teresópolis.

São muitos os fatores que determinam o tipo de poda em uma árvore urbana, dentre eles sua espécie, o tipo de rede de distribuição de energia elétrica existente e a situação em que a árvore se encontra no momento da poda.

A grande maioria das podas executadas é de “conformação”, ou como já mencionado neste trabalho, uma poda de limpeza de galhos que interfiram ou venham a interferir na rede e, também, aqueles que possam comprometer o equilíbrio do indivíduo.

A grande diferença da poda realizada em função do tipo de rede é o volume de galhos retirados. O impacto de uma poda realizada em rede compacta é muito menor, pois retira-se menor volume de galhos quando comparada a uma rede aérea convencional.

De acordo com o cronograma de execução da Light, uma árvore é podada a cada seis meses.

Em termos de frequência de poda, considerando apenas uma árvore, tem-se uma redução na frequência de poda da ordem de 40% quando se muda de rede convencional para rede compacta, 70% quando tal mudança é para rede isolada e 0% (sem redução) para redes subterrâneas, naqueles indivíduos próximos à equipamentos pois, neste caso, o cabeamento das chaves e trafos é de cabo nu. Cabe lembrar que os trafos são os transformadores de energia – de média tensão (13800 kV) para baixa tensão (127 V).

¹⁷ BRITO, C. N. (MEDRAL Engenharia Ltda., Rio de Janeiro). Comunicação pessoal, 2002.

Caso contrário, se for considerado um circuito ou alimentador e não mais uma árvore individualmente, o percentual de redução de poda quando ocorre a transformação de uma rede convencional para uma rede compacta é da ordem de 30%, da isolada é de 50% e da rede subterrânea é de 90%, já que, neste caso, poucas árvores precisarão de poda. Esta informação é muito importante no que diz respeito à rede subterrânea, já que, para essa situação, poucos indivíduos serão podados ao longo do circuito.

Segundo a empresa, o custo de poda da equipe é alto, pois todos os funcionários são treinados para executar serviços com rede energizada. A equipe básica é composta por 1 Encarregado - motorista; 4 podadores com treinamento para Linha Viva; 2 ajudantes e 1 motorista de caminhão carroceria fixa tipo truck.

Os equipamentos utilizados nas atividades de poda são: 1 caminhão de linha viva para até 46 kV, equipado com cabine dupla ou casinha para até 4 funcionários; 1 caminhão com carroceria fixa e ferramentas (inclusive uma hidroserra – motoserra hidráulica que é ligada à tomada de força do caminhão).

Cabe lembrar que todo o material proveniente da poda é depositado em vazadouro particular, o que implica em mais custos.

A Tabela 23 mostra o custo de poda/árvore feita pela empresa Medral na cidade do Rio de Janeiro, sem lucros incluídos.

Cabe lembrar que a empresa não tem como precisar o custo da poda por tipo de rede, pois a grande maioria dos circuitos da Light são mistos.

Tabela 23. Custo unitário de poda (R\$/árvore) na cidade do Rio de Janeiro, 2001.

TIPO DE REDE	CUSTO DE PODA (R\$/ÁRVORE)
Mista	32,02

4.1.6 Lucro cessante

O lucro cessante é um valor referente à perda no faturamento da empresa (no caso em questão, os dados são da CEMIG/MG), durante ocorrências de desligamento na rede.

Segundo a CEMIG (1998), o valor do lucro cessante está incluído no custo total da rede, assim como as manutenções preventiva e corretiva e o investimento inicial. Os valores de lucro cessante das redes aéreas - convencional (RDA), secundária isolada (RSI) e compacta (RDP), estão na Tabela 24.

Tabela 24. Valores de Lucro Cessante em redes RDA, RSI e RDP, CEMIG/MG, no ano de 1998.

CUSTO (R\$/POSTE)	RDA	RSI	RDP
LUCRO CESSANTE	0,94	0,62	0,06

Fonte: adaptado de CEMIG, 1998.

Deflacionando esses valores para o ano de 2001, tem-se, na Tabela 25 os valores de lucro cessante para a CEMIG/MG.

Tabela 25. Valores corrigidos de Lucro Cessante em redes RDA, RSI e RDP, CEMIG/MG, no ano de 2001.

CUSTO (R\$/POSTE)	RDA	RSI	RDP
LUCRO CESSANTE	1,14	0,75	0,07

4.1.7 Custo social

Segundo a CEMIG (1998), os custos sociais são aqueles calculados quando ocorre uma interrupção no fornecimento de energia elétrica, seja programada ou acidental. Neste caso, o processo produtivo só retorna ao ítem

normal cerca de 12 horas após o restabelecimento do fornecimento. Durante este período verifica-se uma queda na atividade produtiva que, na maioria das vezes, gera elevadas perdas econômicas para o consumidor. Este prejuízo, segundo a CEMIG, é definido como sendo o custo social da interrupção, imposta ao consumidor.

A Tabela 26 mostra os valores de custo social da CEMIG para as redes RDA, RSI e RDP.

Tabela 26. Custo social para redes RDA, RSI e RDP, CEMIG/MG, no ano de 1998.

CUSTO (R\$/POSTE)	RDA	RSI	RDP
CUSTO SOCIAL	37,3	24,78	2,42

Fonte: Adaptado de CEMIG, 1998.

Deflacionando os valores para o ano de 2001, tem-se na Tabela 27 o custo social para a CEMIG/MG.

Tabela 27. Custo social corrigido para redes RDA, RSI e RDP, CEMIG/MG, no ano de 2001.

CUSTO (R\$/POSTE)	RDA	RSI	RDP
CUSTO SOCIAL	45,31	30,10	2,94

Comparando a rede convencional e a compacta em termos de lucro cessante e custo social, tem-se que, nos dois casos, os valores sofrem uma redução de aproximadamente 93,5%, ou seja, o lucro cessante em rede convencional era de R\$1,14/poste e em compacta caiu para R\$0,07/poste, assim como o custo social, que em rede convencional era de R\$45,31/poste e teve uma redução para R\$2,94/poste em rede compacta. Estes fatores contribuem para

comprovar as vantagens da rede de distribuição compacta de energia elétrica quando comparada à convencional.

4.1.8 Custo global

O custo global das redes em questão foi definido baseado nos custos já descritos (investimento inicial, manutenção preventiva, manutenção corretiva, lucro cessante e custo social), adotando-se um horizonte de estudo de 25 anos, valor este estabelecido como sendo a vida útil de uma rede aérea de distribuição com posteação de concreto. Desta forma, foi calculado o custo anual de cada serviço de manutenção (poda de árvore, linha viva, linha morta, plantão, entre outros) correlacionando-o a um valor presente, através da aplicação do fator de valor atual (FVA), calculado por equação financeira. No caso, este fator é igual a 9,08. A taxa para cálculo deste fator foi de 10%, sendo 6% de remuneração e 4% de depreciação do sistema, ao longo dos 25 anos (CEMIG, 1998).

Ainda para a empresa, os custos globais das redes aéreas de distribuição RDA, RSI e RDP, em um horizonte de 25 anos estão mostrados na Tabela 28.

Tabela 28. Custos Globais das redes RDA, RSI e RDP em um horizonte de 25 anos.

CUSTO	RDA		RSI		RDP	
	Com arborização	Sem arborização	Com arborização	Sem arborização	Com arborização	Sem arborização
R\$/POSTE	2956,00	2442,00	2216,00	2088,00	1914,00	1809,00

Fonte: Adaptado de CEMIG, 1998.

Deflacionando os valores para o ano de 2001, tem-se na Tabela 29 os custos globais para a CEMIG/MG.

Tabela 29. Custos Globais corrigidos das redes RDA, RSI e RDP em um horizonte de 25 anos.

CUSTO	RDA		RSI		RDP	
	Com arborização	Sem arborização	Com arborização	Sem arborização	Com arborização	Sem arborização
GLOBAL R\$/POSTE	3590,98	2966,57	2692,02	2536,53	2325,15	2197,59

Nota-se que o custo global, em um horizonte de 25 anos, é mais baixo na rede de distribuição protegida (compacta) e mais elevado na rede convencional, devido aos seus altos custos operacionais (manutenção preventiva e corretiva).

4.1.9 Proporcionalidade do custo entre as redes

Segundo Bernis¹⁸, e baseado nos dados acima descritos, de forma resumida, pode-se descrever a proporção existente, no custo, entre as redes aérea convencional, compacta, isolada e a rede subterrânea. Se considerarmos como sendo 1,00 o valor da rede aérea convencional, temos a proporção dos custos das outras redes mostrados na Tabela 30.

Tabela 30. Proporção de custos das redes aéreas- convencional (RDA) e compacta (RDP) e redes subterrâneas - residencial e para centros urbanos.

TIPO DE REDES	PROPORÇÃO DE CUSTO
RDA	1,00
RDP (relação atual)	1,09
RDP (relação a 10 anos atrás)	1,45
Rede Subterrânea Residencial (condomínios)	3,0
Rede Subterrânea típica de centros urbanos	10,0

¹⁸ BERNIS, R. A. O. (Engenheiro - CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais, Belo Horizonte - Minas Gerais). Comunicação pessoal, 2002.

Devido ao fato do custo de implantação da rede compacta ser muito próximo ao custo da convencional e da redução da manutenção ser da ordem de 80% em redes compactas quando comparada à manutenção em rede convencional, pode-se afirmar que é mais vantajoso o uso de redes de distribuição compacta ao invés de redes convencionais, tanto em termos de custos, quanto de benefícios, entre eles, a melhor convivência com as árvores viárias.

Em se tratando de rede subterrânea, devido ao fato do seu custo de implantação ser aproximadamente 10 vezes maior e sua manutenção duas vezes menor, se comparado à rede convencional, pode-se dizer que seu uso já se tornou viável em diversas ocasiões, devendo, cada caso ser estudado e ter sua viabilidade analisada, visto que, em muitos deles, torna-se vantajoso fazer um investimento mais alto, para depois ter uma manutenção mínima, com alta confiabilidade do sistema, sem riscos para as populações humanas e vegetais da área.

4.1.10 Visão geral dos custos

Foi feita uma tabela com os principais custos já citados no presente trabalho, para que se possa ter uma visão geral, facilitando sua comparação. Notou-se a dificuldade em padronizar os dados, visto cada concessionária fornecê-los de maneira diferente (R\$/km; R\$/poste; custo referente à rede primária; custo referente a redes primária e secundária, entre outros). Estes valores reunidos podem ser vistos na Tabela 31.

Tabela 31. Custos levantados nas concessionárias de energia elétrica – CPFL/SP, COPEL/PR, CEMIG/MG e LIGHT/RJ – referentes a redes convencionais, compactas e subterrâneas, em reais/km, além de serviços de manutenção das mesmas, visando poda de árvores localizadas sob tais redes, em reais/árvore.

	CPFL/SP	COPEL/PR	CEMIG/MG	LIGHT/RJ
Implantação de rede convencional	67.571,43 (1 ^{aria} + 2 ^{aria})	11.703,83 a 20.028,83 (1 ^{aria})	54.188,39 (1 ^{aria} + 2 ^{aria})	-
Implantação de rede compacta	-	36.519,61 a 50.519,61 (1 ^{aria})	62.215,99 (1 ^{aria} + 2 ^{aria})	-
Implantação de rede subterrânea	-	-	-	436.585,04
Transformação de rede convencional para compacta	35.000,00	31.063,64 a 42.951,79	-	-
Manutenção preventiva de rede convencional	760,00	-	131,20	-
Manutenção preventiva de rede compacta	-	-	20,75	-
Manutenção corretiva de rede convencional	1.600,00	-	18,72	-
Manutenção corretiva de rede compacta	-	-	3,88	-
Poda em rede convencional	20,00 (1 ^{aria}) 6,00 (2 ^{aria})	-	68,82 (1 ^{aria} + 2 ^{aria})	32,02 (1 ^{aria} + 2 ^{aria})
Poda em rede compacta	-	-	14,12	-

É essencial ressaltar que, do total do custo de implantação de rede subterrânea (R\$436.585,04/km), R\$342.973,96/km referem-se a obras civis, o que representa 78,5% do custo total da rede. Se, como exemplo, tirássemos o valor das obras civis, o custo da rede cairia para R\$93.611,08/km, totalmente acessível quando comparado a um custo de R\$67.571,43/km de rede convencional.

Desta forma, acredita-se que o sistema subterrâneo, em breve, será totalmente viável e seu preço sofrerá uma redução significativa, visto que novas tecnologias e alternativas em relação à implantação destas redes já estão sendo testadas e estudadas. Como exemplo disso, pode-se afirmar que já está em uso o sistema de distribuição subterrânea residencial, o qual é bem mais barato que o subterrâneo propriamente dito, pois, de acordo com Almeida et al. (2000), são utilizados dutos fabricados em PEAD – Polietileno de Alta Densidade, em substituição aos de cimento amianto, os quais podem ser instalados diretamente no solo, dispensando as caixas de concreto. Além dos dutos, também são dispensadas as câmaras subterrâneas, que ocupam muito espaço no subsolo e tem custo elevado, sendo os transformadores isolados colocados em cubículos metálicos e montados sobre as calçadas (caixas), o que reduz o custo atual de uma câmara subterrânea de R\$ 8.000,00 para R\$800,00 preço das novas caixas propostas.

4.2 Levantamento a campo

Foram feitas tabelas de frequência de espécies nas três cidades para colaborar no entendimento de alguns itens pesquisados, esclarecer possíveis dúvidas, entre outros. Desta forma, sabendo as espécies que foram levantadas pode-se fazer associações com presença de doenças ou pragas, por exemplo.

4.2.1 Frequência de espécies em Piracicaba

A Tabela 32 mostra as espécies de árvores amostradas na cidade de Piracicaba.

Tabela 32. Nome comum, nome científico e freqüência, em porcentagem, das 100 árvores analisadas na cidade de Piracicaba/SP.

NOME COMUM	NOME CIENTÍFICO	%
Sibipiruna	<i>Caesalpineia peltophoroides</i>	42
Ipê	<i>Tabebuia spp</i>	19
Tipuana	<i>Tipuana tipu</i>	14
Espatódea	<i>Spathodea campanulata</i>	9
Murta	<i>Murraya exotica</i>	5
Chapéu de Sol	<i>Terminalia catappa</i>	5
Resedá	<i>Lagerstroemia indica</i>	2
Aroeira Salsa	<i>Schinus molle</i>	1
Cássia	<i>Senna fistula</i>	1
Oiti	<i>Licania tomentosa</i>	1
Mangueira	<i>Mangifera indica</i>	1
Total		100

4.2.2 Freqüência de espécies em Maringá

A Tabela 33 mostra as espécies de árvores amostradas na cidade de Maringá.

Tabela 33. Nome comum, nome científico e freqüência, em porcentagem, das 100 árvores analisadas na cidade de Maringá/PR.

NOME COMUM	NOME CIENTÍFICO	%
Sibipiruna	<i>Caesalpineia peltophoroides</i>	61
Ipê	<i>Tabebuia spp</i>	8
Tipuana	<i>Tipuana tipu</i>	8
Pau ferro	<i>Caesalpineia ferrea var.</i> <i>leiostachya</i>	6
Ficus	<i>Ficus benjamina</i>	4
Espatódea	<i>Spathodea campanulata</i>	3
Jacarandá	<i>Jacaranda mimosaeifolia</i>	3
Ligustro	<i>Ligustrum japonicum</i>	2
Alecrim de Campinas	<i>Holocalix balansae</i>	2
Chapéu de Sol	<i>Terminalia catappa</i>	1
Goiabeira	<i>Psidium guajava</i>	1
Flamboiant	<i>Delonix regia</i>	1
Total		100

4.2.3 Freqüência de espécies em Belo Horizonte

A Tabela 34 mostra as espécies de árvores amostradas na cidade de Belo Horizonte.

Tabela 34. Nome comum, nome científico e frequência, em porcentagem, das 100 árvores analisadas na cidade de Belo Horizonte/MG.

NOME COMUM	NOME CIENTÍFICO	%
Magnólia	<i>Magnolia grandiflora</i>	29
Pachira	<i>Pachira aquatica</i>	19
Bauhinia	<i>Bauhinia variegata</i>	17
Tipuana	<i>Tipuana tipu</i>	16
Mangueira	<i>Mangifera indica</i>	8
Sibipiruna	<i>Caesalpineia peltophoroides</i>	7
Oiti	<i>Licania tomentosa</i>	2
Espatódea	<i>Spathodea campanulata</i>	1
Ligustro	<i>Ligustrum japonicum</i>	1
Total		100

Na análise das tabelas 32, 33 e 34, observou-se que tanto em Piracicaba quanto em Maringá, a Sibipiruna foi a espécie que apareceu com maior frequência. Se correlacionarmos este fato com a presença de doenças, nota-se que na cidade de Maringá, nenhum exemplar desta espécie estava doente, ao passo que em Piracicaba, quase 10% das sibipirunas apresentavam doença. Este fato reforça a idéia de que tal espécie é adequada ao plantio viário e que a constante presença de exemplares doentes pode estar relacionada à podas mal feitas e não ao tipo de espécie.

4.3 Tipos de poda

Nos levantamentos feitos nas cidades de Piracicaba, Maringá e Belo Horizonte, foram extraídas informações relevantes referentes a tipos de podas, e suas respectivas frequências.

4.3.1 Tipos de poda em rede aérea convencional em Piracicaba/SP

Nas 100 árvores sob rede de distribuição aérea convencional da cidade de Piracicaba/SP, observou-se a existência de 8 manejos onde a poda ocorria, e um, onde as árvores eram mantidas íntegras.

O tipo de poda mais encontrado foi a poda em “V” (37%), seguido pela poda de levantamento, em 21% dos indivíduos. Em 18% das plantas, foi verificada a poda de limpeza e em 6% a poda lateral.

Também com uma frequência de 6%, foram encontradas as podas conjuntas de levantamento + limpeza, por apresentarem, na mesma árvore, esses dois tipos de podas já explicados anteriormente.

Outra associação no tipo de poda implementada foi de levantamento + lateral (5%). Desta forma, estas árvores apresentavam tanto os galhos laterais quanto os galhos da base da copa podados.

Em 5% das plantas, observou-se a realização da poda drástica. A poda de rebaixamento foi efetuada em 1% dos indivíduos.

Foram encontradas, também, árvores não podadas, representadas por 1% do total.

A Figura 9 ilustra estes resultados.

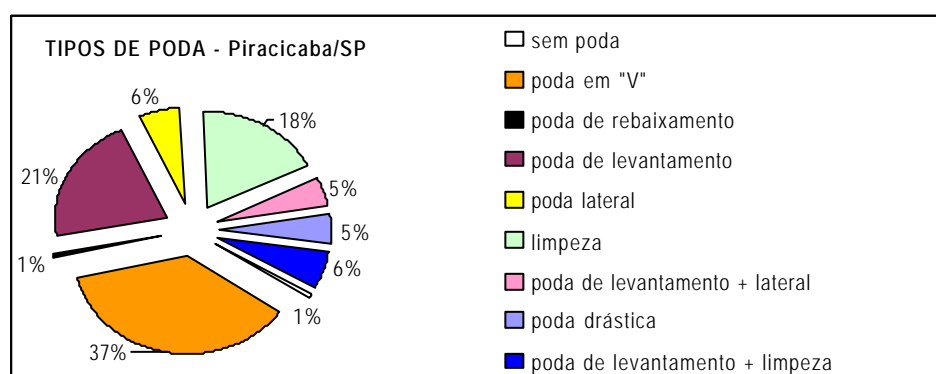


Figura 9 - Tipos de podas encontrados nas 100 árvores analisadas em Piracicaba/SP e suas respectivas frequências.

4.3.2 Tipos de poda em rede aérea compacta em Maringá/PR

Nas 100 árvores sob rede de distribuição aérea compacta da cidade de Maringá/PR, observou-se a existência de 5 manejos onde a poda ocorria e um, onde as árvores eram mantidas íntegras.

O tipo de poda mais encontrado foi a poda em “V” (38,8%).

O outro tipo encontrado foi a poda de limpeza, em 21,4%.

A poda de levantamento foi verificada em 10,7% das árvores e a lateral, em 1,9%.

Outro tipo de poda encontrado nessa cidade, não ocorrente em Piracicaba, foi a poda em “L” (1%), que consiste no corte de galhos de modo a deixar um espaço livre neste formato, geralmente visando a passagem da fiação aérea.

Foram encontradas também árvores não podadas, representadas por 26,2% do total.

A Figura 10 mostra estes resultados.

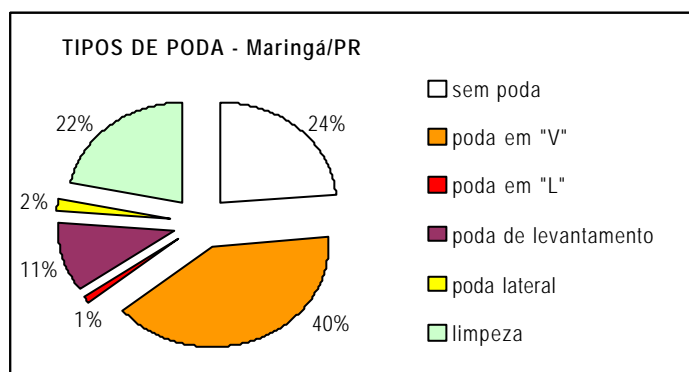


Figura 10 - Tipos de podas encontrados nas 100 árvores analisadas em Maringá/PR e suas respectivas frequências.

O fato de ter sido encontrado 40% de espécimes arbóreos podados na forma de “V” em Maringá, superior aos 37% de Piracicaba, que poderia sugerir dúvidas quanto ao sistema compacto utilizado naquela cidade, refere-se, ao

histórico de que a rede aérea compacta foi instalada na cidade de Maringá somente a partir de 1994, vindo encontrar, nas vias, árvores adultas, bastante podadas, já que, até então, a distribuição de energia elétrica era feita por redes de distribuição aérea convencional, com cabos nus. Isto tem grande implicação na caracterização atual da arborização viária da cidade, pois, o excesso de podas drásticas em “V”, por exemplo, ainda é observado nas árvores onde, outrora existia fiação aérea convencional. Atualmente, as árvores mostram uma readaptação ao novo sistema implantado e, provavelmente, se as análises forem refeitas daqui a alguns anos, a caracterização da poda deverá ser diferente, tendendo ao reequilíbrio das plantas.

Outro aspecto interessante a ser relacionado é a porcentagem de indivíduos não podados nas cidades Maringá (24%) e de Piracicaba (1%). Esse dado reforça ainda mais o fato de que a fiação aérea compacta mantém uma relação mais harmoniosa com as árvores de ruas do que a fiação convencional, permitindo que mais indivíduos possam ser mantidos íntegros, cumprindo sua função.

4.3.3 Tipos de poda em rede subterrânea em Belo Horizonte/MG

Nas 100 árvores sobre rede de distribuição subterrânea da cidade de Belo Horizonte/MG, observou-se a existência de 4 manejos onde a poda ocorria, e um, onde as árvores eram mantidas íntegras.

O tipo de poda mais encontrado foi a poda de levantamento (39,60%).

Outras podas observadas foram as de limpeza (31,68%) e a lateral (18,81%).

Assim como na cidade de Piracicaba foi encontrada a poda de levantamento + lateral, em 3,96% dos indivíduos.

Do total de árvores, 5,94% não estavam podadas.

A Figura 11 mostra estes resultados.

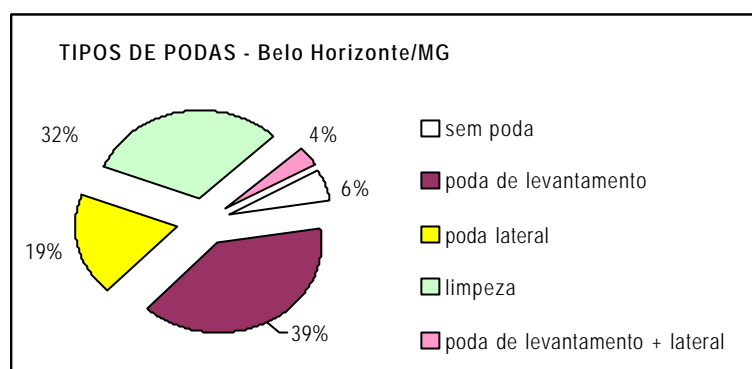


Figura 11 - Tipos de podas encontrados nas 100 árvores analisadas em Belo Horizonte/MG e suas respectivas freqüências.

Pela análise da figura 11, pode-se notar que as duas podas mais encontradas nas 100 árvores analisadas sobre sistema subterrâneo, foram as de levantamento e de limpeza. Tais podas são necessárias ao bom desenvolvimento da árvore em meio urbano e, se não forem feitas ainda no viveiro, terão que ser feitas quando a espécie estiver nas calçadas; nesse sentido, pode-se dizer que a rede de distribuição subterrânea favorece a poda agronomicamente técnica, ou seja, este tipo de rede de distribuição de energia não exige que sejam feitos outros tipos de podas além dos necessários fitotecnicamente.

Assim, pode-se verificar que o manejo realizado nas árvores sobre fiação subterrânea, através das podas de levantamento e limpeza, está adequado e bem executado. É curioso ressaltar que, nas 100 árvores levantadas, não foi encontrada nenhuma poda em "V" ou em furo, que acabam por descaracterizar o vegetal, além de não serem recomendadas quando se preza a sanidade do exemplar.

4.4 Poda X Aspecto Geral

Para analisar-se a relação da poda com o aspecto geral das árvores, foi feita uma classificação em 4 itens: 0, 1, 2 e 3.

4.4.1 Poda X Aspecto Geral em Piracicaba/SP

A Tabela 35 mostra os resultados da relação poda e aspecto geral da árvore.

Tabela 35. Relação entre os tipos de podas e aspecto geral: **0** (árvore sadia, sem pragas, doenças e/ou podas), **1** (árvore com pequena interferência de praga, doença e/ou podas), **2** (árvore com alta interferência de praga, doença e/ou podas) e **3** (árvore muito comprometida, praticamente morta), das 100 árvores analisadas na cidade de Piracicaba/SP.

TIPOS DE PODAS	ASPECTOS GERAIS (%)			
	0	1	2	3
Sem poda	100	0	0	0
Poda em “V”	0	100	0	0
Poda de rebaixamento	0	0	100	0
Poda de levantamento	0	100	0	0
Poda lateral	0	100	0	0
Poda de limpeza	0	100	0	0
Poda de levantamento + lateral	0	100	0	0
Poda drástica	0	0	100	0
Poda de levantamento + limpeza	0	100	0	0

Nota-se, com a Tabela 35, que as árvores que tiveram pior classificação quanto a seu aspecto geral, foram as que sofreram podas drásticas e de rebaixamento, podas estas, feitas, normalmente, para livrar a rede elétrica dos galhos. Pela finalidade desses tipos de poda, uma mudança no sistema de distribuição de energia elétrica, poderia evitar que o aspecto geral da árvore ficasse tão comprometido.

Além disso, pode-se perceber que as árvores não podadas tiveram a melhor classificação quanto ao aspecto geral.

4.4.2 Poda X Aspecto Geral em Maringá/PR

Na cidade de Maringá também foi feita análise da relação de poda com o aspecto geral da árvore, sendo os resultados mostrados na Tabela 36.

Tabela 36. Relação entre os tipos de podas e aspecto geral: **0** (árvore sadia, sem pragas, doenças e/ou podas), **1** (árvore com pequena interferência de praga, doença e/ou podas), **2** (árvore com alta interferência de praga, doença e/ou podas) e **3** (árvore muito comprometida, praticamente morta), das 100 árvores analisadas na cidade de Maringá/PR.

TIPOS DE PODAS	ASPECTOS GERAIS (%)			
	0	1	2	3
Sem poda	100	0	0	0
Poda em “V”	0	100	0	0
Poda em “L”	0	100	0	0
Poda de levantamento	0	90,91	0	9,09
Poda lateral	0	100	0	0
Poda de limpeza	0	100	0	0

O aspecto geral das árvores, na cidade de Maringá, quando comparado à de Piracicaba é melhor, visto a maioria ter aspecto geral do tipo 1.

O valor 9,09%, verificado pela Tabela 36, para a poda de levantamento, correspondeu a uma única árvore com aspecto geral 3, devido a grande presença de praga

4.4.3 Poda X Aspecto Geral em Belo Horizonte/MG

Na cidade de Belo Horizonte, também foi feita análise da relação de poda com o aspecto geral da árvore, sendo os resultados mostrados na Tabela 37.

Tabela 37. Relação entre os tipos de podas e aspecto geral: **0** (árvore sadia, sem pragas, doenças e/ou podas), **1** (árvore com pequena interferência de praga, doença e/ou podas), **2** (árvore com alta interferência de praga, doença e/ou podas) e **3** (árvore muito comprometida, praticamente morta), das 100 árvores analisadas na cidade de Belo Horizonte/MG.

TIPOS DE PODAS	ASPECTOS GERAIS (%)			
	0	1	2	3
Sem poda	66,67	33,33	0	0
Poda de levantamento	0	100	0	0
Poda lateral	0	100	0	0
Poda de limpeza	0	93,75	6,25	0
Poda de levantamento + lateral	0	100	0	0

Assim como na cidade de Maringá, em Belo Horizonte, as árvores apresentavam um bom aspecto geral.

Dentre as árvores que não foram podadas, 66,67% foram classificadas com aspecto geral ótimo, o que reforça a idéia de que um exemplar que não recebe interferência de poda, tem mais chances de apresentar aspecto favorável.

Na poda de retirada de alguns galhos observou-se a presença de 2 árvores que tiveram aspecto geral 2, uma delas por estar muito infestada por praga e, o outro exemplar, por ter sido podado de forma incorreta, ou seja, os galhos que foram retirados deixaram o vegetal desequilibrado.

Este é um fato importante, que reforça a idéia de que a equipe de poda deve ser treinada e fiscalizada, visto que uma poda de limpeza, que normalmente é benéfica para a convivência do exemplar com o meio urbano, se mal feita, pode acarretar no seu tombamento ou na entrada de patógenos.

4.5 Poda X Doença

O item doença presente na planilha foi classificado nos tipos 0, 1, 2 e 3, e relacionado com os tipos de podas feitos nas árvores. Cabe lembrar que esta classificação foi baseada em análise visual da planta, sendo que, desta forma, as análises foram feitas pelo mesmo observador para evitar discordância nos resultados. Os sintomas vistos nas árvores, identificados como sendo doença, foram: murchamento, manchas claras e crescimento distorcido das folhas.

4.5.1 Poda X Doença em Piracicaba/SP

A Tabela 38 mostra a relação entre a poda e a presença de doenças nas 100 árvores analisadas na cidade de Piracicaba/SP.

Tabela 38. Relação entre tipos de poda e presença de doença: **0** (árvore sem sinais de doença), **1** (árvore pouco afetada pela presença de doença), **2** (árvore mediamente afetada pela presença de doença) e **3** (árvore muito afetada pela presença de doença), em 100 árvores na cidade de Piracicaba/SP.

TIPOS DE PODAS	PRESENÇA DE DOENÇAS (%)			
	0	1	2	3
Sem poda	100	0	0	0
Poda em "V"	86,49	13,51	0	0
Poda de rebaixamento	100	0	0	0
Poda de levantamento	95,24	4,76	0	0
Poda lateral	83,33	16,67	0	0
Poda de limpeza	77,78	22,22	0	0
Poda de levantamento + lateral	100	0	0	0
Poda drástica	100	0	0	0
Poda de levantamento + limpeza	83,33	16,67	0	0

Constatou-se a presença de doenças, na cidade de Piracicaba, associada a diversos tipos de podas. Isso confirma a opinião de diversos autores, como Biondi (1985) e Pedrosa (1983), os quais afirmam que a poda constitui em uma maneira de facilitar a entrada de insetos e doenças nas plantas, pelos ferimentos que resulta. O fator que define a presença ou não de doenças não é a poda em si mas sim o modo como ela é feita, como são cortados os galhos e o ângulo e orientação do corte.

4.5.2 Poda X Doença em Maringá/PR

A Tabela 39 mostra a relação entre a poda e a presença de doenças nas 100 árvores analisadas na cidade de Maringá/PR.

Tabela 39. Relação entre tipos de poda e presença de doença: **0** (árvore sem sinais de doença), **1** (árvore pouco afetada pela presença de doença), **2** (árvore mediamente afetada pela presença de doença) e **3** (árvore muito afetada pela presença de doença), em 100 árvores na cidade de Maringá/PR.

TIPOS DE PODAS	PRESENÇA DE DOENÇAS (%)			
	0	1	2	3
Sem poda	100	0	0	0
Poda em “V”	100	0	0	0
Poda em “L”	100	0	0	0
Poda de levantamento	100	0	0	0
Poda lateral	100	0	0	0
Poda de limpeza	90,91	9,09	0	0

Nota-se que na cidade de Maringá poucas foram as árvores que apresentavam doenças. Estas foram vistas nos exemplares que tiveram a poda de

limpeza, a qual muitas vezes é feita cortando galhos grandes de uma forma incorreta, facilitando a entrada de patógenos.

4.5.3 Poda X Doença em Belo Horizonte/MG

A Tabela 40 mostra a relação entre a poda e a presença de doenças nas 100 árvores analisadas na cidade de Belo Horizonte/MG.

Tabela 40. Relação entre tipos de poda e presença de doença: **0** (árvore sem sinais de doença), **1** (árvore pouco afetada pela presença de doença), **2** (árvore mediamente afetada pela presença de doença) e **3** (árvore muito afetada pela presença de doença), em 100 árvores na cidade de Belo Horizonte/MG.

TIPOS DE PODAS	PRESENÇA DE DOENÇAS (%)			
	0	1	2	3
Sem poda	83,33	16,67	0	0
Poda de levantamento	76,92	23,08	0	0
Poda lateral	94,74	5,26	0	
Poda de limpeza	93,75	6,25	0	0
Poda de levantamento + lateral	100	0	0	0

Assim como na cidade de Piracicaba, notou-se a presença de doenças em diversos tipos de podas, reforçando a idéia de que o modo como a poda é feita pode ser mais decisivo para a ocorrência de patógenos do que o tipo de poda propriamente dito.

A presença de doença observada em árvores que não foram podadas, pode ter diversas causas, tais como a idade do exemplar, a freqüência deste na cidade, entre outras.

4.6 Poda X Praga

O item praga presente na planilha foi classificado nos tipos 0, 1, 2 e 3 e relacionado com os diferentes tipos de podas nas árvores.

As pragas encontradas nas árvores foram basicamente: brocas, cupins e formigas.

4.6.1 Poda X Praga em Piracicaba/SP

A Tabela 41 mostra a relação entre a poda e a presença de praga nas 100 árvores analisadas na cidade de Piracicaba/SP.

Tabela 41. Relação de tipos de podas com presença de praga: **0** (árvore sem sinais de praga), **1** (árvore pouco afetada pela presença de praga, **2** (árvore mediamente afetada pela presença de praga) e **3** (árvore muito afetada pela presença de praga), das 100 árvores analisadas na cidade de Piracicaba/SP.

TIPOS DE PODAS	PRESENÇA DE PRAGAS (%)			
	0	1	2	3
Sem poda	100	0	0	0
Poda em "V"	97,3	0	0	2,7
Poda de rebaixamento	100	0	0	0
Poda de levantamento	100	0	0	0
Poda lateral	100	0	0	0
Poda de limpeza	100	0	0	0
Poda de levantamento + lateral	100	0	0	0
Poda drástica	100	0	0	0
Poda de levantamento + limpeza	100	0	0	0

De um modo geral, pode-se dizer que, na cidade de Piracicaba, as árvores analisadas apresentaram poucos problemas com presença de praga, exceto em 2,7% das árvores que tiveram poda em “V”.

4.6.2 Poda X Praga em Maringá/PR

A Tabela 42 mostra a relação entre a poda e a presença de praga nas 100 árvores analisadas na cidade de Maringá/PR.

Tabela 42. Relação de tipos de podas com presença de praga: **0** (árvore sem sinais de praga), **1** (árvore pouco afetada pela presença de praga, **2** (árvore mediamente afetada pela presença de praga) e **3** (árvore muito afetada pela presença de praga), das 100 árvores analisadas na cidade de Maringá/PR.

TIPOS DE PODAS	PRESENÇA DE PRAGAS (%)			
	0	1	2	3
Sem poda	100	0	0	0
Poda em “V”	92,5	5,0	2,5	0
Poda em “L”	100	0	0	0
Poda de levantamento	90,9	9,1	0	0
Poda lateral	100	0	0	0
Poda de limpeza	95,45	4,55	0	0

Na cidade de Maringá, a incidência de praga também não foi alarmante, sendo nula nas árvores sem interferência de poda e presente em algumas árvores podadas.

4.6.3 Poda X Praga em Belo Horizonte/MG

A Tabela 43 mostra a relação entre a poda e a presença de doenças nas 100 árvores analisadas na cidade de Belo Horizonte/MG.

Tabela 43. Relação de tipos de podas com presença de praga: **0** (árvore sem sinais de praga), **1** (árvore pouco afetada pela presença de praga, **2** (árvore mediamente afetada pela presença de praga) e **3** (árvore muito afetada pela presença de praga), das 100 árvores analisadas na cidade de Belo Horizonte/MG.

TIPOS DE PODAS	PRESENÇA DE PRAGAS (%)			
	0	1	2	3
Sem poda	66,7	33,3	0	0
Poda de levantamento	92,3	7,7	0	0
Poda lateral	100	0	0	0
Poda de limpeza	96,9	0	0	3,1
Poda de levantamento + lateral	75,0	25,0	0	0

Assim como a presença de doenças, a presença de pragas nas árvores de Belo Horizonte, ocorreu, tanto em árvores podadas, quanto em não podadas, podendo ser justificada não só pela poda mal feita mas, também, pela frequência de espécies e idade do exemplar.

4.7 Poda X Fiação

Foram elaboradas tabelas, relacionando a poda nas árvores e a presença ou não de fiação elétrica.

4.7.1 Poda X Fiação em Piracicaba/SP

A Tabela 44 mostra a relação entre a poda e a fiação nas 100 árvores analisadas na cidade de Piracicaba/SP.

Tabela 44. Porcentagem dos tipos de podas em áreas com e sem fiação, das 100 árvores analisadas na cidade de Piracicaba/SP.

TIPOS DE PODAS	COM FIO (%)	SEM FIO(%)
Sem poda	0	100
Poda em “V”	89,19	10,81
Poda de rebaixamento	100	0
Poda de levantamento	4,76	95,24
Poda lateral	66,67	33,33
Poda de limpeza	22,22	77,78
Poda de levantamento + lateral	40	60
Poda drástica	80	20
Poda de levantamento + limpeza	100	0

Nota-se, com essa tabela, que árvores sem a presença de podas só foram encontradas onde não havia fiação. Mesmo nestas condições, ou seja, sem rede elétrica, a porcentagem de poda foi grande, principalmente no que se refere a podas de levantamento e limpeza. Estes tipos de podas podem e muitas vezes devem mesmo ser feitos, independente de haver ou não presença de fiação, desde que tecnicamente adequados.

Já a poda em “V”, normalmente feita quando há a presença de fiação, também foi encontrada em árvores que não estavam sob fios (10,81%), não justificando sua execução. Este fato pode demonstrar que a atividade da poda já se tornou um hábito para quem a executa e para a população que a contempla, sendo feita mesmo sem ser necessária. Este é um fator muito importante para mostrar que seria necessário aos órgãos administrativos e setores executivos,

uma preocupação maior quando da decisão sobre a real necessidade de se podar uma árvore, revendo as técnicas atualmente utilizadas e as conseqüências de sua dimensão.

A poda drástica foi encontrada na cidade de Piracicaba representando 5% do total, fato bastante preocupante visto o prejuízo que causa ao vegetal. A Figura 12 mostra um exemplo desta poda. Ainda como fato alarmante em 20% dos casos observados, as árvores não estavam sob fiação, o que também ocorreu para a poda em “V”. Como pode ser visto no item referente aos tipos de podas nas três cidades, a poda drástica só foi vista nas árvores analisadas na cidade de Piracicaba, não sendo encontrada nem na cidade de Maringá, nem em Belo Horizonte.



Figura 12 - Poda drástica em ipê, na cidade de Piracicaba.

4.7.2 Poda X Fiação em Maringá/PR

A Tabela 45 mostra a relação entre a poda e a fiação nas 100 árvores analisadas na cidade de Maringá/PR.

Tabela 45. Porcentagem dos tipos de podas com áreas com e sem fiação das 100 árvores analisadas na cidade de Maringá/PR.

TIPOS DE PODAS	COM FIO (%)	SEM FIO(%)
Sem poda	4,17	95,83
Poda em “V”	97,5	2,5
Poda em “L”	100	0
Poda de levantamento	18,18	81,82
Poda lateral	50	50
Poda de limpeza	22,73	77,27

Embora em pequena porcentagem, torna-se altamente significativo os 4,17% de árvores sem poda sob fiação elétrica na cidade de Maringá, comparando-se com Piracicaba. Este fato é muito importante para mostrar que é mais provável viabilizar uma melhor relação entre a árvore e a rede compacta do que árvore e rede convencional, principalmente no que se diz respeito à integridade do exemplar.

Como na cidade de Piracicaba, as podas que mais apareceram em locais sem presença de fiação, em Maringá, foram as de levantamento e de limpeza, as quais, quando bem executadas, não prejudicam o vegetal, sendo até importantes para que se tenha uma boa relação da árvore com o meio urbano.

Das podas em “V”, 2,5% foram feitas em locais sem fiação, o que similarmente ao ocorrido em Piracicaba, reforça a idéia de que muitas das podas feitas em árvores urbanas são desnecessárias.

4.7.3 Poda X Fiação em Belo Horizonte/MG

A Tabela 46 mostra a relação entre a poda e a fiação nas 100 árvores analisadas na cidade de Belo Horizonte/MG.

Tabela 46. Porcentagem dos tipos de podas com áreas com e sem fiação, das 100 árvores analisadas na cidade de Belo Horizonte/MG.

TIPOS DE PODAS	COM FIO (%)	SEM FIO(%)
Sem poda	0	100
Poda de levantamento	0	100
Poda lateral	0	100
Poda de limpeza	0	100
Poda de levantamento + lateral	0	100

Na cidade de Belo Horizonte, todas as podas foram feitas em árvores que não estavam sob fiação, visto se tratar de fiação subterrânea, não havendo fiação aérea sobre o vegetal. Desta forma, os valores foram sempre de 100% de poda sem presença de fiação e 0% na presença de fiação aérea.

4.8. Discussões relevantes

Foram levantados alguns pontos considerados importantes, ao longo do trabalho, os quais podem servir de base para futuros estudos, pesquisas e até mesmo, embasar um melhor sistema de implantação e manejo, tanto na arborização urbana, como dos sistemas de distribuição de energia elétrica

4.8.1 Custo de poda x número de árvores

Pode-se confirmar mais uma vez com a execução do trabalho, que a poda em árvores urbanas é uma atividade de custo elevado. Um fato importante a ser levantado é que esse gasto com podas já é alto na real situação das cidades brasileiras, onde não se tem o número ideal de exemplares nas calçadas. Desta forma, o custo seria muito mais elevado se tivéssemos o número mais próximo do ideal de árvores nas ruas, o que reforça ainda mais a idéia de que é necessário que haja uma preocupação em reduzir a frequência de poda, buscando

alternativas tais como a mudança na fiação elétrica - reduzindo assim os custos de manutenção.

4.8.2 Preocupação ambiental e Certificação ISO 14000

Observou-se que muitas concessionárias de energia elétrica estão aumentando o interesse no uso de redes que prejudiquem menos o meio ambiente, além de desenvolver ferramentas e critérios para compatibilizá-las com a arborização urbana.

Com o crescente interesse da população em preservar o ambiente em que vive e incrementar a arborização urbana, aumentaram os problemas das distribuidoras de energia, as quais necessitam manter os índices de confiabilidade do sistema elétrico dentro dos valores estabelecidos pelo poder concedente e padrões de qualidade exigidos pelos consumidores.

Além disso, as concessionárias têm interesse em tornar-se certificadas, com o selo ISO 14000, o que faz com que aumentem sua preocupação com o meio ambiente, buscando melhorias ambientais, dentre elas a de melhor convivência entre árvores e redes elétricas.

4.8.3 Técnicas de poda

A parte prática do trabalho mostrou que em diversas situações a poda foi executada sem real necessidade, devendo ser evitada. Podas em “V” em locais sem a presença de fiação é um exemplo claro deste fato.

Ademais, as podas estão sendo executadas cada vez mais sem critérios, causando diversos problemas, principalmente quanto ao desequilíbrio do vegetal. Atualmente são diversos os casos de árvores que caem sobre carros e pessoas, principalmente em épocas de grandes temporais, chegando a causar acidentes graves e fatais. Sem dúvida, se o vegetal não tivesse sido podado de forma incorreta, não estaria desequilibrado e as chances de queda seriam mínimas. Um exemplo de poda (poda lateral) que causa desequilíbrio à planta pode ser visto na Figura 13.

Desta forma, percebe-se a grande importância de existir um treinamento qualificado para os funcionários que executam a poda, assim como a coordenação por um profissional capaz de discernir quando realmente a poda se faz necessária, e que deve ser, de fato, autuado, quando de técnicas impróprias.



Figura 13- Poda lateral na cidade de Piracicaba: desequilíbrio ao vegetal.

4.8.4 Educação ambiental

Comparando as cidades de Piracicaba e Maringá, em relação ao levantamento prático, pode-se afirmar que, na primeira, foi alto o número de moradores que pediam pelo corte e poda da árvore em frente a sua casa, ao passo que na segunda cidade, a maioria apenas aproximava-se com o interesse de saber o que estava sendo feito.

Nota-se, desta forma, que na cidade de Maringá, reconhecida como sendo uma das cidades mais bem arborizadas do país, onde o poder público se preocupa com o verde e com o bem estar da população, a maioria das pessoas zela pelo vegetal em meio urbano, tem consciência dos benefícios proporcionados por estes e exigem que sejam bem cuidados. Já em Piracicaba, onde podar, erradicar ou substituir árvores de grande porte por arbustos e/ou arvoretas, vêm se tornando práticas rotineiras nos últimos anos, é clara a resposta da sociedade

civil, pedindo por cortes, podas e substituição de espécies. Reforçando tal observação, nas palavras de Monico (2001), “(...) como esperar da população sentimentos de reverência, respeito, tolerância e afeto por seres que são lançados como “postes” pela cidade, arrancados e trocados como elementos supérfluos, podados e negligenciados como seres inconvenientes e destituídos de vida? (...)”.

Percebe-se assim, a clara necessidade de instituir-se programas de educação ambiental como ferramenta de conscientização e aprendizado, para que as árvores no meio urbano tenham suas funções conhecidas, sejam respeitadas, protegidas, podendo desempenhar claramente suas funções.

4.8.5 Legislação x fiscalização e cumprimento

Baseado no Artigo 26 do Código Florestal:

“ Constituem contravenções penais puníveis com três meses a um ano de prisão simples ou multa de uma a cem vezes o salário-mínimo mensal do lugar e da data da infração ou ambas as penas cumulativamente: [...]

n) matar, lesar ou maltratar por qualquer modo ou meio, plantas de ornamentação de logradouros públicos ou em propriedade privada alheia ou árvore imune ao corte” (Moraes, 2002).

Nota-se que existe a legislação que pune os maltratos com as árvores de ruas mas esta, na maioria das vezes, não é cumprida por falta de fiscalização. De diversas formas pode-se perceber os maltratos em árvores urbanas, os quais parecem ignorados pelo poder público. Um exemplo disso é a prática de anelamento que visa matar o espécime arbóreo, impedindo a passagem de seiva, como ilustra a Figura 14. Prática de difícil punição, já que exige flagrante, o anelamento, com certeza, ocorre em proporções ínfimas, se comparado às podas, diariamente observadas e de fácil denúncia.

Desta forma, torna-se necessário haver uma fiscalização constante para que a legislação já existente seja, de fato, cumprida.



Figura 14 - Árvore com anelamento, cidade de Piracicaba/SP.

4.8.6 Porte das árvores x benefícios

Cabe ressaltar que, contrariamente às árvores de pequeno porte, as espécies de grande porte trazem benefícios realmente significativos para o meio urbano. (Dentre tais benefícios, destaca-se a sombra proporcionada.) Portanto, levantar outras alternativas, que não a poda e a utilização de árvores pequenas, para se ter uma boa convivência entre rede e arborização viária, é de suma importância.

4.8.7 Cidadania

É muito importante ressaltar que a sociedade civil deve ter acesso à informações e dados tais quais os contidos neste trabalho, para que possa tomar consciência de seus direitos como cidadão, conhecer o destino de parte de sua renda (visto que os impostos pagos são usados, por exemplo, para cobrir atividades de podas de árvores, por vezes, desnecessárias), para que desta

forma, tenha capacidade de discernir e formar opinião sobre procedimentos tomados diariamente pelo poder público no tocante à arborização de sua cidade, exercendo, assim, seu papel de cidadão.

5 CONCLUSÕES

- 1.** O custo de implantação de rede aérea convencional foi de R\$67.571,43/km para a CPFL/SP, de R\$11.703,83/km a R\$20.028,83/km (rede primária) para a COPEL/PR, variando de acordo com a bitola utilizada, e de R\$54.188,39/km para a CEMIG/MG;
- 2.** O custo de implantação de rede aérea compacta variou de R\$36.519,61/km a R\$50.519,61/km para a COPEL/PR e foi de R\$62.215,99/km para a CEMIG/MG;
- 3.** O custo de implantação da rede de distribuição subterrânea foi de R\$436.585,04/Km para a LIGHT/RJ, incluindo as obras civis;
- 4.** Do total do custo de implantação de rede subterrânea (R\$436.585,04/km), R\$342.973,96/km referem-se à obras civis, o que representa 78,5% do custo total da rede. Excluindo o valor destas obras, o custo da rede cairia para R\$93.611,08/km, totalmente acessível quando comparado a um custo de R\$67.571,43/km de uma rede convencional.
- 5.** O custo de transformação da rede de distribuição aérea convencional para a compacta variou, para a COPEL/PR, de R\$31.063,64/km à R\$42.951,79/km, de acordo com a bitola utilizada e, para a CPFL/SP foi de R\$35.000,00/km;

6. Para a CEMIG/MG, o valor de manutenção preventiva para a rede de distribuição aérea convencional foi de R\$131,20/km e para a rede compacta foi de R\$20,75/km;

7. A parcela da manutenção preventiva referente a poda, para a CEMIG/MG, foi de R\$68,82/km para rede convencional e R\$14,12/km para rede compacta. Assim, a redução no custo de poda de uma árvore sob rede convencional comparada à rede compacta foi da ordem de 5 vezes, ou seja, de 79,5%.

8. Para a CPFL, independente do sistema de distribuição de energia elétrica, o custo referente à poda em rede primária foi de R\$20,00/árvore e na rede secundária, de R\$ 6,00/árvore;

9. Para a MEDRAL/RJ, empresa terceirizada pela LIGHT, a poda por árvore, independente do sistema de distribuição de energia elétrica, foi de R\$32,02/árvore;

10. Para a MEDRAL/RJ, considerando um circuito ou alimentador, o percentual de redução de poda quando ocorre a transformação de uma rede convencional para uma rede compacta foi da ordem de 30%; da isolada é de 50% e da rede subterrânea é de 90%;

11. Para a CEMIG/MG, o lucro cessante, ou seja, a perda no faturamento durante desligamento de rede, foi de R\$1,14/poste para a rede convencional e de R\$0,07/poste para a compacta;

12. Para a CEMIG/MG, o custo social, ou seja, prejuízo causado por interrupção de energia elétrica, foi de R\$45,31/poste para a rede convencional e de R\$2,94/poste para a compacta;

13. Para a CEMIG/MG, o custo global, ou seja, a soma dos custos de investimento inicial, manutenção preventiva, manutenção corretiva, lucro cessante e custo social, em um horizonte de 25 anos, foi de R\$3.590,98/poste, para a rede convencional e de R\$2.325,15/poste, para a rede compacta;

14. Na cidade de Piracicaba, encontrou-se 37% de árvores com poda em “V”, 21% com poda de levantamento, 18% com poda de limpeza, 6% com poda lateral, 6% com podas conjuntas de levantamento + limpeza, 5% com associação de levantamento + lateral, 5% com poda drástica e 1% com poda de rebaixamento;

15. Na cidade de Maringá, encontrou-se 38,8% de árvores com poda em “V”, 21,4% com poda de limpeza, 10,7% com poda de levantamento, 1,9% com lateral e 1% com poda em “L”;

16. Na cidade de Belo Horizonte, encontrou-se 39,60% de árvores com poda de levantamento, 31,68% com poda de limpeza, 18,81% com poda lateral e 3,96% com a associação de poda de levantamento + lateral;

17. Na cidade de Piracicaba, 1% das árvores não estavam podadas; já na cidade de Maringá, 24% das plantas não apresentavam podas e na cidade de Belo Horizonte, 5,94%;

18. Apenas na cidade de Piracicaba, encontrou-se árvores com podas do tipo drástica e de rebaixamento;

19. Apenas na cidade de Maringá, encontrou-se árvores com poda em “L”;

20. Sob rede convencional, na cidade de Piracicaba, não havia nenhuma árvore sem poda. Já sob rede compacta, na cidade de Maringá, encontrou-se 4,17% de árvores não podadas, sob fiação;

21. Devido à satisfatória classificação quanto ao aspecto geral das árvores, maior porcentagem de árvores sem presença de poda, existência de 4,17% de indivíduos sem poda sob fiação, menor área podada por árvore, praticamente o mesmo valor de custo de implantação e 79,5% de redução nos custos de manutenção, quando comparada à rede convencional, pode-se afirmar, que é totalmente viável a utilização de redes compactas de distribuição de energia elétrica.

22. Devido à satisfatória classificação quanto ao aspecto geral das árvores, razoável porcentagem de árvores sem presença de poda, ausência de necessidade de podas drásticas, 1/3 de redução nos custos de manutenção e altíssima confiabilidade do sistema, pode-se afirmar que, embora com um alto investimento inicial, da ordem de 10 vezes maior em relação a rede convencional, o uso de redes subterrâneas é vantajoso, principalmente porque seu custo de implantação tende a diminuir, visto que, novas tecnologias e alternativas já estão sendo estudadas e utilizadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, J. M. de; MARTINS, M.; MENDES, P. R. R. et al. **Rede Subterrânea Residencial – RSR**. Belo Horizonte: CEMIG, 2000. 11p. (Relatório DC/BS - 001/00)

BALENSIEFER, M. **Poda em arborização urbana**. Curitiba: Instituto de Terras, Cartografia e Florestas, 1987. 27p.

BARCELOS, P. R. A. A poda na arborização urbana. In: SEMINÁRIO DE ARBORIZAÇÃO URBANA, 1., Rio de Janeiro, 1997. **Coleção paisagismo**. Rio de Janeiro: EBA UFRJ, 1997. p 125-132.

BERNIS, R. A. O. Novas tecnobgias para as redes de distribuição da CEMIG. **Ação Ambiental**, n. 9, p. 20-23, 2000.

BIANCHI, C. G. Caracterização e análises das áreas verdes urbanas de Jaboticabal-SP. Jaboticabal, 1989. 56p. Monografia (Graduação) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

BIONDI, D. Diagnóstico da arborização de ruas da cidade do Recife. Curitiba, 1985. 167p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná.

- BIONDI, D. Critérios para a introdução de espécies na arborização urbana. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARBORIZAÇÃO URBANA, 3., Salvador, 1996. **Anais**. Salvador: 1996. p.97-102.
- BOCCUZZI, C. V.; BRUNHEROTO, P. A.; MARTINS, M. J. et al. Implantação de redes subterrâneas em condomínios residencial. **Eletricidade Moderna**, v. 25, n.275, p 90– 100, fev. 1997.
- BRICKELL, C. **A poda**. Mens Martins: Europa-América, 1979. 228p.
- BRITO, M. **O papel das hormonas na resposta fisiológica da planta à poda** URL://www.esapl.pt/web/fisiologia., (14 out. 2002).
- BROWNING, D. M. The economic impacts of deferring electric utility tree maintenance. **Arborist News**, p.17-19, Apr. 1997.
- CASTRO, N. S. de. Importância da arborização no desempenho técnico da gerência de coordenação regional de Porto Alegre. Porto Alegre, 2000. 96p. Monografia (Especialização) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- CASTRO, N. S. de. Os macacos e a arborização urbana. **Boletim Informativo – SBAU**, v.10, n.1, p. 6-7, jan/mar.2002.
- CENCIC, A. Estudo da paisagem cultural – O campus da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 1996. 356p. Dissertação (M.S.) – Universidade Federal de Minas Gerais.
- COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. **Viabilidade Econômica de redes de distribuição Protegidas**. Belo Horizonte, 1998. 27p. (Relatório de Estudo de Distribuição, ED-3.40).

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. **Manual de arborização**. Belo Horizonte: Superintendência de Comunicação Social e Representação, 2001. 40p.

COMITÊ DE DISTRIBUIÇÃO. **Coexistência dos sistemas elétricos de distribuição e arborização**. Rio de Janeiro, 1990. 64p. (Relatório SCOM. 37.02)

COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA. **Implantação de redes compactas no sistema de distribuição urbana de eletricidade**. Paraná, 1995. 6p. (Programa SOS – Árvore).

DEMATTÊ, M. E. S. P. **Princípios de paisagismo**. Jaboticabal: Funep, 1997. 104p.

DETZEL, V. A. Avaliação Monetária de árvores urbanas. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 3., Curitiba, 1990. **Anais**. Curitiba: FUPEF, 1990. p. 140-152

DETZEL, V. A. Arborização Urbana: importância e avaliação econômica. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 1.; ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 4., Vitória, 1992. **Anais**. Vitória: Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, 1992. p.39-52.

DETZEL, V. A. Avaliação Monetária e de Conscientização Pública sobre Arborização Urbana: Aplicação metodológica à situação de Maringá – PR. Curitiba, 1993. 84p. Dissertação (M.S.) – Universidade Federal do Paraná.

ELETROPAULO. **Guia de planejamento e manejo da arborização urbana**. São Paulo: Eletropaulo; CESP; CPFL, 1995. 38p.

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

GREY, G. W. ; DENEKE, F. J. **Urban forestry**. New York: John Wiley, 1978. 279p.

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

HOEHNE, F. C. **Arborização urbana**. São Paulo: Secretaria da Agricultura, Indústria e Comércio, 1944. 215p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Enciclopédia dos municípios brasileiros**. Rio de Janeiro, 1957. v.29, p. 297-304: Piracicaba.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **IPC-geral-RMSP: índice/jun1994=100**. <http://www.ipeadata.gov.br> (05 maio 2003).

JIM, C. Y. Urban trees in Hong - Kong- benefits and constraints. **Journal of Arboriculture**, v.11, p145-164, 1987.

LANGOWSKI, E. ; KLECHOWICZ, N. A. **Manual prático de poda e arborização urbana**. 3.ed. Cianorte: APROMAC, 2001. 42p.

- LIMA, A. M. L. Piracicaba, SP: Análise da arborização viária na área central e seu entorno. Piracicaba, 1993. 238p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- LOMBARDO, M. A. Vegetação e clima. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 3., Curitiba, 1990. **Anais**. Curitiba: FUPEF, 1990. p.1-13.
- MAGALHÃES, I. M. de; NAKAZATO, A. S; RODRIGUES, F. M. et al. Coexistência dos sistemas elétricos de distribuição e arborização. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 3., Curitiba, 1990. **Anais**. Curitiba: FUPEF, 1990. p.228-235.
- MELLO FILHO, L. E. Arborização urbana. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 1., Porto Alegre, 1985. **Anais**. Porto Alegre: Secretaria Municipal do Meio Ambiente, 1985. p.117-127.
- MILANO, M. S. Avaliação e análise da arborização de ruas de Curitiba – PR. Curitiba, 1984. 130p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná.
- MILANO, M. S. Avaliação quali-quantitativa e manejo da arborização urbana: exemplo de Maringá – PR. Curitiba, 1988. 120p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná.
- MILANO, M. S.; DALCIN, E. **Arborização de vias públicas**. Rio de Janeiro: Light, 2000. 226p.

- MONICO, I. M. Árvores e arborização urbana na cidade de Piracicaba/SP: um olhar sobre a questão à luz da educação ambiental. Piracicaba, 2001. 165p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- MORAES, L. C. S. de. **Código florestal comentado**: com as alterações da Lei de Crimes Ambientais – Lei nº 9.605/98. 3.ed. São Paulo: Atlas, 2002. 324p.
- OMETTO, J. C. **Registros e estimativas de parâmetros meteorológicos da região de Piracicaba, SP**. Piracicaba: FEALQ, 1991. 76p.
- PALERMO JR., A. Planejamento da arborização urbana visando a eletrificação e as redes de distribuição. In: ENCONTRO NACIONAL DE ARBORIZAÇÃO URBANA, 2., Maringá, 1987. **Anais**. Maringá: Prefeitura do Município de Maringá, 1987. p. 68-71
- PEDROSA, J. B. **Arborização de cidades e rodovias**. Belo Horizonte: IEF, 1983. 64p.
- PIRACICABA. <http://www.piracicaba.sp.org.br>. (08 out. 2002).
- PIRELLI. Fios e postes, desapareçam!. **Revista Pirelli Club**, n.12, set. 2000.
- PIRELLI. Na vanguarda da distribuição de energia. **Revista Pirelli Club**, n.13, p.1-8, fev. 2001a.
- PIRELLI. Corcheça o cabo que não tem medo de impacto. **Revista Pirelli Club**, n.14, p.8-12, maio/jun. 2001b.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. **Uma lição de história.**
URL://www.pbh.gov.br., (08 out. 2002).

PREFEITURA MUNICIPAL DE MARINGÁ. **A opção pelo melhor.** Maringá, PMM,
1990. 22p.

SANCHOTENE, M. C. C. **Frutíferas nativas úteis à fauna na arborização urbana.** Porto Alegre: Sagra, 1989. 306p.

SANTOS, E. dos. Avaliação quali-quantitativa da arborização e comparação econômica entre a poda e a substituição da rede de distribuição de energia elétrica da região administrativa Centro – Sul de Belo Horizonte – MG. Viçosa, 2000. 219p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa.

SARDETO, E. Avaliação Técnica, Econômica e de impacto ambiental da implantação das redes compactas protegidas em Maringá. Curitiba, 1999. 71p. Monografia (Especialização) – Universidade Federal do Paraná.

SEITZ, R. A. Considerações sobre a poda de árvores na arborização urbana. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 3., Curitiba, 1990. **Anais.** Curitiba: FUPEF, 1990. p.87-100.

SEITZ, R. A. A poda na arborização de ruas. In: CURSO SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, Curitiba, 1995. Curitiba: Universidade Livre do Meio Ambiente, 1995. 1v.

SEITZ, R. A. **A poda em árvores urbanas.** Curitiba: Fupef, 1996. 39p. (Série Técnica, 19).

SILVA FILHO, D. F. Cadastramento informatizado, sistematização e análise da arborização das vias públicas da área urbana do Município de Jaboticabal, SP. Jaboticabal, 2002. 81p. Dissertação (M.S) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias do Campus de Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista.

SOARES, M. P. **Verdes urbanos e rurais: orientação para arborização de cidades e sítios campestres**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 1998. 242p.

SOUZA, J. S. I de. **Poda das plantas frutíferas**. 7 ed., São Paulo: Nobel, 1977. 224p.

SPIRN, A. W. **O Jardim de granito**. Trad. de Paulo Renato Mesquita Pellegrino. São Paulo: EDUSP, 1995. 345p.