

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

Gestão de resíduos da arborização urbana

Ana Maria de Meira

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em Ciências. Área de Concentração: Recursos Florestais, com opção em Tecnologia de Produtos Florestais

**Piracicaba
2010**

Ana Maria de Meira
Engenheiro Florestal

Gestão de resíduos da arborização urbana

Orientador:
Prof. Dr. **IVALDO PONTES JANKOWSKY**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em Ciências.
Área de Concentração: Recursos Florestais, com opção em
Tecnologia de Produtos Florestais

**Piracicaba
2010**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Meira, Ana Maria de
Gestão de resíduos da arborização urbana / Ana Maria de Meira. - - Piracicaba, 2010.
178 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2010.

1. Arborização 2. Poda 3. Resíduos - Aproveitamento - Gerenciamento 4. Tecnologia c
madeira 5. Via pública I. Título

CDD 715.2
M514g

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

AGRADECIMENTOS

À professora Adriana Maria Nolasco pela orientação, credibilidade, por ter estimulado, idealizado e construído conjuntamente este trabalho e seus desdobramentos. Pela essencial participação e contribuição na minha formação.

Ao professor João Luis Ferreira Batista pela co-orientação, apoio ilimitado, pelo interesse e cuidado desde a definição da metodologia para quantificação às análises finais deste trabalho.

Ao professor Demóstenes Ferreira da Silva Filho pelo apoio e pelas importantes sugestões.

Ao professor Miguel Cooper pelas dicas no processo de compostagem, pelo companheirismo nas ações ambientais desenvolvidas conjuntamente no campus e por tudo o que aprendo com ele.

Ao professor Ivaldo Pontes Jankowsky pelo apoio fundamental para viabilização do projeto.

A todos os trabalhadores que atuam na poda no município de Piracicaba que foram muito acolhedores e solícitos na realização deste trabalho: os auxiliares de serviço Adilson Donizete Oliveira; Antonio Donizeti Prudente; Eduardo Martins Ribeiro; Fábio Alexandre da Silva; Getúlio Pereira da Silva; Ivan Alves da Silva; João Adriano Vitor; Jurandir Elias; Marcos Paulo de Moura; Messias Alves da Silva; Orlando Carlos Dias; Oscar Paulo da Silva; Pascoal Santos de Matos; Pedro Henrique R. Neves. Aos motoristas Domingos Moura Filho; João Alfredo R. Mendes; João Batista Tolotti; Luiz Eduardo Arruda Prado; Luis Wladimir A. Regonha (em especial pela paciência e solicitude nas pesagens da poda); Manoel José Batista da Cruz e aos engenheiros agrônomos que coordenam essa equipe Ruben Collares C. Barreto e, em especial, ao Marcel Fernando Ambrosano que muito colaborou para a coleta de dados e para que esse trabalho se tornasse possível.

À Equipav Ltda e a BIOLAND pelo apoio na coleta de dados, pesagens e quantificações dos resíduos da arborização.

À Prefeitura Municipal de Piracicaba, por meio dos técnicos da SEDEMA, pelo apoio nos trabalhos.

Ao Mateus Matarazzo Regno por todo o auxílio e firmeza na coleta de dados de campo.
À Juliana Arthuso e Renata Gatti e Lis Rodrigues Uliana pela dedicação nos trabalhos de caracterização física do material e desenvolvimento de produtos.

Ao Udmilson Luis Ceribelli técnico do Laboratório de Química, Energia e Celulose do LCF, pela participação no projeto, apoiando os ensaios de caracterização dos resíduos.

Ao Prof. Dr. José Otávio Brito, por disponibilizar a infra-estrutura necessária para execução dos ensaios de carbonização.

Aos colegas da Seção de Marcenaria e Carpintaria da ESALQ/USP, em especial ao Giuliano de Pádua e Silva pelo apoio ao projeto, na execução de protótipos dos pequenos objetos de madeira.

Às companheiras de trabalho Lis Rodrigues Uliana e Patrícia Silva de Azevedo.

À toda equipe e amigos do USP Recicla: Daniela Cássia Sudan, Elizabeth Teixeira Lima, Patrícia Silva Leme, Paulo Diaz, Prof. Osvaldo Massambani por ter permitido e apoiado o doutorado. Ao USP Recicla de Piracicaba, que tenho muito prazer em atuar junto e que tem sido uma das minhas principais motivações e desafios. Em especial a Kelly Schmidt por ter compreendido os momentos de ausência, pelo apoio incondicional, pela sua força e por acreditar tanto em mim.

À Liana Nakahodo, Carolina Sturion, Elvis França, meus irmãos de coração pelo apoio e amizade na construção deste trabalho e na minha construção diária.

Aos meus pais Angela e Geraldo, aos meus irmãos Adriana, Geraldo, Giliarde, Júlio César e aos meus sobrinhos por todo amor e carinho.

Ao Paulo meu amor e companheiro de todas as horas.

E a Deus pela imensidão de seu amor e por sua força que nos renova a cada dia.

"Existem apenas duas maneiras de ver a vida. Uma é pensar que não existem milagres e a outra é que tudo é um milagre."

(Albert Einstein)

***Simplesmente não posso
pensar pelos outros
nem para os outros
nem sem os outros***

(Paulo Freire)

SUMÁRIO

RESUMO.....	9
ABSTRACT	11
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	13
LISTA DE TABELAS	15
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	17
1 INTRODUÇÃO	18
1.1 Objetivo geral.....	21
1.2 Hipóteses.....	22
1.3 Motivações para a realização do estudo	22
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	25
2.1 As práticas de poda e remoção da arborização urbana	25
2.2 Conceitos.....	28
2.3 Modelos de gestão de resíduos	36
2.4 Legislação e classificação dos resíduos da poda e remoção de árvores	40
2.5 Quantificação dos resíduos de poda.....	43
2.6 Aplicações dos resíduos de poda	44
2.7 Características físicas da madeira para definição de potenciais usos.....	53
2.8 Instrumentos para a Gestão ambiental urbana	56
3 MATERIAL E MÉTODOS	61
3.1 Local de estudo	61
3.2 Caracterização do sistema de poda e remoção da arborização urbana e de sua gestão	62
3.3 Quantificação dos resíduos de poda e remoção	64
3.5 Desenvolvimento de métodos de quantificação de resíduos da arborização e ajuste de equações empíricas para estimativa de volume de resíduos	72
3.6 Fatores geradores dos resíduos	74
3.7 Frequência de geração de resíduos de poda e remoção	74
3.8 Avaliação do potencial de aproveitamento dos resíduos da arborização na produção de carvão, composto orgânico e produtos sólidos de madeira.....	74
3.9 Elaboração de sistema de gestão integrada de resíduos de poda e remoção.....	84
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	87
4.1 Caracterização do serviço de poda e remoção no município de Piracicaba (SP).....	87
4.2 Caracterização do sistema de gestão dos resíduos da arborização em Piracicaba – SP...96	96

4.3 Caracterização dos resíduos da poda e remoção da arborização urbana	98
4.4 Quantificação dos resíduos da arborização urbana no município de Piracicaba – SP.....	102
4.5 Modelos empíricos para estimativa da geração de resíduos.....	112
4.6 Avaliação do potencial de aproveitamento dos resíduos da arborização na produção de produtos sólidos, madeira de carvão e composto orgânico.....	116
4.7 Produção de Pequenos Objetos de Madeira	120
4.8 Carbonização dos resíduos da arborização urbana	122
4.9 A compostagem de resíduos da arborização urbana	128
4.10 Resumo sobre usos potenciais das espécies estudadas	130
4.11 Considerações para elaboração e implementação de planos de gerenciamento de resíduos da arborização urbana	132
4.12 Indicadores e sistemas de gestão	145
5 CONCLUSÕES.....	148
ANEXOS.....	164

RESUMO

Gestão de resíduos da arborização urbana

A falta de modelos eficientes para a gestão dos resíduos da arborização urbana tem contribuído para agravar os problemas ambientais, sociais e econômicos resultantes da disposição inadequada desses materiais. Por suas características, esses materiais apresentam potencial para serem aproveitados em pequenos objetos de madeira (POM), composto orgânico, lenha, carvão vegetal, entre outros. Este estudo teve por objetivo quantificar, caracterizar e elaborar um modelo de gestão para os resíduos da arborização urbana, utilizando como estudo de caso a cidade de Piracicaba - SP. Para quantificação realizou-se o acompanhamento da poda de 10 espécies de maior frequência na arborização: espiroleira (*Nerium oleander* L.); ficus-benjamim (*Ficus benjamina* L.); ipê (*Tabebuia* sp.); canelinha (*Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez); oiti (*Licania tomentosa* Benth.); chapéu de sol (*Terminalia catappa* L.); quaresmeira (*Tibouchina granulosa* Cogn.); resedá (*Lagerstroemia indica*); falso-chorão (*Schinus molle* L.); sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides*), com medições de CAP, área de copa, altura, intensidade de poda, motivo da poda e foram pesados os resíduos conforme a classe diamétrica (0 a 8 cm; 8,1 a 15 cm; 15,1 a 25 cm e acima de 25 cm). Foram testados modelos empíricos para predição de biomassa de resíduos - *Spurr*, *Log Spurr* e *Schumacher-Hall*. As características básicas dos resíduos foram determinadas de acordo com as normas: ABNT NBR 14660:2004 (teor de umidade), ABNT NBR 11941:2003 (densidade básica) e ABNT NBR 14984:2003 (densidade aparente) e sistema CIELAB 1976 (cor). Para desenvolvimento de POM utilizou-se métodos básicos de design: análise de requisitos e similares; elaboração de croquis e projetos; execução de protótipos. Foram realizados ensaios de carbonização e análise imediata do carvão (ABNT NBR 8112:1986). A compostagem foi realizada de acordo com Pereira Neto (1996) e análises da composição química e da qualidade do composto. A elaboração do modelo de gestão foi baseada em princípios de produção mais limpa e de gestão integrada. Os resultados demonstram que a cidade gera cerca de 180 toneladas de resíduos da arborização urbana por mês, sendo 69% composto por ramos e galhos finos de até 8 cm de diâmetro. O modelo que apresentou melhor ajuste para estimativa de resíduos foi o de *Log Spurr* e *Schumacher-Hall*. A diversidade de desenhos e cores, com predominância das amareladas; a disponibilidade de espécies com alta, média e baixa densidade, permitem o aproveitamento em POM. Ipê, canelinha, chapéu-de-sol e sibipiruna são mais apropriadas para a produção de carvão, por apresentarem um teor de cinzas menor que 5%, carbono fixo 70-80%, material volátil 25-35% e umidade inferior a 5%. Quanto a compostagem, os resíduos apresentam elevada relação C/N(41/1) e recomenda-se o uso fontes ricas em nitrogênio acelerar o processo de compostagem. Com relação ao modelo de gestão para os resíduos de poda considera-se que um plano adequado deve prever soluções nas três linhas de ação: redução da geração, valorização e disposição, organizadas na forma de programas com uma ou mais atividades integradas. É premente a necessidade da criação de políticas ambientais que norteiem o sistema de arborização e gerenciamento dos resíduos, que podem estar interligados ao conceito de floresta urbana de produção.

Palavras-chave: Arborização urbana; Gestão de resíduos; Aproveitamento de resíduos

ABSTRACT

Management of residues of the urban arborization

The lack of efficient models for the waste management of urban arborization has contributed to aggravate the environmental, social and economic problems generated by the inadequate disposal of these materials. Because of its characteristics these materials present a great potential to make the most of in furnishing, handcraft products, composting, firewood, vegetal coal among other uses. This study aimed at diagnosing these residues and at elaborating a management model, using as a case study the city of Piracicaba/SP. For the quantification of the different types of residues the research was conducted and consisted in the accompaniment of the pruning of 10 species of higher frequency in the arborization: espiroleira (*Nerium oleander L.*); ficus-benjamim (*Ficus benjamina L.*); ipê (*Tabebuia sp.*); canelinha (*Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez); oiti (*Licania tomentosa Benth.*); chapéu de sol (*Terminalia catappa L.*); quaresmeira (*Tibouchina granulosa Cogn.*); resedá (*Lagerstroemia indica*); falso-chorão (*Schinus molle L.*); sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides*), with measurements of the circumference at breast height (CBH), treetop area, height, intensity of pruning, reason of the pruning and besides that the wastes were weighted according to the diameter class (0 to 8 cm; 8,1 to 15 cm; 15,1 to 25 cm and above 25 cm). Empirical models for biomass prediction used had also been tested such as Spurr, Log Spurr and Schumacher-Hall. The basic characteristics of the residues had been determined according to the norms: ABNT NBR 14660:2004 (humidity grade), ABNT NBR 11941:2003 (basic density) and ABNT 14984:2003 (apparent density) and system CIELAB 1976 (color). For the development of small wooden objects basic methods of design had been used: analysis of requirements and similars; elaboration of croquis and projects; prototyping execution. Assays of carbonization and immediate analysis of the coal (ABNT NBR 8112:1986) have been conducted. Composting was carried through in accordance with methods recommended by Pereira Neto (1996) and the chemical composition and organic compost quality were analysed. The elaboration of the management model was based on principles of cleaner production and solid waste integrated management. The results show that the city of Piracicaba generates around 180 tons of residues of the arborization per month, where 69% composed by branches and twigs up to 8 cm of diameter. The model that presented the best adjustment for the generation estimate was the Spurr and Schumacher-Hall's. The diversity of designs and colors, with predominance of yellowish tones; the availability of species with high, medium and low density, allow the exploitation in small wooden objects. Ipê, canelinha, chapéu de sol and sibipiruna are more appropriate for the production of coal, by presenting a grade of ashes smaller than 5%, 70-80% of fixed carbon, 25-35% of volatile material and humidity smaller than 5%. Concerning the composting, the residues of the arborization present a high relation C/N (41/1) and it's recommended the use of residues of other sources of nitrogen to speed up the composting process. As regards the model of management it is considered that an adequate plan must foresee solutions in three lines of action: reduction of the generation, valuation and disposal, organized in programs with one or more integrated activities. There's urgency in the creation of

environmental policies to guide the arborization system and waste management, which could be linked to the concept of urban forest of production.

Keyword: Urban arborization; Waste management ; Valuation of residues

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Componentes das árvores (NOLASCO, 2000)	31
Figura 2 - Resíduos da arborização urbana sendo depositados em aterro sanitário privado (a). Aterramento dos resíduos de poda (b).....	32
Figura 3 - Localização do município de Piracicaba – SP. (IPPLAP, 2008).....	61
Figura 4 - Espécies mais frequentes no município de Piracicaba. Dados de inventário da arborização urbana. Fonte: Silva Filho (2009).....	65
Figura 5 - Pesagem da carga dos resíduos da arborização urbana triturados	69
Figura 6 - Balanças retráteis do tipo gancho (a), trena (b) e corrente adaptada (c) utilizadas para a quantificação dos resíduos de poda.	70
Figura 7 - Processo de trituração da poda e remoção da arborização urbana (a) e poda triturada (b) ..	81
Figura 8 - Formação das leiras para o processo compostagem	82
Figura 9 - Controle de temperatura da leira de compostagem, com uso de termômetro digital portátil	83
Figura 10 - Peneira separando o material compostado por granulometria.....	83
Figura 11 - Fluxograma para a elaboração de planos de gestão de resíduos. Fonte: Nolasco (2005)	84
Figura 12 - Processo de remoção de árvore da arborização (a). Raizeiro a espera da destoca (b) ...	94
Figura 13 - Local de depósito de poda e remoção de Piracicaba até início de 2009.....	97
Figura 14 - Principais motivos de solicitação de poda no município de Piracicaba – SP.....	100
Figura 15 - Intensidade de poda praticada na arborização urbana de Piracicaba.....	101
Figura 16 - Dispersão da geração mensal de resíduos de poda pela Prefeitura de Piracicaba - SP .	103
Figura 17 - Volume de resíduo de poda e remoção da arborização urbana, em função da espécie..	104
Figura 18 - Idade mediana das espécies de maior freqüência na arborização urbana no município de Piracicaba - SP	107
Figura 19 – Altura mediana das espécies de maior freqüência na arborização urbana no município de Piracicaba - SP	108
Figura 20 – DAP mediana das espécies de maior freqüência na arborização urbana no município de Piracicaba - SP	108
Figura 21 – Área mediana da copa das espécies de maior freqüência na arborização no município de Piracicaba - SP	109
Figura 22 – Altura mediana da primeira bifurcação das espécies de maior freqüência na arborização urbana no município de Piracicaba - SP	109
Figura 23 - Largura mediana das calçadas para o plantio das espécies de maior freqüência na arborização urbana no município de Piracicaba - SP	110
Figura 24 – Área do canteiro utilizada em Piracicaba para as espécies da arborização urbana	111
Figura 25 - Gráfico de dispersão dos resíduos das espécies, para análise exploratória dos dados ..	112
Figura 26 - Correlação da biomassa de resíduos, DAP e altura por espécie	113

Figura 27 - Protótipos de brinquedos elaborados a partir de resíduos de poda e remoção (a) ábaco; (b) trem; (c) jogo velha; (d) jogo de damas; (e) jogo da memória	122
Figura 28 - Porcentagem de resíduos de poda por classe diamétrica	123
Figura 29 – Correlações entre os parâmetros de qualidade do carvão vegetal	127
Figura 30 - Relação entre política, objetivo, meta e indicadores de acompanhamento.....	138
Figura 31 - Fluxograma da gestão de resíduos esperada para o município de Piracicaba	139
Figura 32 - Fluxograma de ações para a gestão de resíduos de poda e remoção.....	140
Figura 33 - Fluxograma para a valorização dos resíduos da arborização urbana	144
Figura 34 - Ciclo PDCA e aprendizagem contínua em todas as fases dos programas/projetos,	146

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Volume mensal dos materiais depositados no Aterro Morro do Céu, – Niterói/RJ.....	33
Tabela 2 - Características do briquete e lenha.....	47
Tabela 3 - Indicação dos entrevistados, funções e local de atuação	63
Tabela 4 - Resumo sobre as características e usos comuns das espécies amostradas	65
Tabela 5 - Ensaios laboratoriais para avaliação do potencial de aproveitamento dos resíduos da arborização urbana para diferentes fins.....	75
Tabela 6 - Descrição das formas de solicitações para a realização da poda e remoção no município de Piracicaba (SP)	87
Tabela 7 - Salários dos funcionários diretamente envolvidos no serviço de poda e remoção	89
Tabela 8 - Definição das atividades da empresa contratada, critério para execução dos serviços e formas de solicitação, segundo o edital de contratação do serviço.....	91
Tabela 9 - Custo das operações de poda e remoção de árvores no município de Piracicaba – SP	94
Tabela 10 - Gastos anuais com limpeza urbana no município de Piracicaba	95
Tabela 11 - Descrição dos principais fatores geradores de resíduos da arborização urbana.....	98
Tabela 12 - Volume total de resíduo da arborização urbana gerados no município de Piracicaba	102
Tabela 13 - Porcentagem de resíduos de poda por classe diamétrica e por espécie.....	105
Tabela 14 - Volume total de resíduo em 30 árvores amostradas por espécie e volume médio de resíduo para cada espécie	106
Tabela 15 - Comparação do modelo para a biomassa total de resíduos da arborização urbana	114
Tabela 16 - Comparação do modelo com e sem interação para os resíduos das espécies da arborização urbana	114
Tabela 17 - Comparação do modelo com e sem interação para a intensidade de poda	115
Tabela 18 - Comparação do modelo com e sem interação para as espécies e para a intensidade de poda.....	115
Tabela 19 - Densidade Básica, Aparente e Umidade dos galhos das espécies mais frequentes na arborização urbana em Piracicaba - SP.....	118
Tabela 20 - Parâmetros colorimétricos da madeira natural e com verniz fosco das dez espécies mais frequentes na arborização urbana em Piracicaba (SP)	119
Tabela 21 - Características e potencial de aplicação da madeira de dez espécies mais frequentes na arborização urbana em Piracicaba (SP)	120
Tabela 22 - Componentes obtidos com a carbonização dos resíduos da arborização urbana do município de Piracicaba (SP)	124
Tabela 23 - Qualidade de carvão de sete espécies da arborização urbana.....	126
Tabela 24 - Qualidade do carvão vegetal produzido a partir de sete espécies da arborização.....	126
Tabela 25 - Características desejadas para o composto.....	128
Tabela 26 - Composição química dos resíduos da arborização urbana e do composto orgânico	129

Tabela 27 - Usos potenciais dos resíduos da arborização urbana	131
Tabela 28 - Resumo das soluções adotadas no gerenciamento de resíduos da arborização urbana em instituições e municípios	132
Tabela 29 - Conjunto de ações para a elaboração de um sistema de gestão para os resíduos da arborização urbana	134
Tabela 30 - Responsabilidades e atores envolvidos na gestão integrada de resíduos de poda e remoção no município de Piracicaba.....	141
Tabela 31 - Exemplos de indicadores para gerenciamento de resíduos da arborização - Piracicaba	147

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
AIC - Critério de Informação de Akaike
CEPARA – Centro de Estudos e Pesquisas para o Aproveitamento de Resíduos Agroindustriais
CETESB – Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental
C/N - Relação carbono- nitrogênio
CPFL - Companhia Paulista de Força e Luz
COMDEMA – Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente
DAP – Diâmetro a Altura do Peito
EPI – Equipamento de Proteção Individual
EPC – Equipamento de Proteção Coletiva
FAO – Organização Mundial para a Alimentação
GIR – Gerenciamento Integrado de Resíduos
HLB - Huanglongbing – *Greening*, ou vírus do citrus
IBAM – Instituto Brasileiro de Administração Municipal
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IC – Ilhas de Calor
ISO - International Organization for Standardization
IPPLAP – Instituto de Pesquisa e Planejamento de Piracicaba
LIMBURB – Departamento de Limpeza Pública de São Paulo
MDL – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
NBR - Norma Brasileira Registrada
ONG – Organização Não Governamental
PAMPA - Programa de Aproveitamento de Madeira de Poda de Árvores
PML – Produção Mais Limpa
POM – Pequeno Objeto de Madeira
SAS – Sistema de Análise Estatística
SEDEMA – Secretaria de Defesa do Meio Ambiente
SEMAE - Serviço Municipal de Água e Esgoto
USP - Universidade de São Paulo

1 INTRODUÇÃO

A proposta surgiu da necessidade de enfrentamento de um problema que vem se agravando nos municípios brasileiros: o gerenciamento inadequado dos resíduos da arborização urbana.

O gerenciamento inadequado tem resultado em altos custos para os municípios, com comprometimento de grandes áreas para disposição, aumento do risco de incêndio em aterros e terrenos baldios, degradação da paisagem e poluição do ar e da água. Acarreta, ainda, o desperdício de materiais com potencial energético e de matéria-prima que poderia ser aplicada na fabricação de produtos sólidos de madeira e na compostagem.

O Departamento de Ciências Florestais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ/USP desenvolve diversos estudos voltados para a arborização urbana e vem reunindo um vasto banco de dados, sobre essa temática, para o município de Piracicaba. Apresenta também uma grande experiência na elaboração de modelos de gestão de resíduos florestais. Dessa forma, este estudo vem contribuir para o conhecimento dos resíduos gerados e para a construção de uma proposta integrada de gestão dos mesmos podendo, inclusive, servir como referência para outros municípios.

A gestão dos resíduos da arborização deve relacionar ações técnicas e propostas de políticas públicas, que incentivem práticas mais adequadas para a sua minimização e valorização. Isso intensifica a necessidade de revisão dos sistemas e das técnicas de poda, atualmente utilizadas.

Um estudo coordenado pela Secretaria de Defesa do Meio Ambiente de Piracicaba - SEDEMA (2007), o qual abrangeu uma amostragem de 400 domicílios, apontou que a falta de espaço e a sujeira, provocadas pelas árvores, são os maiores impedimentos para plantá-las e mantê-las na frente das residências. O mesmo estudo

demonstrou, ainda, que a população apresenta uma visão equivocada em relação à importância das árvores, o que contribui para a sua rejeição e remoção.

De acordo com Silva Filho (2006), as árvores urbanas desempenham uma importante função no embelezamento da paisagem, na redução da poluição atmosférica, na moderação do balanço energético do município e no escoamento superficial da água de chuva. E muitos problemas urbanos estão ligados a esses fatores como, por exemplo, a formação de ilhas de calor e o aumento do escoamento superficial, quando há tempestades, o que resulta em deslizamentos e enchentes.

A boa execução das funções das árvores no ecossistema urbano depende, entre outros fatores, da correta seleção das espécies, da área de cobertura de copa, da arquitetura das árvores, assim como da porcentagem de superfície pavimentada e construída.

Para entender como funciona a floresta urbana e estimar o valor de seus serviços ambientais deve-se, primeiramente, identificar as propriedades relacionadas à sua estrutura. O entendimento da estrutura da mesma fornecerá subsídios para que os silvicultores possam definir a programação das podas, a limpeza e o controle das pragas e doenças, entre outras ações que irão determinar os tipos e volume de resíduos gerados.

Alguns municípios brasileiros, como é o caso de Maringá (PR), consideraram a arborização urbana no planejamento de seus espaços. Entretanto, a maioria deles não tem, em seus planos urbanos, um sistema adequado de gerenciamento dos resíduos gerados pelas práticas silviculturais aplicadas ao conjunto das árvores plantadas.

Sem planejamento, diversas espécies são plantadas de maneira inadequada em locais não apropriados, gerando conflitos com outros usos do solo, o que leva posteriormente à sua retirada ou poda drástica. As principais atividades colidentes são atribuídas à construção civil, à pavimentação de ruas e calçadas, bem como à fiação aérea (rede elétrica, de telefonia, televisão a cabo, etc.).

Não há estimativa da geração diária de resíduos de poda urbana para os municípios do Brasil, mas se sabe que a maioria deles é destinada a terrenos baldios, lixões ou utilizados como lenha. Em alguns casos, eles são encaminhados para os serviços de compostagem. No entanto, essas são ações isoladas e desarticuladas, nem

sempre suficientes para dar uma destinação adequada a todos os resíduos da arborização. Além disso, não há investimentos na infraestrutura e na valorização desses resíduos, e nem mesmo um modelo logístico para sua coleta, processamento e distribuição dos produtos.

Dados e métodos para a quantificação e a caracterização desses resíduos ainda são muito escassos, o que dificulta a elaboração de planos de gestão eficientes. Isso justifica a necessidade de investimento em pesquisas para um maior conhecimento dos mesmos, o que permitirá o desenvolvimento de modelos de gestão que integrem ações de prevenção da geração e valorização, com retorno ambiental, econômico e social para os municípios.

1.1 Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo geral diagnosticar a geração de resíduos de poda e da remoção de árvores da arborização urbana no município de Piracicaba (SP), caracterizar esses materiais visando sua valorização, bem como propor um sistema integrado de gestão municipal para esses resíduos.

1.1.2 Objetivos específicos

1. Caracterizar o sistema de poda e de remoção das árvores no município;
2. Descrever o sistema de gestão dos resíduos da arborização urbana, adotado pela Prefeitura Municipal de Piracicaba/SP;
3. Identificar os tipos, caracterizar os resíduos da arborização urbana, além de analisar os fatores geradores e a sazonalidade de geração;
4. Desenvolver um método de quantificação de resíduos da arborização urbana e de ajuste de equações empíricas para estimativa de volume;
5. Avaliar o potencial de aproveitamento dos resíduos das espécies de maior frequência no município na produção de carvão, composto orgânico e produtos sólidos de madeira;

6. Apresentar subsídios para a elaboração de um sistema de gestão integrada de resíduos de poda e remoção.

1.2 Hipóteses

O modelo atual de gerenciamento dos resíduos da arborização, do município de Piracicaba, é ineficiente e a caracterização do sistema de poda e remoção dos resíduos permite um entendimento da questão, assim como a proposição de um sistema de gestão mais eficaz.

As espécies do conjunto de árvores do município de Piracicaba apresentam características adequadas para serem utilizadas na produção de pequenos objetos de madeira, lenha, carvão vegetal e na compostagem.

1.3 Motivações para a realização do estudo

O tema do estudo faz parte das linhas de pesquisa do Laboratório de Movelaria e Resíduos Florestais do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP, que através de projetos de iniciação científica, havia iniciado em 2006 estudos sobre geração e gestão de resíduos da arborização urbana nos municípios do Estado de São Paulo e de aproveitamento na produção de produtos sólidos de madeira. Como consequência desses estudos preliminares, foi estabelecida como meta a realização de um estudo para caracterização mais precisa do resíduo, desenvolvimento de métodos de quantificação e elaboração de modelos integrados de gestão que permitissem a minimização da geração e a valorização dos resíduos.

Por outro lado, a minha formação em engenharia florestal pela ESALQ/USP e a afinidade com a temática de resíduos, com a qual desenvolvi meus estágios na graduação e tema em que atuo hoje no Programa USP Recicla, da Universidade de São Paulo, que trabalha com ações educativas e com procedimentos para gerenciamento adequado dos resíduos, me motivou a desenvolver este estudo.

Durante estes anos de atuação no USP Recicla sempre recebemos demandas sobre a gestão de resíduos, principalmente por empresas e municípios. Uma das

demandas dos municípios refere-se aos resíduos orgânicos, provenientes de feiras livres, varejões, limpeza pública e viária e da arborização urbana. Dentre estes, optamos por trabalhar com o resíduo da arborização urbana que nos chamou a atenção por ser um material tão nobre e pela escassez de pesquisa nesta temática e ser, na maioria das vezes, destinado de maneira inadequada a aterros, lixões e outros locais de disposição.

Na tentativa de conectar a pesquisa na minha área de formação e responder às demandas socioambientais locais, levantou-se a possibilidade de se desenvolver um projeto de gestão de resíduos da arborização urbana, já que se trata de um tipo de resíduo gerado em todos os municípios e que têm grande potencial de valorização e aplicação.

Neste contexto foi desenvolvido esse trabalho e espera-se que o mesmo ultrapasse as prateleiras e bancos de dados de teses da USP e que possa ser aplicado pelos municípios e instituições que buscam gerenciar de forma adequada seus recursos e resíduos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 As práticas de poda e remoção da arborização urbana

A arborização caracteriza-se como um dos mais importantes elementos que compõem o ecossistema urbano e que, pelos benefícios que produz, deveria ser uma preocupação permanente de todo e qualquer planejamento urbano (VERAS, 1986).

A arborização urbana atua sobre o conforto humano no ambiente, por meio das características naturais das árvores, proporciona sombra para os pedestres e veículos, reduz a poluição sonora, melhora a qualidade do ar, diminui a amplitude térmica, proporciona abrigo para pássaros e harmonia estética, o que ameniza a diferença entre a escala humana e outros componentes arquitetônicos como prédios, muros e grandes avenidas (SILVA FILHO, 2006).

A arborização bem planejada é muito importante, independentemente do porte da cidade, pois evita problemas futuros de conflitos de uso do espaço terrestre e aéreo, que levam à rejeição das árvores e à poda drástica ou remoção (PIVETTA E SILVA FILHO, 2002). O bom planejamento evita ações de remediação, adequando a vegetação ao uso do espaço urbano, reduzindo a geração futura de resíduos.

Entretanto, os projetos de arborização urbana nas cidades brasileiras são raros. Em 295 municípios do Estado de São Paulo, foi observado que somente 26,44% seguiram um projeto, enquanto que, em 69,15%, a implantação da vegetação foi aleatória (WINTERS, 1992 apud SILVA, 2005).

A falta de planejamento leva ao aumento de práticas de manejo, como a poda e a remoção das árvores, realizadas pelas Prefeituras e concessionárias de energia elétrica, principalmente pelo contato entre a fiação e o afloramento de calçadas.

Além disso, muitas árvores são podadas, ou mesmo eliminadas, por causar incômodo aos munícipes. A SEDEMA (2007) realizou um estudo sobre os principais motivos que impedem o plantio de árvores nas calçadas. Na visão dos moradores, os motivos são: a falta espaço para plantar, a sujeira das folhas, a possibilidade de causar danos à calçada, a falta de estima pelas árvores, o trabalho que dá para limpar e manter a calçada limpa, o entupimento de calhas, os prejuízos à estrutura da casa, a

depredação das árvores por terceiros, as avarias na rede elétrica e a impossibilidade de tomar decisões, quando o imóvel é alugado.

Algumas alternativas para a redução da incompatibilidade da vegetação com outras necessidades de uso do espaço terrestre e aéreo dos municípios e, conseqüentemente, do volume de resíduos, gerados pelas podas, são a adoção de fiação subterrânea, a construção de calçadas com dimensões adequadas, o recuo nas casas, um incisivo trabalho para sensibilizar e melhorar a percepção dos cidadãos com relação à importância das árvores no espaço urbano, a utilização de instrumentos de planejamento como Plano Diretor, a agenda 21 do município, assim como a definição clara sobre o papel da municipalidade e do cidadão na tomada de decisão sobre o plantio e o manejo das árvores urbanas nas calçadas. Porém, tais questões ainda são pouco enfrentadas nas cidades brasileiras (CAMILO; ESPADA; MARTINS, 2008).

Historicamente, a prática da poda foi trazida ao Brasil pelos imigrantes europeus, exclusivamente para as árvores frutíferas (pereiras, macieiras, pessegueiros etc.), visando a uma maior e melhor produção de frutos.

A poda é uma prática antiga, utilizada em jardins clássicos europeus, visando estimular a produção de flores. Por causa dessa cultura, no meio urbano, a poda foi adotada com fins estéticos ou fitossanitários. (PIVETTA; SILVA FILHO, 2002; MINISTÉRIO PÚBLICO DE SANTA CATARINA, 2007).

Na arborização, a poda é realizada basicamente com quatro finalidades:

a) de formação: os ramos laterais são retirados até uma altura recomendada de 1,80m, visando não prejudicar o futuro trânsito de pedestres e veículos sob a copa. Esta poda, normalmente, é feita no viveiro ou no local definitivo, quando a muda plantada é menor do que a recomendada;

b) de limpeza: eliminam-se os ramos velhos, em excesso, mortos, lascados, doentes ou praguejados;

c) de contenção: é realizada com o objetivo de adequar a copa da árvore ao espaço físico disponível, em função de um plantio inadequado. A recomendação geral é manter um mínimo de 30% da copa, conservando-se, sempre que possível, o formato original;

d) emergencial: é feita para remover as partes da árvore que ameacem a segurança da população, das edificações e outras instalações, como as redes aéreas, elétrica e telefônica. É uma poda realizada para resolver uma emergência. A duração da interferência é curta e, normalmente, o efeito estético é desagradável.

A condução de árvores urbanas deve ser feita com a orientação de um profissional, devidamente habilitado. Geralmente, prefeituras ou empresas de fornecimento de energia elétrica não dispõem de técnicos especializados e, por isso, procuram resolver apenas seus problemas mais imediatos, realizando verdadeiras mutilações nas árvores, o que gera um grande volume de resíduos (BARNEWITZ, 2006).

Além disso, qualquer tipo de árvore que for, reiteradamente, podada e acometida de injúrias pode morrer não sendo comum a administração pública fazer o replantio de exemplares extintos. Mesmo que houvesse a reposição imediata, uma vegetação secular não pode ser compensada por outra recém-plantada, uma vez que, uma vegetação arbórea, plantada ou replantada, necessita de muitos anos para chegar à idade adulta e oferecer plenamente as vantagens ambientais, paisagísticas e sociais para as quais foi projetada e criada (BARNEWITZ, 2006).

O conhecimento das características das espécies mais utilizadas na arborização de ruas, das técnicas de poda e das ferramentas corretas para a execução da poda permite que esta prática seja feita de forma a não danificar a árvore. Entretanto, a poda sempre será uma agressão à árvore. Sempre deverá ser feita de modo a facilitar a cicatrização do corte. Caso contrário, a exposição do lenho permitirá a entrada de fungos e bactérias, responsáveis pelo apodrecimento de galhos e tronco, e pelo aparecimento de ocós (MARTO, 2006).

Pivetta e Silva Filho, (2002) baseados no manual de arborização urbana de Porto Alegre, recomendam que, os equipamentos para a realização da poda contemplem:

- Equipamentos de proteção individual (EPI): capacete de segurança; óculos de segurança com proteção lateral; luvas de vaqueta para trabalhos leves; cinturão de segurança; cordão de segurança; botina com solado de borracha antiderrapante e bico duro; luvas de borracha para eletricista – classe II; luvas de couro para proteção de

luvas de borracha; manga isolante de borracha; de preferência usar camisa de manga longa de cor extravagante.

- Equipamentos de proteção coletiva: cone de sinalização; corda para isolamento da área; bandeirolas com suporte; cavaletes; conjunto de aterramento para rede primária; conjunto de aterramento para rede secundária; detector de tensão; placa de alerta para pedestre.

- Equipamentos utilizados durante a poda: caminhão de carroceria com lona com lona e escadas manuais (linha desenergizada); caminhão com equipamento hidráulico com cesta aérea; escada de madeira extensível; carretilha para içar ferramentas; cordas de sisal (fina e grossa); podão manual ou corta-galhos adaptável à vara de manobra; bastão podador epóxi; serra hidráulica com bastão; moto-poda; lima para afiar serrote; vara de manobra; “loadbuster”; arco com serra de 21” ou 24”; podão pneumático; motoserra; serras manuais.

- Ferramentas para coleta e beneficiamento de ramos (no chão): foice com cabo de madeira de comprimento médio; garfo com 4 dentes e cabo de madeira comprido; vassoura de piaçava; triturador de galhos e ramos; arco de serra.

Para a remoção de árvores, deve ser feita uma análise prévia evitando ao máximo a retirada da árvore, exceto em casos de necessidade. Para isso, é necessário que sejam definidos critérios. Na cidade de Porto Alegre (RS), por exemplo, para que a remoção ocorra os critérios são: risco de queda; estado fitossanitário precário sem condições de recuperação; em casos de obras de interesse social comprovado; total incompatibilidade da espécie com o espaço disponível (CARTILHA, 2002 apud PIVETTA e SILVA FILHO, 2002).

2.2 Conceitos

2.2.1 Resíduos

Para entender a dimensão do conceito de resíduos, é preciso que se remeta aos conceitos clássicos e, aos atualmente empregados, para compreender as relações da sociedade com os resíduos.

A maneira como o ser humano lida com seu resíduo varia, desde considerá-lo como lixo e jogá-lo no entorno, até o uso de modernas tecnologias para tratá-lo e valorizá-lo. De qualquer forma, essa relação não tem sido tranquila ao longo da história. Enquanto o ser humano ainda era nômade, o resíduo não chegava a ser um problema, mas quando passou a se organizar em comunidades sedentárias, a quantidade gerada e o aumento da complexidade do lixo tornaram-se problemáticos para a vida em grupo, associando-se à doenças e degradação ambiental, exigindo um destino adequado (EIGENHEER, 2003).

Normalmente, entende-se por lixo aquilo que sobra do processo produtivo ou do ato de consumir, o que é inservível (SUDAN et al., 2007). O conceito de resíduo mudou ao longo da história. Segundo EIGENHEER (2003), até o final do século XIX não era possível separar os resíduos sólidos dos líquidos e pastosos, utilizando-se a palavra “dejeito” para se referir a esse conjunto heterogêneo de materiais descartados.

Atualmente, a diferenciação do resíduo é uma importante mudança no modo de se ver e tratar os resíduos – pode-se dividi-lo pela sua origem (domiciliar, hospitalar, industrial etc.), por sua composição (orgânico, químico, inorgânicos etc.) e por sua periculosidade (Classe I, II A e II B - NBR 10.004: 2004), entre outros. Essa diferenciação permite um olhar mais aprofundado sobre o que era, genericamente, denominado lixo e admite-se sua reinserção na cadeia produtiva e uma gestão mais eficiente dos mesmos (SUDAN et al 2007; PHILIPPI JUNIOR e AGUIAR, 2005).

A Política Estadual de Resíduos Sólidos (2006) define resíduos sólidos como os materiais decorrentes de atividades humanas sociais e que se apresentam nos estados sólido, semi-sólido ou líquido, quando não passível de tratamento convencional, ou ainda os gases contidos.

Para a FAO (1997), resíduo é algo que seu proprietário não mais deseja, em um dado momento e em um determinado local, e que não tem valor de mercado.

Resíduos são materiais, ou restos de materiais, cujo proprietário ou produtor não mais considera com valor suficiente para conservá-los. Alguns tipos de resíduos são considerados altamente perigosos e requerem cuidados especiais quanto à coleta, transporte e destinação final, pois apresentam periculosidade substancial ou potencial à saúde humana e aos organismos vivos (TECPAR, 2007)

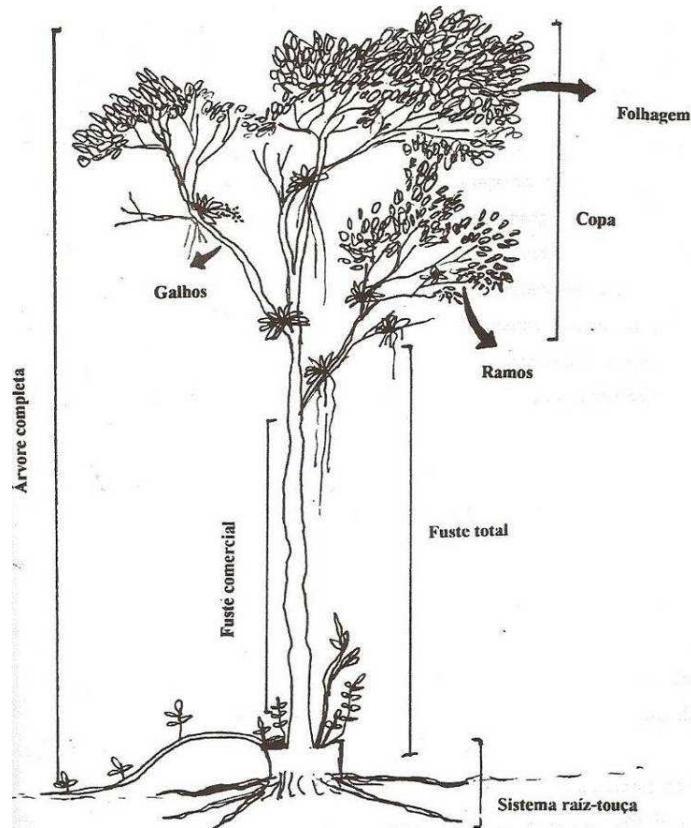
Os resíduos, quando dispostos de maneira imprópria, resultam na degradação da paisagem, na poluição da água, do ar e do solo, na ocupação inadequada do solo, em problemas de saúde pública com riscos à segurança e bem-estar da população, em danos à fauna, flora, aos acervos históricos e culturais, e ainda em um alto investimento no recolhimento e processamento pelo poder público e pelo setor privado (NOLASCO, 2000).

NOLASCO (2000) define resíduo como todo o material sólido, líquido e pastoso descartado na cadeia de produção e consumo e que, por limitações tecnológicas ou de mercado, não apresenta, no momento, valor de uso ou econômico e, quando manejado de forma inadequada, pode resultar em impactos negativos ao ambiente.

2.2.2 Resíduos da arborização

Nas atividades silviculturais, o que determina se um componente será produto, sub-produto ou resíduo, é o mercado, a qualidade das operações realizadas e as características inerentes às espécies (NOLASCO, 2000).

As operações de poda e remoção da arborização urbana geram resíduos na forma de galhos, ramos, folhas, sementes, frutos, fustes e raízes (Figura 1).



Componente	Definição
Árvore completa:	todas as partes que compõem a árvore, incluindo as raízes, a touça, o fuste total, os ramos, as folhas, as flores e os frutos.
Sistema raiz-touça:	toda e qualquer estrutura abaixo da seção de cortes do fuste. O tamanho é variável, em função da forma de colheita e das características da espécie.
Fuste total:	tronco da árvore, com ou sem casca, da touça ao início da copa.
Fuste comercial:	tronco da árvore, com ou sem casca, da touça até o limite de aproveitamento comercial, que depende do tipo de produto ao qual se destina.

Figura 1 - Componentes das árvores (NOLASCO, 2000)

De acordo com a Política Estadual de Resíduos Sólidos, Lei no. 12.300 (SÃO PAULO, 2006), esses resíduos são classificados como resíduos urbanos.

Segundo esta mesma Lei, os resíduos da poda e remoção devem ser destinados aos aterros sanitários, juntamente com os demais (lixo domiciliar, resíduo comercial, etc.), enquadrados nessa categoria.

No entanto, diversos municípios do país encontram dificuldades para a destinação, devido ao seu grande volume e às características que inviabilizam a compactação e aumentam o risco de combustão.

Além disso, a vida útil dos aterros fica reduzida, em virtude da degradação lenta e do grande volume dos resíduos, e o risco nas operações do aterro, com máquinas, aumentam (Figura 2).

O aterramento destes resíduos, além do desperdício de materiais lignocelulósicos, gera um custo que poderia ser evitado para o município. Atualmente, para disposição em aterro privado, por exemplo, o custo médio é de cerca de R\$ 68,00 por tonelada.



Figura 2 - Resíduos da arborização urbana sendo depositados em aterro sanitário privado (a)
Aterramento dos resíduos de poda (b)

Estudos realizados por Eigenheer et al. (2005), num aterro do Estado do Rio de Janeiro, demonstram que os resíduos provenientes da poda urbana compõem, aproximadamente, 4,4% de volume do aterro (Tabela 1).

Tabela 1 - Volume mensal dos materiais depositados no Aterro Morro do Céu, – Niterói/RJ

Material	Peso (t/mês)	Peso específico (t/m ³)	Volume Mensal Ocupado (m ³ /mês)
Terra de cobertura	5.300	1,8	2.950
Entulho	7.650	1,5	5.100
Galhos/madeiras/tronco	640	0,6	1.070
Lixo de varrição	1.145	1	1.145
Lixo domiciliar e coleta diferenciada	11.183	0,8	13.980
Cinzas dos resíduos de saúde (20% incinerado)	24	1	24
Total	25.942		24.269

Fonte: Eigenheer et al., 2005

2.2.3 A minimização de resíduos

Para Sudan et al. (2007), minimizar significa implantar estratégias que visam à diminuição da geração de resíduos na fonte. A minimização considera a abordagem preventiva do manejo de resíduos, partindo do menor para o maior impacto socioambiental, a mais adequada aos desafios ambientais para o século XXI.

Recomenda-se, inicialmente, reduzir ao máximo a geração de resíduos e, em seguida, reutilizar em maior grau os produtos, antes de descartá-los e, por fim, encaminhá-los para a reciclagem. Essa ordem de prioridades significa: 1º: reduzir o consumo e o desperdício; 2º: reutilizar materiais ou produtos e 3º: reciclar os materiais. A isso se denomina política, princípio, pedagogia ou conceito dos 3Rs.

Diminuir o consumo implica em repensá-lo e em evitar a geração de lixo. Passa também por uma profunda reflexão sobre o que é, realmente, necessário para se viver e pela sensatez e ponderação, para que seja possível reduzir o consumo dos produtos considerados supérfluos.

Reutilizar é prolongar a vida útil de materiais, em sua função original ou adaptada. Há inúmeras coisas úteis que se joga no lixo e que poderiam ser consertadas, ou adaptadas, para novas funções e/ou ser usadas para a confecção de objetos artesanais.

A reciclagem é o processamento industrial de resíduos, modificando-se ou não suas características físico-químicas, recuperando-se as matérias-primas nele contidas, com a finalidade de produzir novos materiais. As principais vantagens da reciclagem relacionam-se à reinserção da matéria-prima no sistema produtivo, contribuindo para a diminuição dos impactos socioambientais em virtude da elaboração de novos materiais.

A adoção destas práticas possibilita o aumento da vida útil dos aterros, a diminuição de gastos públicos com a manutenção dos mesmos e a mudança cultural das organizações e pessoas, levando os governantes, os cidadãos e os empresários, a um processo de crescente responsabilização sobre o lixo.

2.2.4 Valorização dos resíduos

A valorização dos resíduos é considerada por alguns pesquisadores e algumas indústrias que aderiram e incorporaram programas de produção mais limpa, como uma alternativa econômica, social e ambientalmente adequada, sendo parte integrante do gerenciamento apropriado desses materiais, por reduzir os impactos da extração da matéria-prima, dar um destino ao resíduo e minimizar os impactos ambientais das atividades produtivas.

Tudo isso diminui a quantidade de resíduos sólidos, destinada aos aterros, além de gerar novos postos de trabalho e melhorar a imagem das organizações com relação à sua responsabilidade socioambiental.

Entretanto, os municípios ainda estão muito distantes dessa realidade, não atendendo bem, nem aos serviços básicos de coleta e de disposição final dos resíduos.

O sistema atual de gestão e gerenciamento de resíduos sólidos municipais continua priorizando soluções de “final do tubo”, ou seja, apresentam avanços limitados na questão da minimização da geração dos resíduos, pois a preocupação maior das administrações municipais ainda se concentra na destinação final dos resíduos e não na prevenção da geração (LOPES, 2003).

Nesse sentido, o manejo ambientalmente adequado de resíduos, conforme descrito na Agenda 21 (1992), no capítulo 21 deve ir além da simples deposição ou aproveitamento por métodos seguros dos resíduos gerados, e buscar identificar a causa

fundamental do problema, procurando mudar os padrões não-sustentáveis de produção e consumo. Isso implica na utilização do conceito de manejo integrado do ciclo vital, o qual apresenta uma oportunidade única de conciliar o desenvolvimento com a proteção do meio ambiente.

2.2.5 Gerenciamento integrado de resíduos

O gerenciamento integrado vem sendo uma prática cada vez mais estimulada nos países preocupados em gerir, adequadamente, seus recursos e resíduos.

O Gerenciamento Integrado de Resíduos - GIR recomenda, de acordo com o Instituto Brasileiro de Administração Municipal – IBAM (2007), o envolvimento de diferentes órgãos da administração pública e da sociedade civil com o propósito de realizar a limpeza urbana, a coleta, o tratamento e a disposição final do lixo, elevando assim a qualidade de vida da população e promovendo o asseio da cidade. Para tanto, é preciso levar em consideração as características das fontes de produção, o volume e os tipos de resíduos – para ser dado um tratamento diferenciado e uma disposição final técnica e ambientalmente corretas –, os atributos sociais, culturais e econômicas dos cidadãos, bem como as peculiaridades demográficas, climáticas e urbanísticas locais.

O gerenciamento adequado dos resíduos consiste em elaborar políticas e planos integrados com o objetivo de: a) prevenir sua geração; b) obter o máximo de aproveitamento e de reciclagem dos materiais; c) reduzir ao maior grau o volume e/ou a periculosidade dos resíduos gerados e d) elencar as melhores soluções para seu tratamento e a sua disposição.

Nessa perspectiva, espera-se englobar programas e ações articuladas entre si, desde a não geração até a disposição final; a articulação das ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento.

Todas as ações e operações, envolvidas num sistema de gerenciamento integrado, devem estar interligadas e comprometidas entre si, assim como o acordo e a participação ativa de todos os atores envolvidos no processo.

2.3 Modelos de gestão de resíduos

2.3.1 Histórico

Após a Revolução Industrial e, principalmente, no século XX, houve um grande desenvolvimento científico e tecnológico. Entretanto, ocorreu um descompasso entre os novos materiais/produtos e seus impactos ambientais.

Iniciaram-se as pressões de ONGs e eventos mundiais como o de Estocolmo em 1972, assim como documentos que traziam os alarmes sobre as conseqüências da produção desenfreada e seus impactos, como o relatório Brundtland divulgado em 1987, que apresentou uma visão complexa das causas dos problemas sócio-econômicos e ecológicos da sociedade e as inter-relações entre a economia, tecnologia, sociedade e política. Em 1992 - a Rio 92, conferência mundial sobre o meio ambiente e desenvolvimento e outros acontecimentos, começam a desvelar a necessidade de mudanças nos processos produtivos.

Isso se refletiu com maior severidade nas leis, nos órgãos ambientais reguladores, no aumento de exigências dos credores, nos critérios de acesso a novos segmentos de mercado e na pressão do consumidor. São então criados os sistemas de gestão, tais como a *International Organization for Standardization (ISO)*.

Com o intuito de prevenir a poluição e resguardar o meio ambiente, o conceito de Produção Mais Limpa (PML), vem ganhando espaço no mundo como meio eficaz de conseguir melhores resultados econômicos e ambientais. A produção mais Limpa está respaldada no fato de que, o meio mais eficiente, em termos de custos ambientais para a redução da poluição, é analisar o processo na origem da produção e eliminar o problema na sua fonte (DEMAJOROVIC, 1996).

Segundo Getzner (2002) a produção mais limpa diferencia-se da abordagem convencional pela forma como enxerga o sistema produtivo no campo ambiental e apóia-se tanto em mudanças tecnológicas quanto na forma de gerenciamento. Enquanto a abordagem convencional não focaliza os processos, nem interpreta suas ações e conseqüências, a abordagem da PML visualiza as atividades, diagnostica-as, efetua análises e indaga sempre as causas e os efeitos das ações. Assim, as

tecnologias limpas levam a um aumento de produtividade resultante da economia de custos e racionalização dos resultados nos processos produtivos.

Com a Constituição de 1988, o município passou a ter a responsabilidade de agir diretamente na gestão ambiental, especialmente nos fatores geradores de impacto ambiental local. Entretanto, a maioria dos municípios não possui condições para lidar adequadamente com estes problemas, devido a sua dimensão e à falta dos recursos necessários. Esta realidade tem levado muitos municípios a elaborarem planos ambientais distantes da realidade local, muitas vezes, apenas para atender exigências burocráticas (ZURITA, 2004).

A partir da década de 1990, algumas instituições começaram a perceber que, a dimensão da problemática dos resíduos sólidos, não pode ser de responsabilidade apenas dos Departamentos de Limpeza Pública. Outras podem interagir na questão ambiental, de acordo com a própria Constituição Federal, a qual define que, tanto o Ministério Público, quanto o cidadão, as organizações governamentais e as não-governamentais, são responsáveis pela qualidade ambiental (FRITSCH, 2000).

Assim, os gestores de organizações públicas e privadas passaram a considerar as questões ambientais como parte de suas preocupações. Em alguns segmentos, essas preocupações transformaram-se em ações voltadas à mitigação dos impactos das atividades humanas e à prática de sistemas de gestão ambiental, integrada com as demais gestões da organização.

O aumento dos custos para a gestão ambiental das cidades, em especial, no que se refere aos resíduos sólidos tem levado muitas instituições a desenvolver estratégias direcionadas, principalmente para um melhor aproveitamento da matéria-prima e dos resíduos de processos produtivos (DEMAJOROVIC, 1996).

A gestão dos resíduos sólidos é uma tarefa complexa e abrangente, e isso se reflete na dificuldade da maioria dos municípios, em virtude de sua falta de autonomia e recursos a enfrentá-lo, e apesar de todos os esforços, nem sempre é prioridade nas agendas municipais.

Nesse sentido, o estabelecimento de políticas nacionais para nortear as políticas locais dos resíduos sólidos é fundamental, considerando-se as diferenças regionais. É imprescindível também ressaltar a importância do acompanhamento legal da

continuidade dos programas ambientais e sociais bem sucedidos, apesar das mudanças na gestão municipal (KAPAZ, 2002).

Deve-se fazer uma abordagem multilateral, uma vez que os problemas ambientais e suas soluções são determinados por fatores tecnológicos, bem como por questões econômicas, físicas, sociais, culturais e políticas (SHEN 1995, apud LOPES 2003).

Assim, o que se pretende para os resíduos sólidos é um sistema “integrado” de gestão, com divisão de responsabilidades, integração de ações, definição clara de papéis e de recursos humanos e materiais.

Dessa forma, para a implantação de sistemas de gestão dos resíduos da arborização urbana pelos órgãos públicos e privados, é necessária a caracterização qualitativa e quantitativa dos resíduos, a qual é fundamental para o levantamento das potencialidades de valorização do resíduo. Ademais, é preciso uma política e programas que norteiem ações para a minimização e a valorização desses resíduos.

A elaboração de um plano de gestão de resíduos deve contemplar:

- Comprometimento da instituição;
- Planejamento e organização da instituição e envolvimento de atores locais;
- Diagnóstico qualitativo e quantitativo dos resíduos gerados;
- Definição de prioridades de ações;
- Definição de programas, projetos e ações para a resolução dos problemas de gestão;
- Realização das ações e formação de pessoal;
- Monitoramento – elaboração de indicadores de acompanhamento e de desempenho do processo; e
- Ajustes no processo: aprimoramento das estratégias de ação e dos resultados.

O levantamento contínuo dessas informações pode ainda ser obtido pela municipalidade e empresas, desde que isso faça parte dos procedimentos de trabalho e se torne um indicador para a medição de desempenho da atividade.

2.3.2 Gestão de resíduos da arborização urbana

Para o Estado de São Paulo, assim como para os demais Estados brasileiros, os dados sobre gestão de resíduos da arborização urbana são escassos e pouco divulgados. Tais resíduos são oriundos, geralmente, das seguintes atividades:

- *Prefeitura Municipal*: manejo da arborização, por meio da poda e remoção das árvores urbanas;
- *Concessionária de energia elétrica*: poda de árvores, visando evitar danos ao sistema de fiação e à rede elétrica.

Camilo; Espada; Martins (2008) realizaram um levantamento em 70 municípios do Estado de São Paulo, referente aos sistemas de gestão dos resíduos de poda e remoção, verificando que não existe regulamentação municipal sobre podas e remoção de árvores. Tudo que se vê são diferentes metodologias, adotadas pelas concessionárias de energia elétrica e Prefeituras Municipais.

Evidenciou-se nesse estudo que, nas cidades, as quais não têm diretrizes e responsabilidades estabelecidas para o serviço de arborização e poda, a Prefeitura assume, inclusive, os resíduos de poda realizados pelas concessionárias de energia elétrica. Já nos municípios mais avançados em relação as diretrizes para a arborização, a concessionária remove os resíduos das podas que efetua.

A pesquisa demonstra ainda que o aproveitamento e a valorização dos resíduos de poda representam cerca de 4% do total e a maioria é lançada em lixões, depósitos e aterros, terrenos baldios. Quando há algum tipo de valorização dos resíduos, as aplicações estão voltadas para a produção do composto orgânico, infra-estrutura (buracos, mata burros etc.), controle de erosão, cerâmicas, olarias, granjas, confecção de estacas, entre outros usos.

A minimização e a valorização dos resíduos de poda significam a economia de recursos e de combustível e, conseqüentemente, dos gases poluentes, os quais deixarão de ser liberados pelos caminhões que transitam pelas cidades e rodovias para acessarem os aterros.

2.4 Legislação e classificação dos resíduos da poda e remoção de árvores

2.4.1 Legislação

Os resíduos da poda da arborização urbana enquadram-se como resíduos públicos, os quais ficam, em geral, ao encargo das Prefeituras Municipais e são regulamentados pelas leis orgânicas dos municípios ou baseados em leis estaduais e federais.

A Política Estadual de Resíduos Sólidos, por exemplo, instituída pela Lei no. 12.300, de 16 de março de 2006, define princípios e diretrizes, objetivos, instrumentos para a gestão integrada e compartilhada de resíduos sólidos, com vistas à prevenção e ao controle da poluição, à proteção e à recuperação da qualidade do meio ambiente, e à promoção da saúde pública, assegurando o uso adequado dos recursos ambientais no Estado de São Paulo. Entretanto, não há diferenciação e diretriz específica para os resíduos da arborização urbana, somente sua categorização como resíduos urbanos.

A Lei cita no seu Artigo 6º que inclui-se como “resíduos urbanos: os provenientes de residências, estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, da varrição, de podas e da limpeza de vias, logradouros públicos e sistemas de drenagem urbana passíveis de contratação ou delegação a particular, nos termos de lei municipal”.

Existem diversas leis municipais que buscam regulamentar as atividades de poda, as competências para a realização da mesma, as responsabilidades e as punições. Geralmente, essas são feitas baseadas em modelos de leis estaduais ou municipais. Mas não há um consenso ou uma definição de responsabilidades entre moradores, concessionárias de energia elétrica e a Prefeitura Municipal.

Entretanto, embora as leis e os decretos discorram sobre os procedimentos e as punições para a poda, não examinam as formas de gestão dos resíduos.

No Brasil, são poucas as iniciativas regulamentadas que tratam do destino dos resíduos de poda da arborização urbana, sendo que há apenas algumas iniciativas pontuais para reúso.

São Paulo criou uma lei pioneira no Estado para enfrentar essa questão, denominada projeto PAMPA - Programa de Aproveitamento de Madeira de Poda de

Árvores, que tem como um dos objetivos a prevenção da redução da vida útil dos aterros sanitários, além de proporcionar uma maior produtividade das equipes de poda, por meio da Lei 14.723/08.

A Prefeitura de São Paulo estima que, o recolhimento mensal de resíduos de poda é da ordem de 3,5 mil a 4 mil toneladas. O volume anual, cerca de 50 mil toneladas, antes, era enviado para, literalmente, apodrecer nos aterros sanitários. A disposição e o transporte desses materiais custam, em média, R\$ 855 mil por ano. De acordo com a lei, a Prefeitura Municipal de São Paulo, com base no PAMPA, pretende transformar os resíduos de podas de árvores em combustível e lenha para a utilização em fornos de cerâmicas, olarias, pizzarias, padarias e lareiras. Alguns tipos de madeira também poderão ser aproveitados na confecção de cabos de ferramentas e utensílios em geral, incluindo artigos domésticos, decorativos e esportivos, brinquedos, artesanato etc. As folhas e os galhos finos servirão de substrato para o composto (adubo) e serão encaminhados para serem utilizados em praças e jardins. A Prefeitura não poderá vender os produtos oriundos da poda, mas o projeto autoriza o governo municipal a repassá-los para as ONGs.

Por meio do PAMPA, por exemplo, a subprefeitura de Santo Amaro, em São Paulo, tomou medidas para o aproveitamento de resíduos de poda e deixou de fazer vinte viagens por mês e percorrer 2.400 km (distância de ida e volta) até o aterro. Isso significa menos caminhões nas grandes ruas e avenidas, menos engarrafamentos e aumento na produtividade em até 50%. O aterro sanitário local deixou de receber 80 toneladas de resíduo por mês, o que levou ao aumentando de sua vida útil.

Os restos de podas de árvores, recolhidos em vias públicas, são levados para um local onde recebem tratamento específico. Após a separação, o material é encaminhado à uma cooperativa, conveniada com a Prefeitura de São Paulo, para a comercialização. O Limpurb estuda a participação de outras cooperativas ou ONGs no funcionamento de novas unidades.

No município de Piracicaba, existe a Lei nº. 5.795, de 18 de julho de 2006 (Anexo H), que dispõe sobre o aproveitamento de material orgânico, proveniente da poda e da coleta de lixo das feiras livres, no âmbito do município de Piracicaba e dá outras providências. Esta lei diz que todos os resíduos de poda devem ser triturados pelo

serviço da Prefeitura e misturados aos resíduos de feiras livres, sem rejeitos inorgânicos e transformados em adubo orgânico.

2.4.2 Classificação dos resíduos de poda e remoção

Com relação à sua origem, são provenientes de podas de limpeza e manutenção da arborização urbana; em decorrência de quedas por fenômenos naturais (vendavais) e por senescência, ou ainda por depredação humana.

Quanto à composição química, é um material orgânico, e os seus constituintes químicos estão diretamente relacionados com as suas propriedades (SILVA et al., 2005). São constituídos, aproximadamente, de 50% de carbono, 6% de hidrogênio, 44% de oxigênio e 1% de nitrogênio (BARRICHELO e BRITO; 1985; SILVA et al., 2005).

São formados essencialmente por celulose, polioses, as quais, com a celulose formam a holocelulose, e lignina, um polímero aromático natural e de alto peso molecular responsável pela dureza e rigidez da parede celular, além dos extrativos, chamados componentes acidentais que não fazem parte da parede celular, mas que, muitas vezes determinam o uso comercial da madeira. Existem também, os componentes inorgânicos, denominados cinzas, as quais são compostas por potássio, cálcio, magnésio, pequenas quantidades de sódio, manganês, ferro, alumínio, além de radicais como carbonatos, silicatos, cloretos, sulfatos e traços de zinco, cobre e cromo, dentre outros. (CARDOSO et al., 2001)

Os resíduos gerados podem ser classificados em função da espécie que o originou, das suas dimensões, do componente do qual provém, entre outros. Isso é fundamental para definir-se a destinação mais adequada para esse material.

Potencialmente, tais materiais poderiam ser selecionados e utilizados para fins mais nobres, ao invés de serem enviados para aterros, terrenos baldios ou outras formas de disposições inadequadas.

Para Nolasco (2000) os métodos de caracterização dos resíduos são definidos em função do seu objetivo. Pode-se classificá-los em função de sua origem, tipo, fatores geradores, quantidade, composição e periculosidade, características físicas, sazonalidade, dispersão espacial e forma de manejo.

Nesse trabalho, buscou-se desenvolver estudos das características físicas da madeira, para fins de determinação de usos potenciais dos resíduos da arborização, visando à produção de objetos sólidos de madeira, lenha, carvão vegetal e compostagem, bem como o levantamento de atuais formas de valorização desses resíduos, adotadas pelos municípios em suas formas de gestão.

2.5 Quantificação dos resíduos de poda

A quantificação de biomassa é um instrumento útil na avaliação de ecossistemas, devido à sua aplicação para inferir na produtividade (RUSSO, 1983), ciclagem de nutrientes, absorção e armazenamento de energia solar, informações de grande importância para o manejo de espécies florestais em sistemas de plantios ou demais tipos de florestas.

A biomassa pode ser acessada diretamente por meio de inventário ou através de modelos empíricos de predição (VISMARA, 2009). A construção de modelos de predição de biomassa envolve a mensuração de variáveis (densidade, teor de umidade, DAP etc), o ajuste e a seleção de modelos empíricos.

A construção de modelos empíricos é uma maneira confiável de quantificação e com relativo baixo custo, permite determinar a biomassa da floresta em pé a partir de seus atributos dendrométricos, com base numa amostra destrutiva composta apenas por um número pequeno de indivíduos (MAESTRI et al., 2004).

No caso de quantificação dos resíduos de poda e remoção da arborização urbana, não há referências sobre a quantificação destes resíduos. Sua quantificação, entretanto, é fator fundamental para se definir suas possibilidades de valorização.

Tradicionalmente os trabalhos realizados no meio florestal com relação aos modelos empíricos de predição de volume ou biomassa são obtidos por métodos estatísticos de regressão linear e não linear, como o coeficiente de determinação (R^2).

O R^2 pode assumir valores no intervalo de 0 a 1, sendo que os valores próximos de 1 denotam uma boa relação entre a variável resposta e as variáveis preditoras, indicando um bom ajuste.

Por outro lado, valores próximos ou iguais a 0 denotam pouca relação entre a variável resposta e variáveis preditoras, indicando que o modelo não é superior a média amostral (DRAPER; SMITH, 1981 apud VISMARA, 2009).

Entretanto, esses modelos apresentam limitações para o R^2 em relação a qualidade de seus ajustes, tem-se buscado diversas outras abordagens distintas para a seleção de modelos. Um deles é o Critério de Informação de Akaike - AIC, proposto por Akaike, nos anos 70. O AIC é simples de ser obtido para os casos de ajuste de modelos de regressão e para os casos de análises baseadas nas estimativas de verossimilhança de forma geral (BURHAM; ANDERSON, 2004, apud VISMARA, 2009).

O AIC pode ser obtido para as famílias de dados, classificando da melhor para a pior com base no conjunto de dados disponíveis. Entretanto, segundo Vismara (2009), por mais que se traduzam de maneira simples esses modelos são baseados em conceitos profundos e consolidados da teoria da informação e da teoria estatística.

O problema da seleção de modelos vem sendo tratados de forma distinta. Tem-se buscado um critério que avalie o melhor modelo de aproximação, entre uma série de modelos candidatos com diferentes relações funcionais e com diferentes números de parâmetros para descrever os dados (VISMARA, 2009).

O processo de modelagem não é simplesmente um processo de estimação, mas um processo de aproximação da realidade que não pode ser descrito totalmente só pelos modelos.

Os critérios como o de AIC, apesar de serem pouco difundidos no setor florestal, podem se constituir como excelentes ferramentas para a seleção de modelos empíricos de predição, por isso também foi escolhido para ser aplicado neste trabalho.

2.6 Aplicações dos resíduos de poda

Vale (2005) afirma que, hoje em dia, o aproveitamento dos resíduos florestais tem sido mais comumente realizado das seguintes formas:

- Adubo: serragem em geral e madeira sólida picada. É usada *in natura* ou, após etapas de compostagem, para a proteção do solo e como adubo, incluindo a cama de galinha usada.

- Cama de animais: serragem em geral, de preferência macia, para contato com os animais. Após o uso, a serragem suja com estrume pode ser usada como adubo.
- Carvão e combustíveis: pontas, tocos, sobras, rejeitos, costaneiras, cascas e galhos utilizados em processos industriais para a produção de carvão, álcool, metanol e gás combustível;
- Energia elétrica: pontas, tocos, sobras, rejeitos, costaneiras, cascas e galhos, bem como briquetes, são utilizados como lenha em usinas termoelétricas para a obtenção de energia elétrica. Contudo, há o problema da emissão de poluentes na atmosfera.
- Energia térmica: pontas, tocos, sobras, rejeitos, costaneiras, cascas, galhos e briquetes, usados na queima para obtenção de calor em fornos de padarias, pizzarias, olarias e em caldeiras industriais. Também há o problema da emissão de poluentes na atmosfera.
- Extração de óleos e resinas: serragem em geral, utilizada para a extração industrial de óleos e resinas para uso como combustível, resinas plásticas, colas e essências.
- Madeira reconstituída: serragem em geral, usada na fabricação de chapas de madeira reconstituída.

Outra solução encontrada para o aproveitamento seria a produção de pequenos objetos de madeira (POM) como: artigos domésticos, peças decorativas, brinquedos, objetos de uso pessoal, equipamentos esportivos, assim como objetos artesanais, proporcionando renda e diminuindo o desperdício dessa valiosa matéria-prima, a madeira (STERNARD, 2002).

Porém, todas as possibilidades de valorização dos resíduos devem levar em conta a sua escala e sazonalidade de geração ao longo do ano, as características básicas e propriedades físicas, químicas, mecânicas, as quais favorecem e limitam a utilização dos resíduos, para que a sua utilização na escala desejada seja viabilizada.

Todavia, para os resíduos de poda da arborização urbana, todas essas possibilidades, geralmente, são desenvolvidas em pequenas escalas, com iniciativas muito pontuais e desarticuladas.

A opção de uso do resíduo da poda passa pelo conhecimento tecnológico da madeira, baseadas em suas características físicas, químicas e mecânicas. A alta massa específica está associada à elevada dureza, indicando uma maior quantidade de substância madeira por unidade volumétrica, o que é vantajoso na produção de energia, tanto na forma de carvão vegetal, quanto de lenha. Para peças maiores, o conhecimento da massa específica pode levar à indicação para a confecção de pequenas estruturas de madeira. Os valores de contração podem indicar o uso para móveis e pequenos objetos. A análise química imediata pode ser utilizada para a classificação das espécies em função de seu uso energético (VALE, 2005).

Um dos usos potenciais para os resíduos de poda é como lenha e para a produção de carvão vegetal. No Brasil, em 2003, a lenha e carvão vegetal representaram 12,9% da matriz energética. A lenha e o carvão, apesar de serem produtos dependentes do preço das fontes de energia não-renováveis e das modificações de padrões de consumo têm, atualmente, e continuarão a ter no futuro, uma grande importância em nossa matriz energética (Sociedade Brasileira de Silvicultura - SBS, 2006).

A lenha é recurso madeireiro que, ainda continua sendo o combustível de maior importância no setor residencial como fonte de energia e em outras atividades industriais (GOLDEMBERG, 1985; LOPÉZ et al., 2000). No Brasil, aproximadamente 80% da produção de madeira é utilizada como energia, equivalendo a 31 milhões de toneladas de petróleo. Este consumo representa 26% do total de combustível (SILVA, 1998). No Nordeste brasileiro, a lenha representa 86% do balanço energético das propriedades rurais, sendo mais de 95% destinados ao consumo doméstico (UFV, 1991).

Entretanto, segundo a SBS (2009) a lenha é considerada um insumo de baixa eficiência, dado vários aspectos destacando-se entre eles: a heterogeneidade do material utilizado; o uso de materiais não selecionados para produção de energia; o uso de material *in natura*; o pouco uso de “pellets”, briquetes, dentre outras formas mais adequadas.

De Angelis et al. (2007) desenvolveu uma pesquisa, voltada para o incentivo da produção de briquetes dos resíduos de remoção da arborização urbana, no município de Maringá (PR) (Tabela 2).

Tabela 2 - Características do briquete e lenha

Briquete	Lenha
Ton de briquete: 6,66 m ³	Poder calorífico: 2.200 kg cal-1
Umidade: em torno de 12%	Umidade: em torno de 35%
Carbono fixo: 13,6%	Densidade: 400 a 700 kg m-3
Cinzas: 2%	
Materiais voláteis: 84,4%	
Poder calorífico: 4.650 kg cal-1	
Densidade: 800 a 1.000 kg m-3	
100% reciclado	

Fonte: NAC-lenha ecológica (2001 apud DE ANGELIS, 2007)

Segundo De Angelis et al. (2007), o briquete é conhecido também como lenha ecológica, por ser um produto vindo da reciclagem. São fabricados com matéria-prima ligno-celulósica, ou seja, sobras de madeira, serragem, sabugos de milho, folhas, casca de árvores e outros, através de altas pressões e sem aglutinantes químicos, sendo 100% natural.

De acordo com a empresa Nac-Lenha Ecológica (2001 apud DE ANGELIS et al. 2007), as principais vantagens dos briquetes sobre a lenha são: o poder calorífico, cerca de 4 a 5 vezes maior que a lenha, o espaço maior para a armazenagem, pois tem tamanho pré-estabelecido, devido à baixa umidade, a temperatura eleva-se rapidamente, a produção de menos fumaça; a inexistência de danos na fornalha no abastecimento, pois é uniforme, a liberação total, por parte do Ibama (dispensa pagamento), facilidade no controle dos estoques (por saco), menor índice de poluição; embalagem padronizada, uma tonelada de briquetes substitui até 7 m³ de lenha (varia de acordo com o equipamento) e cada 90 toneladas de briquete evita o desmatamento de cerca de 85 árvores.

Entretanto, deve-se realizar um bom estudo de produção e de mercado para se verificar se, a escala de geração comporta a sua produção, para nortear a tomada de decisão com relação à essa forma de valorização do resíduo da arborização.

A poda pode ser também um insumo atrativo para a produção de carvão vegetal, uma vez que é uma forma de reduzir custos com a aquisição de matéria-prima, custos ambientais e dar um destino mais adequado para tais resíduos.

Conforme Castro (1994 apud MEIRA, 2002), a madeira nativa, ainda utilizada para a produção do carvão vegetal, é originária, em sua maioria, de desmatamentos de cerrados encontrados, principalmente, no Brasil Central (MG, MT e GO). É de se supor que isto ocorra como forma de utilização do subproduto originário da ocupação agrícola dessas áreas.

No Estado de São Paulo, conforme levantamento efetuado através do Programa de Qualificação e Certificação do Carvão Vegetal no Estado de São Paulo – PRÓCARVÃO (2000), aproximadamente 95% da matéria-prima, empregada na produção de carvão vegetal, é proveniente de reflorestamentos, principalmente de eucalipto.

O carvão vegetal é produzido, a partir da madeira, pelo processo de carbonização ou pirólise. Ao contrário do que aconteceu nos países industrializados, no Brasil, o uso industrial do carvão vegetal continua sendo largamente praticado em função do elevado potencial de produção de matéria-prima de origem florestal, como é o caso da madeira de eucalipto (MEIRA, 2002).

Para Oliveira e Almeida (1980), a produção e a utilização do carvão vegetal, como fonte energética, está, fundamentalmente, embasada em dois motivos fundamentais:

- a) por ser uma fonte renovável;
- b) por ser uma alternativa estratégica para um país carente de redutor fóssil.

O carvão vegetal é um resíduo sólido que se obtém da carbonização da madeira, quando a mesma é queimada ou aquecida, numa atmosfera restrita de ar, onde vão sendo expulsos a água, os compostos voláteis, uma fração de compostos orgânicos condensáveis à temperatura ambiente e outros, sem que ocorra a combustão total, devido à pouca quantidade de oxigênio.

A madeira sofre um processo de carbonização quando é aquecida na presença de quantidades controladas de oxigênio, em temperaturas acima de 300oC, desprendendo vapor d'água, líquidos orgânicos e gases não condensáveis e o que fica como resíduo é o carvão. A produção de carvão vegetal é o mais antigo processo de transformação química para a utilização da madeira (GOMES; OLIVEIRA, 1982).

Bertoni e Lombardi Neto (1990), Primavesi (1987) e discorrem sobre a possibilidade do emprego de resíduos de poda na conservação do solo já que, muitas vezes, em função da alta demanda de material vegetal que é necessário para ter-se, efetivamente, uma cobertura no solo, a qual confira proteção contra a erosão, surge o princípio da utilização do resíduo, originado nas atividades de podas de praças, jardins e ruas de cidades como opção de fonte de material, contanto que esse passe por uma máquina trituradora para ser reduzido a partículas menores.

O procedimento de picar o material da cobertura morta sobre o solo é recomendável, pois, desta maneira, ocorre um aumento na superfície de contato das partículas, tornando a ação dos microrganismos decompositores facilitada (TIBAU, 1986). Adicionalmente, há o fato de que, dessa maneira, ocorre uma cobertura de modo mais uniforme sobre o solo (LOPES et al., 1987).

Kiehl (1985) cita que, mesmo para restos de cultura que ficam no campo, é recomendável que se faça a "quebra" destes materiais (picá-los por meio de uma grade de disco), justamente para torná-los mais fragmentados e fáceis de serem incorporados ao solo, além de proporcionar menores riscos de incêndio.

Ainda segundo os autores acima, isso poderia contribuir para resolver problemas imediatos vinculados à perda de solo, à melhoria da qualidade dos terrenos de plantio e à disposição final de resíduos sólidos nas cidades. Todavia, é necessário lembrar que resíduos de poda são materiais muitas vezes nobres e que há necessidade, não apenas de se resolver o problema da geração destes resíduos na fonte, como de dar-lhe possibilidades de usos e de substituições de materiais, poupando matéria-prima e gerando a possibilidade de trabalho e renda.

Vale (2005) realizou um trabalho de caracterização da madeira de galhos, provenientes da poda de árvores da arborização do Distrito Federal, mais especificamente, do Plano-Piloto, e a indicação de possíveis fins para tais resíduos e,

como objetivos secundários, a possibilidade de utilização desses galhos para a produção de lenha e carvão vegetal.

A Prefeitura de Recife (PE) realiza a classificação e a segregação dos resíduos provenientes da poda, onde o material de diâmetro igual ou superior a 8cm é destinado ao uso como combustível, utilizados em olarias e programas assistenciais, como caldeiras para creches, hospitais e padarias de escolas técnicas, entre outros (FÁTIMA,2003).

Os resíduos de menor diâmetro podem ter suas dimensões ainda mais reduzidas através de um triturador, equipamento que transforma os galhos em cavacos e serragem para a compostagem.

Esse processo auxilia na redução do tempo de degradação da madeira para a bioestabilização do composto orgânico. É necessário acrescentar ao processo um composto rico em nitrogênio, que pode ser o lodo de esgoto estabilizado ou o esterco de gado não curtido, dependendo da disponibilidade desses materiais no município.

O composto gerado pode ser utilizado no viveiro municipal, nas mudas que retornarão à arborização urbana ou ainda na adubação direta na arborização, melhorando as condições nutricionais das árvores da cidade (FÁTIMA, 2007).

A Prefeitura de Belo Horizonte (MG) (2002) criou uma unidade de compostagem dos resíduos de poda domiciliar e que chegou a produzir 65,5 toneladas de composto orgânico por mês, sendo que uma parte desses compostos foi doada a escolas e às administrações regionais. Nesse processo, é empregada a compostagem simplificada, que consiste na mistura desse resíduo com poda triturada e reviramento com trator em pátio aberto. Esse composto é utilizado em hortas escolares e comunitárias, assim como em parques e praças da cidade, mantidos pela Prefeitura

Para Ikeda (2000), a produção de adubo orgânico, através da prática de compostagem, pode apresentar vantagens para o agricultor, reduzindo seus gastos com insumos externos à propriedade. Ao mesmo tempo, pode aumentar sua produtividade com a venda do composto, além de promover melhorias no ambiente onde está instalado, em virtude da redução do uso de produtos químicos. Vale ressaltar que o produtor pode ter gastos com o transporte do composto para fora da propriedade ou seus gastos podem superar os custos do adubo químico, dependendo do caso.

O composto orgânico é reconhecido pelo Ministério da Agricultura como um fertilizante orgânico, de acordo com o Decreto-Lei no 86.955, de 18 de fevereiro de 1982. Os parâmetros físicos, químicos e granulométricos, assim como as tolerâncias admitidas, são fixados pela Portaria MA-84, de 29 de março de 1982, e pela Portaria 01, de 4 de março de 1983, da Secretaria de Fiscalização Agropecuária do Ministério da Agricultura.

Em São Paulo, os resíduos da arborização correspondem a 0,53% das 15.370 toneladas geradas por dia na cidade (CETESB, 2007). No setor urbano de Brasília, esse número chega a seis caminhões/dia (VALE, 2005).

No município de Santo André (SP), em 1997, os resíduos de poda correspondiam a 10% dos resíduos sólidos recolhidos em espaços públicos e no sistema viário desta cidade. Já em Belo Horizonte (MG), em 1996, esse número caía para 9% dos resíduos recebidos no município.

A concessionária de energia da área metropolitana de São Paulo – ELETROPAULO – informou que, em média, realiza o corte e a poda de 130.000 árvores por ano, nos 24 municípios nos quais opera. A mesma concessionária informa que, de julho a dezembro de 2005, aproximadamente 10.336 m³ de resíduos da poda foram destinados à fabricação da biomassa e 3.372 m³ para a compostagem. Outro destino dado pela concessionária aos resíduos foi a doação dos mesmos para a Fundação Parque Zoológico de São Paulo. Em 2005, esse número chegou a 4 mil m³, sendo que tais resíduos foram triturados e serviram para cobrir o chão das jaulas.

Em outros países como nos Estados Unidos da América (EUA) a maioria dos resíduos da poda e de remoção das árvores é, em geral reutilizado e reciclado, principalmente porque encaminhar o resíduo ao aterro é uma opção cara para algumas comunidades. Muitos Estados deste país e companhias de serviços públicos enviam tais resíduos para a compostagem ou para servir de combustível para as indústrias. Tais alternativas têm contribuído para gerar rendimentos e reduzir custos (IKARD, 1968).

Ainda nos EUA, segundo Mckeever (1999), as quantidades de madeira da poda de árvores das residências decaíram desde a década de 1990, devido, em maior parte ao sucesso da redução da fonte geradora e de projetos de compostagem nos quintais

das residências. As estratégias de sucesso desses projetos devem-se aos altos custos de disposição, à escassez de locais para disposição de resíduos, às proibições legislativas de disposição inadequada e à co-responsabilização pelos resíduos gerados.

Outro estudo foi realizado por Bratkovich, Bowyer, Fernholz e Lindburg (2008), sobre as quantidades e aplicações dos resíduos gerados pela arborização nos EUA, considerando a arborização viária, áreas particulares e públicas, com a análise de inventários e dados secundários existentes obtidos desde o primeiro inventário nacional realizados nos anos 90. Verificou-se que por parte das administrações públicas, há resistência em desenvolver e/ou incorporar idéias novas para prever usos das madeiras provenientes de remoções de árvores urbanas, mesmo que isso se conduza à economias para a cidade. Em muitos casos, as comunidades não se importam com o que acontece à madeira, contanto que seja removida das áreas públicas em tempo oportuno.

Entretanto, os autores verificaram a existência de diversas experiências interessantes com relação à gestão dos resíduos da arborização urbana, voltadas ao setor empresarial. Uma delas refere-se a empresas que recebem os resíduos de madeira da arborização, realizam a triagem e a secagem em estufas, como ocorre em Illinois/EUA. Essas empresas abastecem aos fabricantes da mobília, revestimento e serviços de reforma. Em Detroit, assim como outros projetos em torno do país, está havendo uma expansão da indústria de “edifício verde”, que consiste entre outros critérios em usar os resíduos das árvores urbanas nas construções e em equipamentos.

Outro ramo para esse insumo nos EUA é o uso como energia. Em Minnesota, por exemplo, uma planta foi construída como uma unidade capaz de queimar a biomassa sob a forma de cavacos de madeira. Atualmente, a planta consome até 300.000 toneladas de cavacos de madeira por o ano, primeiramente originário das remoções urbanas da árvore, levando a reduzir emissões de CO₂ por 280.000 toneladas por o ano. A estimativa é que 17 milhões de toneladas de árvores removidas urbanas da árvore por o ano nos estados possam suportar mais suportar 57 plantas similares da bioenergia com a mesma capacidade.

De acordo com Souza (1997, apud POSONSKI, 2005), os resíduos florestais, além de serem utilizados para a geração de energia de diversas formas, como queima direta, briquetes de madeira, carvão, briquetes de carvão e paletes, podem também ser utilizados de várias outras maneiras, como na fabricação de pequenos objetos e utensílios tais como: brinquedos, artigos para copa e cozinha, cabos de ferramentas, artigos desportivos, decorativos e de recreação, produção de chapas de partículas de diferentes composições, cama para aviários, currais e estábulos, compostagem para adubação e complementos orgânicos para o solo, produção de fibras para diversos fins tais como: chapas, isolamento termo-acústico, papel, papelão, produção de pacotes para a contenção de encostas, obtenção de matéria-prima para a indústria de tintas, vernizes, corantes, adesivos, indústria alimentícias e solventes, através da extração de voláteis etc.

Por tudo isso, espera-se que esse trabalho possa contribuir com a geração de informações sobre resíduos de poda e remoção, para a elaboração de planos de gestão, e como esses instrumentos podem ajudar a que se alcance uma solução integrada.

2.7 Características físicas da madeira para definição de potenciais usos

Dentre as propriedades físicas mais importantes da madeira para uso em pequenos objetos, encontra-se a densidade básica e aparente, assim como a umidade, cor e desenho. Essas características concedem informações essenciais para a tomada de decisão com relação às limitações e aos usos potenciais da madeira.

Segundo NBR 11941:2003, entende-se como densidade básica da madeira a relação da massa seca em estufa a aproximadamente 105°C e o respectivo volume da madeira, acima do ponto de saturação das fibras.

Foelkel, Brasil e Barrichelo (1971) definem a densidade básica como a relação entre a massa da madeira absolutamente seca, em gramas ou toneladas, e seu volume, respectivamente em centímetros cúbicos ou metros cúbicos, quando em estado de completa saturação de água.

A densidade básica é indiscutivelmente aceita como um dos principais parâmetros de qualidade da madeira quando se visa sua utilização como matéria prima industrial ou energética (MENDES et al., 1999). Está relacionada a fatores como retratabilidade e o inchamento, a resistência mecânica, a produção e a qualidade de polpa celulósica, ao rendimento e qualidade de produtos, como o carvão vegetal, a custos operacionais voltados, por exemplo, o transporte e armazenamento.

A densidade da madeira varia entre espécies, entre indivíduos e procedências da mesma espécie e dentro da árvore, tanto no sentido longitudinal, ou seja, da base para o topo (BARRICHELO et al., 1983 apud MENDES et al. 1999), como no sentido radial, da medula para a casca (MENDES et al., 1999).

Panshin e De Zeew (1970) e Mendes et al. (1999) apresentam uma síntese dos padrões de variação longitudinal:

1. decresce uniformemente com a altura;
2. decresce até certo ponto e cresce deste, até o topo da árvore. Algumas vezes, pode decrescer levemente nas partes superiores;
3. crescente da base para o topo, não obedecendo a um padrão uniforme de variação.

A densidade da madeira é uma propriedade resultante de fatores como dimensões das células, espessura e composição química da parede celular, além de percentuais de ocupação dos variados tipos de células.

Segundo Foelkel et al. (1983) as dimensões dos elementos celulares variam em função da idade do vegetal. Além disso, a densidade básica tem íntima relação com alguns aspectos tecnológicos e econômicos importantes. Citam-se, como exemplos, a retratabilidade e o inchamento, a resistência mecânica, a produção e a qualidade da polpa, a produção e a qualidade do carvão vegetal e os custos operacionais ligados ao transporte e armazenamento da madeira.

Segundo Vital, (1984); Brown (1952); Haygreen, (1982) e Panshin, (1982) apud Moya Roque (2005), a variação da densidade básica da madeira ocorre em consequência das variações na espessura da parede celular e no tamanho das células, e da inter-relação entre esses fatores e da quantidade de substâncias extraíveis presentes. Dessa forma, via de regra, madeiras com massas específicas maiores

possuem paredes celulares mais espessas e lumens menores, portanto, poucos espaços vazios o que implica em menores umidades máximas. Madeiras com tal característica, ou seja, com maior massa específica, apresentam maiores resistências mecânicas, podendo ser utilizadas em estruturas como vigas, colunas, móveis; e, quando utilizadas para a produção direta de calor, pela combustão, liberam maior quantidade de calor por unidade volumétrica; quando utilizadas de forma indireta, pela carbonização, produzem carvão de maior massa específica e, portanto maior concentração de calor por unidade de volume.

O teor de umidade é outro parâmetro considerado importante. Segundo Silva, Oliveira, Hellmeister e Tomazello Filho (2005) a umidade da madeira tem implicação com o seu processamento, uma vez que na secagem as peças com maiores gradientes de umidade tendem a apresentar defeitos, como o fendilhamento e o empenamento.

Madeira mais homogênea, no que diz respeito à sua densidade no interior do tronco, sem dúvida nenhuma poderá se comportar melhor nas operações de processamento e refletir maior uniformidade nas demais propriedades tecnológicas. As peças de madeira com menor variação de densidade são adequadas para utilizações que exigem material homogêneo e com menor variabilidade nas propriedades físico-mecânicas (SILVA OLIVEIRA, HELLMEISTER e TOMAZELLO FILHO, 2005).

Segundo Brito e Barrichello (1980), existe uma alta correlação entre densidade básica da madeira e densidade aparente do carvão. Sabendo disso torna-se, portanto, importante a escolha de espécies de madeira de acordo com a densidade básica para a produção de carvão, permitindo-se antever o comportamento do mesmo mediante a avaliação da densidade da madeira de onde se originou.

Além dos parâmetros físicos existem diversos outros que precisam ser considerados para a tomada de decisão com relação a aplicação destes resíduos tais como:

- a sazonalidade de produção: consiste em verificar se há variação da geração dos resíduos ao longo do tempo;
- composição dos resíduos: verificar os seus componentes e nível de periculosidade, a fim da tomada de decisão com relação ao seu uso;

- local de geração: para fins de verificação da logística que será envolvida para a retirada e transporte;
- escala de geração: a quantidade é fato importante para fins de insumo para produção de outros materiais.

2.8 Instrumentos para a Gestão ambiental urbana

Um conjunto de instrumentos de gestão, com normas e diretrizes podem contribuir direta ou indiretamente para a redução da geração de resíduos de poda, bem como para o seu gerenciamento adequado.

Segundo Mota (1999), o Plano Diretor é um dos instrumentos básicos de orientação do desenvolvimento e expansão urbana, devendo conter as diretrizes para o crescimento econômico e social justo e ecologicamente equilibrado. Deve ser executado pelo Governo Municipal, porém, deve considerar a participação dos segmentos representativos da sociedade.

Para servir como um instrumento eficaz para as práticas da conservação ambiental, o Plano Diretor necessita ser elaborado considerando-se os aspectos naturais, sociais, econômicos e culturais da cidade.

De acordo com o artigo 182 da Constituição Federal de 1988, toda cidade com mais de 20.000 habitantes fica obrigada a ter um Plano Diretor aprovado pela Câmara Municipal, o qual será seu instrumento de política de desenvolvimento e de expansão urbana (FRANCO,1999).

Para Lopes (2003) além da Lei do Plano Diretor, são necessários outros instrumentos para um bom planejamento urbano: (1) Lei de uso e Ocupação do Solo; (2) Lei do Parcelamento do Solo; (3) Lei do Sistema Viário; (4) Código de Obras e o (5) Código de Posturas que devem estar em consonância com a (6) Lei Orgânica Municipal.

Segundo Mota (1999), essas leis devem seguir os seguintes critérios:

- Lei de Uso e Ocupação do Solo tem como objetivo disciplinar o uso do território municipal, definindo a melhor distribuição espacial das atividades socioeconômicas e da população, através do zoneamento da cidade;

-Lei de Uso e Parcelamento do solo é muito importante para o controle da ocupação do solo urbano. Através dela, o município pode exigir uma distribuição adequada dos lotes, equipamentos e vias públicas, priorizando a manutenção da qualidade ambiental. Também é conhecida como Lei de Loteamentos e estabelece diretrizes para os projetos de parcelamento de glebas urbanas;

-Lei do Sistema Viário define o esquema de circulação de veículos da cidade, estabelecendo as vias principais, secundárias e locais. Trata ainda do alargamento, prolongamento e abertura de novas vias e do sistema de transporte de passageiros;

- Código de Obras é a lei que disciplina as edificações com o objetivo de garantir as condições de higiene, saúde, conforto e segurança da população;

- Código de Posturas é a lei que disciplina a utilização dos espaços públicos ou de uso coletivo, com a intenção de garantir as condições de higiene, ordem pública e segurança;

- Lei Orgânica é a estrutura base do município, pela qual este será administrado. Ela define as responsabilidades municipais, a organização dos poderes municipais, a constituição e os deveres da administração municipal, além de dispor sobre a ordem econômica e social.

O município pode definir outras normas e diretrizes para um melhor controle ambiental; ou ainda, utilizar dispositivos estaduais ou federais que, direta ou indiretamente, tratem da proteção ambiental, como as leis de controle da poluição ambiental, de padrões de qualidade ambiental, de proteção de mananciais, as normas de controle da erosão do solo e as resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente.

O conhecimento das áreas ocupadas de uma cidade é um importante parâmetro para o planejamento territorial e para a avaliação do uso dos recursos naturais, sobretudo, nas regiões densamente urbanizadas e naquelas que apresentam restrições e fragilidades ambientais.

Neste sentido o conhecimento de instrumentos de gestão aliados a caracterização dos resíduos de poda e ao conhecimento dos seus fatores geradores, podem contribuir para a elaboração de estratégias de gerenciamento integrado e valorização do resíduo de poda.

2.8.1 Políticas públicas: definições e limitações

Segundo a Secretaria da Mulher (BRASIL, 2009), políticas públicas compreendem as decisões de governo em diversas áreas que influenciam a vida de um conjunto de cidadãos. São os atos que o governo faz ou deixa de fazer e os efeitos que tais ações ou a ausência destas provocam na sociedade.

Constituem-se como forma de regulação ou intervenção na sociedade; articulam diferentes sujeitos com interesses e expectativas diversas; correspondem ao que os governos decidem fazer ou não.

Portanto, política pública é o conjunto de ações ou omissões sob a responsabilidade do Estado; se organizam a partir da explicitação e intermediação de interesses sociais organizados em torno dos recursos produzidos socialmente.

Para O Donnell (1991) o agir estatal e administrativo se baseiam em formas clientelistas de interação, visam mais o caso individual e não soluções coletivas. A política efetiva não vem sendo produzida e implementada, ou só em proporções limitadas, dentro das instituições e de acordo com os procedimentos formalmente previstos na Constituição ou nas leis orgânicas dos municípios, e segue só de forma restrita os padrões de política aspirados teoricamente com os respectivos arranjos institucionais e procedimentais.

No que concerne à análise de políticas públicas, isso significa que se considera não apenas a tendência a uma crescente fragmentação e setorialização do processo político, mas acima de tudo a interferência de padrões peculiares de comportamento político como o clientelismo, o populismo ou o patrimonialismo que eventualmente exercem uma influência maior na definição das políticas públicas do que as instituições formais; ou, colocado de outra maneira, estes vícios políticos desconfiguram e descaracterizam os arranjos institucionais formais (O DONNELL, 1991)

Há necessidade de desenvolver mecanismos para o aumento da capacidade dos atores políticos de compreender o funcionamento das instituições políticas e, desta maneira, saber conduzi-las de forma mais eficiente.

Para Ferreira (2006) as políticas públicas estão hoje a meio caminho entre um discurso atualizado e um comportamento social bastante predatório: por um lado, as

políticas públicas têm contribuído para o estabelecimento de um sistema de proteção ambiental no país; mas, por outro, o poder público é incapaz de fazer cumprir aos indivíduos e às empresas uma proporção importante da legislação ambiental.

Neste sentido o desenvolvimento da pesquisa e conhecimento dos problemas e o desenvolvimento de alternativas para o gerenciamento adequado de resíduos da arborização devem estar atrelados a criação de mecanismos para institucionalizar procedimentos, fundamentar legislação municipal, envolver atores sociais e contribuir para a geração de trabalho e renda com a valorização dos resíduos de poda.

2.8.2 Políticas ambientais na administração municipal

A administração pública municipal, via de regra, desenvolve o planejamento urbano com visão modular e setorial, tendo dificuldade para integrar vários componentes que interagem na vida social e econômica da cidade.

Para Zurita (2004) nenhum plano de gestão ambiental poderá ter sucesso sem a participação dos cidadãos e está será tanto maior e qualificada quanto mais estímulo aos canais de participação houver.

A educação ambiental é fundamental para ajudar os cidadãos a conhecer os problemas existentes e encontrar soluções por meio dos diferentes mecanismos de participação e decisão dos rumos das cidades (MENEGAT; ALMEIDA, 2004).

Para Milaré (2000) é necessário o envolvimento do cidadão no equacionamento e na implementação da política ambiental, dado que o sucesso desta supõe que todas as categorias da população e todas as forças sociais, conscientes de suas responsabilidades contribuam para proteção e melhoria do ambiente.

A política ambiental do município deve estabelecer o rumo a ser seguido na elaboração do sistema de gestão ambiental, visando atingir o nível de qualidade ambiental. Deve estar em sintonia com as demais políticas que regem as atividades no município, evitando gerar conflitos, desgastes, esforços e recursos em direções opostas (ZURITA, 2004).

A política ambiental deve ser mais ampla possível para sobreviver no tempo e as disputas partidárias, estar integrada as demais áreas da administração, constituindo

parte da gestão do município e refletir os valores inerentes ao local, a sua agenda de prioridades socioambientais (agenda 21) e integrada às demais ações locais e regionais. Deve ser de conhecimento público e ser entendida por todos os seus atores sociais.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local de estudo

O trabalho foi desenvolvido no município de Piracicaba (SP) (Figura 3), situado entre as coordenadas geográficas 22°42' de latitude sul e 47°38' de longitude oeste de Greenwich, numa altitude de 540 m.

O clima é do tipo tropical úmido, classificado pelo sistema de Koeppen como Cwa, a precipitação pluviométrica está em torno de 104,86 mm/mês, com umidade relativa de 71% e evapotranspiração, em média, de 443 mm. A temperatura média mínima é de 15,6 °C e a máxima é de 28,2 °C (IPPLAP, 2008).

O município apresenta uma população de aproximadamente 365,4 mil habitantes, sendo que 92% vivem na área urbana (IPPLAP, 2008).

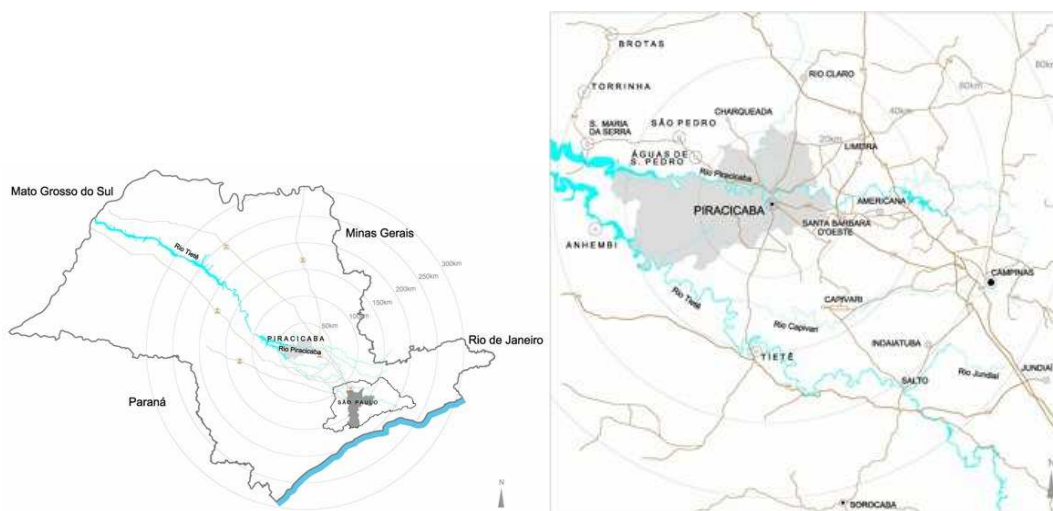


Figura 3 - Localização do município de Piracicaba – SP. (IPPLAP, 2008)

3.2 Caracterização do sistema de poda e remoção da arborização urbana e de sua gestão

Para a caracterização do sistema de poda e remoção da arborização urbana, realizados pela Prefeitura Municipal, foram coletadas informações sobre os seguintes aspectos:

- 1 procedimentos e operações realizados para a execução dos serviços de poda e remoção;
- 2 destinação dos resíduos;
- 3 características da mão-de-obra responsável pela execução das atividades;
- 4 custos para a realização da poda e da remoção;
- 5 requisitos legais e normativos;
- 6 modelo de gestão – serviços contratados, organograma e fluxograma de operação.

Os dados foram obtidos por meio da:

- 1 análise do documento de licitação do serviço de poda e remoção da arborização urbana do município de Piracicaba;
- 2 realização de entrevistas com técnicos da Prefeitura Municipal, da concessionária de energia elétrica e de serviços contratados.

As informações foram coletadas através de entrevistas, utilizando-se roteiros semi-estruturados. Foram entrevistados os elementos-chave para a caracterização do sistema de gestão (Tabela 3):

Tabela 3 - Indicação dos entrevistados, funções e local de atuação

Local	Entrevistado/função	Roteiro de apoio
Prefeitura Municipal – (Secretaria de Defesa do Meio Ambiente) SEDEMA	Engenheiro agrônomo responsável pelos serviços de poda e arborização	Anexo A
Empresa contratada pela Prefeitura Municipal	Engenheiro agrônomo da empresa terceirizada, responsável pela gestão da equipe de execução da poda e remoção da arborização.	Anexo B
Empresa contratada pela Prefeitura Municipal	Técnicos operacionais da poda e remoção.	Anexo C
Concessionária de energia elétrica	Funcionário técnico do setor de distribuição de energia elétrica e responsável pelo serviço de poda.	Anexo D
Empresa prestadora de serviço de poda da concessionária de energia elétrica	Funcionário encarregado operacional da empresa que presta serviço para a realização da poda à concessionária	Anexo E

Complementarmente, foram realizados acompanhamentos das operações de poda e remoção por um período de 15 meses, a fim de compreender melhor o cenário das operações de poda, da gestão dos resíduos da arborização no município e checar as informações obtidas por meio da entrevista (Anexo F).

Foram utilizados, ainda, dados secundários do estudo sobre a gestão de resíduos da arborização urbana em 56 municípios do Estado de São Paulo, desenvolvido pelo Laboratório de Movelaria e Resíduos Florestais da ESALQ/USP (CAMILO, ESPADA e MARTINS, 2008).

A partir das informações obtidas, elaborou-se um fluxograma para a gestão dos resíduos da poda e remoção no município.

3.3 Quantificação dos resíduos de poda e remoção

A quantificação dos resíduos foi feita de acordo com os seguintes objetivos:

- a) Determinar o volume total de resíduos, gerado pelas operações realizadas pela Prefeitura Municipal;
- b) Determinar o volume total de resíduos, gerado pela concessionária de energia elétrica, através de dados secundários fornecidos pela empresa por ela contratada para a realização da poda;
- c) Determinar o volume total mensal de resíduos, gerado na cidade;
- d) Determinar o volume de resíduos, por espécie, referente às 10 espécies de maior frequência no município, por meio da quantificação direta do material proveniente da poda e remoção, realizada pela Prefeitura Municipal;
- e) Determinar o volume de resíduos, por classe diamétrica.

3.3.1 Definição da amostragem das espécies

O ponto inicial da pesquisa foram os estudos, já realizados por Silva Filho (2009), sobre a arborização urbana no município de Piracicaba que, por meio de um inventário, quantificou o número de indivíduos arbóreos, identificou as espécies mais frequentes da arborização viária e estimou as necessidades de plantio para o mesmo.

A partir dos dados desse inventário, foram selecionadas as 10 espécies de maior frequência no município (Figura 4) para este estudo.

Foram coletados dados de 30 exemplares de cada espécie, totalizando 300 indivíduos amostrados, para os quais foram realizadas as pesagens da biomassa podada. Posteriormente, foi incluída mais uma espécie, totalizando 11. Isso porque a falsa murta (*Murraya paniculata*), está em vias de erradicação no Estado de São Paulo, segundo o Projeto de Lei Estadual nº 1291, de 2008, por ser hospedeira do vírus do *citrus* (*greening*).

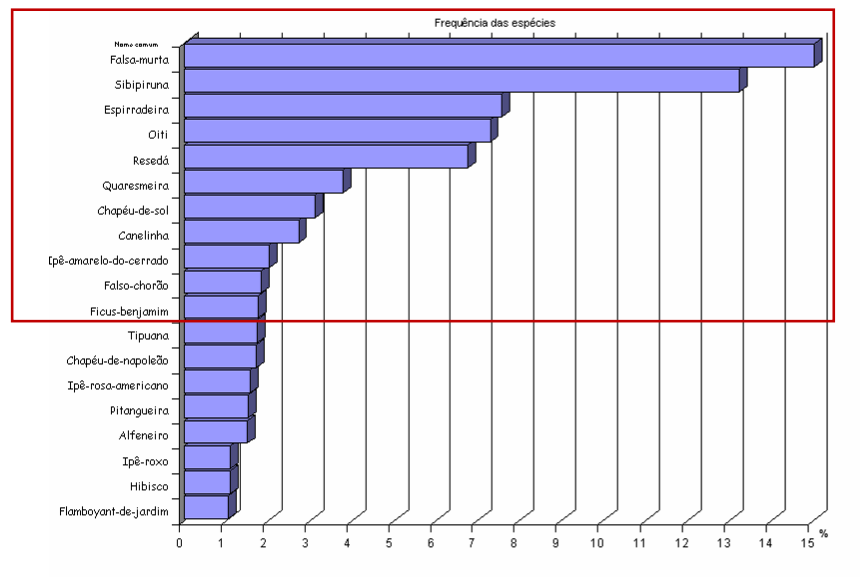


Figura 4 - Espécies mais frequentes no município de Piracicaba. Dados de inventário da arborização urbana. Fonte: Silva Filho (2009)

Tabela 4 - Resumo sobre as características e usos comuns das espécies amostradas

(Continua)



Espécies	Características	Usos potenciais
 Sibipiruna <i>Caesalpinia peltophoroides</i> Benth. Fabaceae	<p>Tronco de 30 a 40 cm de diâmetro. A floração da espécie ocorre, geralmente, oito anos após o plantio e, cada exemplar, cultivado em condições adequadas, pode viver por mais de cem anos.</p>	<p>A árvore é muito utilizada no paisagismo urbano em geral, sendo também indicada para projetos de reflorestamento pelo seu rápido crescimento e grande poder germinativo. Sua madeira pode ser utilizada na construção civil e na fabricação de móveis e caixotes.</p>
 Falso-chorão <i>Schinus molle</i> L. Anacardiaceae	<p>Atinge a altura de 4 a 8 m e seu tronco tem de 25 a 35 cm de diâmetro. Cresce principalmente em terrenos secos e arenosos, adaptando-se a terras pouco férteis e pedregosas. Tolerância à seca e resiste à geada, florescendo entre agosto e novembro. Suas mudas nascem, rapidamente, entre 30 e 40 dias, podendo ser transplantadas quando atingirem de 25 a 40 cm. É possível que elas cheguem a 3 m, em dois anos.</p>	<p>Sua madeira é dura, utilizada para a confecção de mourões, esteios e em trabalhos de torno. É uma árvore utilizada em paisagismo e na arborização de ruas.</p>

Tabela 4 - Resumo sobre as características e usos comuns das espécies amostradas
(Continuação)

Espécies	Características	Usos potenciais
 <p>Resedá <i>Lagerstroemia indica</i> Lythraceae</p>	<p>Seu porte chega a 6 m de altura, sendo que, suas folhas são elípticas e com bordas onduladas. O tronco, muito belo e liso, apresenta tons claros e é marmorizado. As inflorescências, formadas ainda no inverno, contêm inúmeras flores crespas de coloração rosa, branca, roxa ou vermelha, de acordo com a variedade.</p>	<p>Perfeita para as calçadas, o resedá é uma arvoretta que não possui raízes agressivas, além de ter um belo florescimento. É resistente à poluição urbana.</p>
 <p>Quaresmeira <i>Tibouchina granulosa</i> a Cogn. Melastomataceae</p>	<p>Entre as diversas espécies de quaresmeiras existentes, a <i>Tibouchina granulosa</i> é a mais comum de se ver. É também chamada de flor-da-quaresma, por causa da época de sua floração abundante, situada entre dezembro e março. São perfeitas para o paisagismo em geral, por serem ornamentais e por suas cores, roxo e cor-de-rosa.</p>	<p>As quaresmeiras são árvores de grande valor ornamental, sendo plantas muito utilizadas na arborização urbana.</p>
 <p>Chapéu de sol <i>Terminalia catappa</i> L. Combretaceae</p>	<p>Ela apresenta um caule ereto, cresce de 12 a 35 m de altura e sua casca é pardacenta, áspera e fissurada. A copa é incomum, formada por uma ramagem horizontal, agrupada a espaços regulares no tronco. As folhas são coriáceas, caducas, alternas, grandes, com forma ovalada e cor verde que, gradativamente, mudam para o amarelo e vermelho no outono, antes de caírem. As inflorescências se formam na primavera e são espigas axilares alongadas, com flores pequenas de cor creme.</p>	<p>O chapéu-de-sol é uma árvore indicada para as condições adversas do litoral. Sua copa, ampla e cheia, fornece sombra farta. Além de suas qualidades ornamentais, seus frutos, as amêndoas, são comestíveis. Delas ainda se extrai um óleo fino, utilizado na preparação de pratos especiais e na fabricação de remédios caseiros. Ricas em taninos, flavonóides, fitosteróis e outros princípios ativos, suas folhas são utilizadas na manipulação de medicamentos fitoterápicos e no tratamento da água de criação de peixes. A árvore ainda produz madeira de boa qualidade, dura, avermelhada e resistente à água, que é utilizada no fabrico de móveis, canoas, mourões e caixotes.</p>


Tabela 4 - Resumo sobre as características e usos comuns das espécies amostradas

(Continuação)

Espécies	Características	Usos potenciais
 <p>Canelinha <i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez Lauraceae</p>	<p>Árvore secundária, de copa globosa, quando jovem, e folhas afinadas no comprimento. Sua altura varia de 15 a 25 m, a madeira tem um cheiro pouco agradável, quando fresca, e pode ser empregada em esquadrias. Os seus frutos são muito procurados por pássaros.</p>	<p>Árvore utilizada na arborização urbana, sendo também usada em serrarias e na medicina popular, para aliviar dores reumáticas. Essa espécie é caracterizada pela presença de alcalóides, indólicos, lignóides, fenilpropanóides e flavonóides.</p>
 <p>Ficus-benjamim <i>Ficus benjamina</i> L. Moraceae</p>	<p>Com caule acinzentado, raízes aéreas e ramos pêndulos, ela tem crescimento moderado e, em condições naturais, chega a 30 m de altura. Suas folhas são pequenas, brilhantes e perenes, de coloração verde, branca ou amarela.</p>	<p>O ficus é uma árvore muito popular, utilizada principalmente na decoração de ambientes internos. Além disso, é muito visada em trabalhos topiários, adquirindo belas formas arredondadas e compactas. Suas características a tornam bastante apropriada, também, para a arte do bonsai.</p>
 <p>Espirradeira <i>Nerium oleander</i> L. Apocynaceae</p>	<p>Arbusto lactescente, com porte de 3 a 5 m de altura. Um dos arbustos mais cultivados para o embelezamento público, a espirradeira pode ser observada em muitas avenidas e parques. Apresenta, atualmente, diversas variedades, com flores brancas, amarelas, rosas e vermelhas; dobradas ou simples. É uma planta muito rústica, ramificada e com folhas lanceoladas de coloração verde escura, cujo verso é mais claro.</p>	<p>Utilizada no paisagismo. Por ser muito tóxica, deve ser manipulada cuidadosamente com luvas, e deve ficar longe do alcance de crianças pequenas e de animais.</p>

Tabela 4 - Resumo sobre as características e usos comuns das espécies amostradas

(Conclusão)

Espécies	Características	Usos potenciais
 <p data-bbox="156 678 403 768">Falsa murta <i>Murraya paniculata</i> Rutaceae</p>	<p data-bbox="432 454 842 674">É uma árvore ornamental, de pequeno porte. Espécie exótica, importada da Ásia, é muito utilizada na arborização urbana, não só no Estado de São Paulo, como no resto do Brasil.</p>	<p data-bbox="858 454 1323 864">Foi largamente utilizada na arborização urbana. Entretanto, em 2004, descobriu-se que a mesma é hospedeira do “greening”, o qual é causado por uma bactéria, cujo transmissor é um inseto chamado <i>Diaphorina citri</i>. Nativa da Ásia e da África, também é comum nos pomares brasileiros. Esse vírus afeta o sistema vascular da planta que transporta a seiva, elaborada pelas folhas no processo da fotossíntese.</p>

Fonte: Lorenzi (1992); Lorenzi; Souza e Torres (2003).

3.3.2 Quantificação da biomassa total de poda: serviços da Prefeitura Municipal

Foi feita a quantificação dos resíduos de poda de biomassa úmida total, por meio da pesagem do caminhão que realiza a retirada da poda e os transporta até o atual local de disposição. Atualmente triturados, esses resíduos são retirados por trabalhadores de uma empresa, contratada pela Prefeitura Municipal.

A pesagem do caminhão e das cargas com biomassa de poda foi concedida pela Empresa Equipav Ltda, que possui uma unidade próxima à área de deposição do material de poda e remoção de Piracicaba (até 2009), situada no bairro Glebas Califórnia (Figura 5).



Figura 5 - Pesagem da carga dos resíduos da arborização urbana triturados

Durante os meses de agosto a dezembro de 2008, foram realizadas as pesagens das cargas de poda. Foi realizada a pesagem do caminhão com capacidade de 6 m³ para a obtenção da tara do mesmo. O peso do caminhão sem carga foi de 6.750kg. Posteriormente, subtraíram-se desse valor todos os pesos realizados.

3.3.3 Quantificação dos resíduos de poda, gerados pela concessionária de energia elétrica

Inicialmente, foi realizada uma reunião com o engenheiro florestal, técnico da concessionária de energia elétrica, responsável pelo setor de meio ambiente para a definição das estratégias de quantificação.

Houve uma tentativa de quantificação *in loco* da poda feita pela concessionária. Entretanto, por não haver uma grande repetição do serviço e pela dificuldade de acompanhamento das podas, foram utilizados dados secundários, referentes à quantidade de cargas semanais e ao peso médio, fornecidos pela empresa contratada pela concessionária para a realização da poda.

3.3.4 Quantificação de resíduos de poda por espécie

A quantificação foi feita por meio de uma ficha de campo, conforme o Anexo F,

com informações sobre o local e o motivo da poda, a sua intensidade, a largura de calçada, a área de canteiro, o CAP (Circunferência a Altura do Peito), a área de copa, além de dados sobre o desenvolvimento da árvore na área urbana.

O CAP foi medido com uma fita métrica e, posteriormente, convertido em DAP (Diâmetro a Altura do Peito), conforme demonstrado na eq.1.

$$DAP = CAP / \pi \quad (1)$$

π = pi equivalente a 3,1416

DAP (Diâmetro a Altura do Peito).

CAP (Circunferência a Altura do Peito)

Para a medição do material resultante da poda, foram utilizadas balanças de gancho retrátil, marca Pesola, de 5 kg, para folhas e galhos finos e, de 35 kg para galhos maiores, além de uma trena de 5 m (Figura 6). Adaptou-se uma corrente para segurar a poda e facilitar a pesagem.

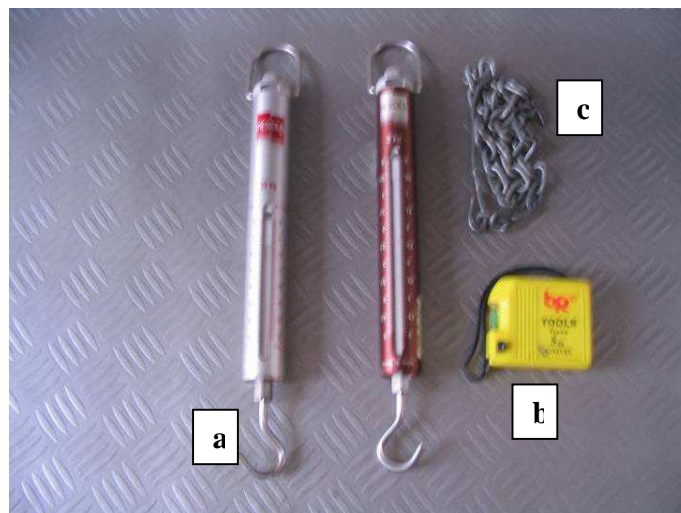


Figura 6 - Balanças retráteis do tipo gancho (a), trena (b) e (c) corrente adaptada utilizadas para a quantificação dos resíduos de poda

Com a finalidade de conhecer a pesagem, a biomassa por espécie foi dividida em quatro categorias, conforme o diâmetro, sendo: 0-8 cm, 8,1-15 cm, 15,1-25 cm e acima de 25 cm. Essas categorias foram assim definidas para facilitar a operação da

pesagem e prever futuros usos da biomassa, para fins de compostagem, produção de carvão vegetal e confecção de pequenos objetos de madeira.

Aferiu-se ainda a altura da árvore com o uso de uma trena para os arbustos e, para as árvores maiores, ela foi estimada com base nas fiações telefônicas e de energia elétrica.

A área de copa foi medida com trena, aferindo-se seus dois diâmetros, denominados D1 e D2, e aplicando-se a eq. 2:

$$\text{Área de copa} = \pi * ((D1 * D2) / 4) \quad (2)$$

Onde:

π é o pi equivalente a 3,1416

D1 é o diâmetro menor da copa

D2 é o diâmetro maior da copa

A idade das árvores foi estimada, perguntando-se ao morador e à vizinhança a época na qual a mesma havia sido plantada.

Houve acompanhamento da equipe de poda da empresa contratada pela Prefeitura Municipal para a realização da poda, remoção e plantio de árvores no município. A meta era verificar, principalmente, o procedimento e a intensidade da poda. A coleta de dados foi realizada de janeiro de 2008 a março de 2009, em dezesseis bairros do município de Piracicaba.

3. 3. 5 Análise estatística dos resíduos da arborização urbana

Foi realizada a análise dos resíduos totais e por espécie. Esse segundo inclui a área de copa, altura, área de canteiro, altura da primeira bifurcação.

Para todas essas variáveis foram calculadas as médias, as medianas, assim como o limite inferior e o superior no *software* Excel.

3.5 Desenvolvimento de métodos de quantificação de resíduos da arborização urbana e ajuste de equações empíricas para estimativa de volume de resíduos

Foram testados diversos modelos de equações, a fim de estimar a biomassa de resíduos, por espécie e por intensidade de poda e análises de biomassa total.

A seleção dos modelos foi feita através do Critério de Informação de Akaike (AIC) (AKAIKE, 1974, 1985 apud VISMARA, 2009), sendo que quanto menor o valor de AIC obtido pelo modelo, melhor sua qualidade para realizar previsões de biomassa, considerando os dados coletados. O critério de informação de Akaike classifica, quanto ao seu ajuste, vários modelos concorrentes *a priori* selecionados, independente de sua função de distribuição e da relação funcional considerada para descrever a média.

No entanto, se todos os modelos testados forem pobres no que se refere ao ajuste, o AIC, ainda assim, indicará o melhor entre eles. Para verificar a qualidade do ajuste dos modelos selecionados por este critério, foi realizada uma análise gráfica dos resíduos. O exame gráfico dos resíduos visou analisar o desempenho do modelo na previsão do próprio conjunto de dados a fim de avaliar a magnitude do erro na previsão da biomassa de árvores de diferentes tamanhos (VISMARA, 2009).

Outra medida que foi usada para avaliar o ajuste do modelo selecionado é o coeficiente de determinação empírico (R^2) (eq. 3):

$$R^2_e = 1 - \frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2} \quad (3)$$

onde y_i é a biomassa observada, \hat{y}_i é biomassa predita pelo modelo e \bar{y} é a média da biomassa observada.

Este coeficiente fornece uma medida de superioridade do modelo selecionado em relação ao modelo mais simples que é a média amostral, sendo um indicativo da qualidade do ajuste do mesmo.

Após a seleção do modelo, avaliaram-se os comportamentos dos modelos para cada espécie e para a intensidade de poda.

Os modelos testados foram os de *Log Spurr*, *Spurr* e *Shumacher Hall*, geralmente empregados no setor florestal (eq. 4, 5 e 6).

Sendo:

$$\text{Spurr} \quad b = \beta_0 + \beta_1 (d^2 h) + \varepsilon \quad (4)$$

$$\text{Log-Spurr} \quad \ln(b) = \beta_0 + \beta_1 \ln(d^2 h) + \varepsilon \quad (5)$$

$$\text{Schumacher-Hall} \quad \ln(b) = \beta_0 + \beta_1 \ln(d) + \beta_2 \ln(h) + \varepsilon \quad (6)$$

Onde:

β_0 é o intercepto do modelo

β_1 é o parâmetro do modelo

d é o diâmetro da árvore podada

h é a altura da árvore podada

ε é o erro

O ajuste dos modelos foi desenvolvido no pacote “stats4” do software estatístico “R”, utilizando a função de ajuste “mle” (*maximum likelihood estimation*), que utiliza por default a função “optmin” para otimização numérica. O ajuste foi realizado em conjunto com o Laboratório de Métodos Quantitativos, do Departamento de Ciências Florestais, da ESALQ/USP.

3.6 Fatores geradores dos resíduos

Os fatores que levam à geração de resíduos de poda e arborização foram levantados por meio de:

- 1 acompanhamento da poda *in loco*, de janeiro de 2008 a março de 2009 e entrevistas com a equipe de poda, contratada pela Prefeitura Municipal;
- 2 levantamento de dados secundários sobre a relação da comunidade piracicabana com as árvores urbanas e os principais motivos para a solicitação da poda;
- 3 caracterização da operação da poda no município de Piracicaba (intensidade de poda, espécies mais podadas etc.)

3.7 Frequência de geração de resíduos de poda e remoção

Foi fornecida ao motorista da empresa de poda e remoção da arborização urbana uma ficha para que ele registrasse as seguintes informações: as quantidades, datas e horários de descarregamento das cargas de resíduos de poda e remoção no aterro, durante os meses de agosto a dezembro de 2008.

Os dados de frequência de cargas de resíduos de poda e remoção foram também enviados pela empresa Bioland, de junho a setembro de 2009, a qual passou a receber o material proveniente da prefeitura municipal, para uso em compostagem.

3.8 Avaliação do potencial de aproveitamento dos resíduos da arborização urbana na produção de carvão, composto orgânico e produtos sólidos de madeira

As amostras de galhos das espécies citadas acima foram coletadas no momento da poda, para fins de ensaios laboratoriais (Tabela 5) para caracterização física e carbonização, análise da qualidade do carvão, produção de pequenos objetos de madeira e, desta forma, determinar os usos potenciais dos resíduos e suas possíveis limitações.

Tabela 5 - Ensaio laboratoriais para avaliação do potencial de aproveitamento dos resíduos da arborização urbana para diferentes fins

Usos Potenciais	Ensaio
Objetos sólidos de madeira	Teor de umidade, densidade básica e aparente e análise da cor.
Lenha	Teste de carbonização
Carvão vegetal	Análise imediata: determinação de teor de cinza, carbono fixo, umidade e materiais voláteis.
Composto orgânico	Análise laboratorial da composição química dos resíduos de poda, montagem de pilhas de compostagem e análise de qualidade do composto.

3.8.1 Caracterização física da madeira de poda e remoção de espécies da arborização urbana

3.8.1.1 Teor de umidade

Realizou-se a determinação do teor de umidade de acordo com a ABNT - NBR 14660:2004.

Amostras aleatórias de resíduos de arborização urbana das onze espécies de maior frequência, no município de Piracicaba, foram coletadas para a preparação dos corpos de prova, cortados em discos com 5 cm de altura. Todos os resíduos coletados para a preparação das amostras apresentavam um diâmetro superior a 8 cm. Em seguida, os corpos de prova foram pesados para se obter sua massa natural. Efetuaram-se três repetições, por espécie, para garantir uma maior segurança dos resultados.

Logo após, foi feita a secagem em estufa a, aproximadamente, 103°C, até que a massa se estabilizasse, isto é, que as pesagens sucessivas não ultrapassassem variação maior que 0,2g.

Com a estabilização, aproximadamente vinte dias depois do início da secagem, foi calculado o teor de umidade pelo método gravimétrico (eq.7).

$$U = \frac{M_1 - M_2}{M_2} \times 100 \quad (7)$$

Onde:

U é o teor de umidade, em porcentagem;

M1 é a massa da amostra em seu estado natural, em gramas;

M2 é a massa da amostra após secagem em estufa a, aproximadamente, 103°C, em gramas.

3.8.1.2 Determinação da densidade básica

A determinação da densidade básica foi realizada conforme a ABNT - NBR 11941:2003.

Neste ensaio, os corpos de prova em forma de disco, anteriormente utilizados para obtenção do teor de umidade (com 5 cm de altura e acima de 8 cm de diâmetro), foram submersos em água até atingirem o ponto máximo de saturação das fibras.

Depois de atingido tal ponto, obteve-se o peso úmido dos discos por meio de pesagem convencional, e o peso imerso, com o auxílio de uma balança hidrostática, na qual cada disco foi preso em uma haste e mergulhado. Isso foi feito, evitando-se o toque na parede ou no fundo do recipiente, o que tornou possível que a parte superior do disco facesse o nível da água. Para os cálculos, utilizou-se a massa em gramas das amostras, devidamente secas, já obtidas previamente na determinação do teor de umidade.

Foram realizadas três repetições, por espécie, também para assegurar a precisão dos resultados.

Com a finalidade de obter a densidade básica da madeira utilizou-se a equação 8:

$$Db = \frac{Ms}{(Ps - Pi)} \quad (8)$$

Onde:

Db é a densidade básica da madeira, em gramas por centímetro cúbico;

Ms é a massa da amostra seca em estufa a, aproximadamente, 103°C, em gramas;

Ps é a massa da amostra saturada, em gramas;

Pi é a massa da amostra imersa em água, em gramas.

3.8.1.3 Determinação da densidade aparente

A determinação da densidade aparente foi desenvolvida conforme a ABNT NBR 14984:2003. Primeiramente, realizou-se a pesagem e a medição do comprimento, largura e altura dos corpos de prova prismáticos, com dimensões de 2 x 2 x 5 cm. Logo após, eles foram conduzidos à estufa e pesados, sucessivamente, até que seu peso seco ficasse estável (a estufa estava, aproximadamente, a 103° C). Quando isso aconteceu, os mesmos foram retirados da estufa e deixados na temperatura ambiente, para que atingissem a umidade de 12% (umidade de equilíbrio). Então, foram medidos seu comprimento, altura e largura para a obtenção do volume a 12%.

Em média, realizaram-se três repetições, por espécie, ainda com a finalidade de que os resultados tivessem um alto grau de exatidão.

Para obter a densidade aparente da madeira utilizou-se a equação 9:

$$Da = M_{12\%} / V_{12\%} \quad (9)$$

Onde:

Da é a densidade aparente da madeira, em gramas por centímetro cúbico;

$M_{12\%}$ é a massa da amostra com volume de água de 12%, em gramas;

$P_{12\%}$ é a massa da amostra a 12%, em gramas.

3.8.1.4 Análise estatística dos resultados da caracterização física da madeira dos resíduos da arborização urbana

Para a umidade, densidade aparente e densidade básica fizeram-se análises descritivas dos dados, tais como: a média, o desvio padrão e o coeficiente de variação.

Os parâmetros de caracterização dos materiais utilizados foram estudados, estatisticamente, através da análise de variância. Quando a mesma detectou alguma diferença estatística no nível de 5%, entre os materiais em questão, realizou-se o teste de Tukey, por meio do Programa SAS (System of Analysis Statistics).

3.8.1.5 Análise de cor

Das dez espécies arbóreas mais encontradas na arborização urbana de Piracicaba (SP), foram retiradas amostras retangulares de tamanho médio de 15x8cm de resíduo de poda, para análise da cor da madeira, por meio do Espectrofotometro CM – 2500D, acoplado a um computador, utilizando o sistema CIELAB 1976. Analisaram-se as cores por dois tipos de leitura: com verniz fosco e sem verniz, com três repetições cada. A medida do ângulo do observador era de 10°, e o iluminante utilizado foi o do tipo luz difusa D65.

3.8.1.6 Produção de pequenos objetos de madeira

Das dez espécies de maior ocorrência no município de Piracicaba (SP), coletaram-se amostras de galhos, depois de classificadas de acordo com a densidade básica aparente, a umidade, o diâmetro, o desenho e a cor.

Para o desenvolvimento dos produtos, foram utilizados métodos básicos de *design*, que incluem a análise de requisitos e similares, a elaboração de croquis e de projetos, além da execução de protótipos.

Este estudo contou com a participação de graduandos de Engenharia Florestal da ESALQ/USP, sob coordenação da Profa. Dra. Adriana Maria Nolasco, através do programa “Ensinar com Pesquisa”, da Pró-Reitoria de Graduação da USP e, também, da disciplina LCF 699 Gerenciamento de Resíduos Florestais, nos trabalhos semestrais.

3.8.2 Avaliação do potencial de aproveitamento dos resíduos da arborização urbana na produção lenha e de carvão vegetal

Foram realizados testes de carbonização para amostras de resíduos das espécies *Caesalpinia peltophoroides* (Sibipiruna), *Tabebuia sp* (Ipê), *Schinus molle* (Falso chorão); *Terminalia catappa* (Chapéu-de-sol); *Licania tomentosa* (Oiti); *Nectandra megapotic* (Canelinha) e *Ficus benjamina* (Ficus). Para as demais espécies, não foi feita a carbonização, nem a análise do carvão, devido, principalmente, ao fato de haver uma pequena quantidade de galhos com diâmetros adequados para serem carbonizados.

3.8.2.1 Carbonização

Os galhos com diâmetro superior a 8cm foram picados na Seção de Marcenaria e Carpintaria do campus “Luiz de Queiroz”, e transformados em cavacos com dimensões aproximadas de 4 x 4 x 5 cm, para se obter uma maior uniformidade das amostras a serem carbonizadas. Após secagem ao ar, os cavacos foram homogeneizados obtendo-se três amostras por espécie. O processo de carbonização foi realizado no Laboratório de Química, Celulose e Energia do LCF/ ESALQ/ USP.

O carvão foi produzido em forno mufla da marca *Quimis*, a 450 °C. Nele foi acoplado um sistema de condensação para a recuperação do licor pirolenhoso, conforme Vale et al. (2006). Após a conclusão do processo de carbonização, todos esses elementos foram pesados, a fim de se calcular os rendimentos de carvão, de licor pirolenhoso e por diferença os gases não condensáveis.

3.8.2.2 Qualidade do carvão

Os ensaios para a análise imediata das amostras de carvão foram efetuados segundo a ABNT NBR 8112:1986. O ensaio consistiu na determinação dos teores de materiais voláteis, de carbono fixo, de cinzas e de umidade, objetivando-se uma análise imediata do carvão.

O teor de cinzas é o resíduo de óxidos minerais, obtidos pela combustão completa do carvão. Para assegurar a combustão completa, o carvão permaneceu na mufla por um longo período (seis horas). O resíduo oxidado obtido foi calculado como teor de cinzas do carvão vegetal.

Tanto o carbono fixo, como o material volátil, são obtidos quando se efetua o aquecimento do carvão vegetal, pois parte do carbono sai junto com os gases, como elemento formador das moléculas de CO, CO₂ e dos hidrocarbonetos. Essa fração é denominada de material volátil. Uma outra quantidade de carbono permanece relativamente intacta e, como não desaparece junto com a matéria volátil, recebe a denominação de carbono fixo.

3.8.2.3 Análise de dados de carbonização e qualidade do carvão

Foram realizadas análises descritivas dos dados, tais como: a média, o desvio padrão e o coeficiente de variação.

Para os dados de qualidade de carvão vegetal realizou-se, além da análise descritiva, uma análise multivariada, utilizando-se o *software* Excel.

3.8.3 Avaliação de potencial dos resíduos de arborização para a compostagem

Utilizou-se uma amostra composta de material de poda triturado, fornecido pela empresa Engemaia Ltda, contratada pela Prefeitura Municipal para realização das podas e remoções. A trituração foi feita em um equipamento com facas rotativas da marca *Vermeer* BC 1000 XL, (Figura 7), movido a óleo diesel, com variação de

granulometria de 01 a 10 cm.

No Laboratório de Análises de Solo do Departamento de Ciência do Solo, da ESALQ/USP, realizou-se a análise de macronutrientes, do teor de umidade e densidade do material.



Figura 7 - Processo de trituração da poda e remoção da arborização urbana (a) e poda triturada (b)

3.8.3.1 O processo da compostagem

Para o processo de compostagem, foram montadas leiras de 50 kg de materiais cada uma e 1 m de altura (Figura 8), utilizando-se uma proporção de 3:1, ou seja, três partes de carbono para uma de nitrogênio (PEREIRA NETO, 1996).

O ensaio foi realizado na área do CEPARA - Centro de Estudos e Pesquisas em Resíduos Agroindustriais, ligado ao Departamento de Ciência do Solo da ESALQ/USP.

As leiras foram compostas por resíduos de poda triturados e por resíduos orgânicos de restos alimentares cedidos pelo restaurante universitário da Coordenadoria do Campus “Luiz de Queiroz”/USP. Realizou-se o ensaio também com três repetições.



Figura 8 - Formação das leiras para o processo compostagem

As leiras de compostagem, logo após sua montagem, foram acompanhadas por meio do monitoramento da sua temperatura. Dessa forma, tornou-se possível identificar as diversas fases (termófila e mesófila) do processo. O reviramento e a molhagem da pilha foram feitos manualmente, inicialmente vez por semana e posteriormente a cada 15 dias, com auxílio de mangueira, de enxada e de rastelo.

Realizou-se a avaliação semanal da temperatura em três pontos de cada leira, controlada por um termômetro digital portátil (TG 300) com haste metálica, tomando-se cuidado para que ele não entrasse em contato com o solo (Figura 9). Para tanto, a haste foi introduzida até o meio da leira e em diferentes pontos da mesma, conforme recomendado por Kiehl (1985).



Figura 9 - Controle de temperatura da leira de compostagem, com uso de termômetro digital portátil

O tempo do processo de compostagem para material altamente lignificado, como é o caso da poda, foi de, aproximadamente, cem dias. Passou-se o composto pronto por uma peneira rotativa manual (com 0,7 e 2,5 cm de diâmetro), para a sua separação, de acordo com a sua granulometria, se fino ou grosso (Figura 10).



Figura 10 - Peneira separando o material compostado por granulometria

Retirou-se uma amostra composta das três pilhas de compostagem, com cerca de 200 gramas, as quais foram enviadas para análise no Laboratório de Análises de Solo, do Departamento de Ciência do Solo da ESALQ/USP. A finalidade da mesma foi a determinação de parâmetros de qualidade do composto, tais como: a umidade natural,

a base seca a 60-65° e a 110° C., a densidade, o teor de matéria orgânica, a relação carbono-nitrogênio e os macronutrientes.

3.9 Elaboração de sistema de gestão integrada de resíduos de poda e remoção

Para a elaboração do sistema de gestão dos resíduos de poda e remoção, foram levantados, por meio de dados secundários, diversos modelos de gestão baseados naqueles adotados por organizações públicas e privadas (Figura 11) e organizados num novo modelo por Nolasco (2005) e em conceitos de produção mais limpa.

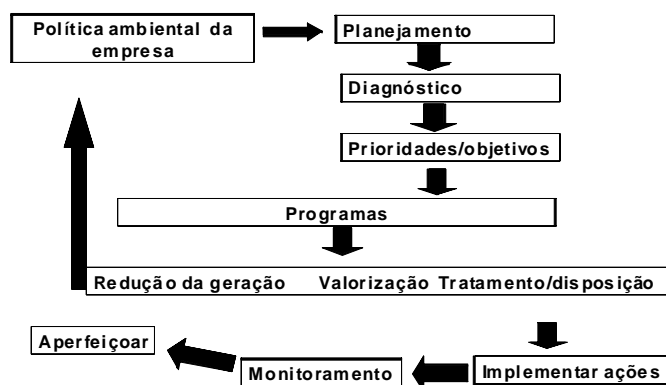


Figura 11 - Fluxograma para a elaboração de planos de gestão de resíduos. Fonte: Nolasco (2005)

Este modelo constitui-se das seguintes etapas:

- definição da política ambiental e do comprometimento da administração;
- planejamento de ações e designação de uma equipe de planejamento;
- realização dos diagnósticos de resíduos e do histórico ambiental do empreendimento para identificar os problemas, os riscos e as barreiras impostas aos mesmos, além de fazer a análise das informações neles obtidas;
- delimitação de objetivos e metas, assim como das prioridades e sugestões para um entendimento claro das relações problema/causa/efeito;
- elaboração de programas de ação para a redução da geração, valorização, tratamento e disposição final dos resíduos;
- proposição de alternativas de solução (processo de seleção das opções e de programa/projetos/ações);
- sugestão de fontes de informações para a tomada de decisão sobre soluções;

- determinação de critérios para a tomada de decisão;
- apresentação de ações possíveis, organizadas na forma de programas integrados;
- propostas de procedimentos para a execução: estrutura e responsabilidade, treinamento, conscientização e competência, comunicação, documentação do sistema de gestão ambiental, controle de documentos, controle operacional, preparação e atendimento de emergência e também análises dos principais empecilhos para colocá-los em prática;
- recomendações para o monitoramento e revisão do plano de gestão, verificação e ação corretiva, assim como análise e reformulação dos programas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização do serviço de poda e remoção de árvores no município de Piracicaba (SP)

As operações de poda e remoção no município de Piracicaba são efetuadas em duas frentes:

- a) pela Prefeitura Municipal, que realiza poda de condução, de limpeza e a remoção de árvores mortas ou que representem algum risco para o cidadão;
- b) pela concessionária de energia elétrica, a qual faz a poda de árvores que estão em contato com a fiação.

4.1.1 Solicitação e encaminhamento de serviços de poda e remoção da arborização urbana no município de Piracicaba

Para a realização da poda e remoção da arborização urbana foram identificadas, na cidade de Piracicaba, algumas possibilidades (Tabela 6):

Tabela 6 - Descrição das formas de solicitações para a realização da poda e remoção no município de Piracicaba (SP)

(Continua)

Responsabilidade	Estratégias	Procedimentos
Cidadão	Protocola a solicitação de poda/remoção na Prefeitura Municipal, a qual é atendida por ordem de chegada do pedido.	A Prefeitura Municipal realiza uma avaliação técnica da solicitação. Feito isso, nega ou libera a poda, conforme as condições da árvore. Se liberado, repassa a realização da poda para a empresa contratada.
Prefeitura Municipal	Preventiva e de manutenção: por meio de um mutirão de poda por bairros, com escalonamento dos mesmos, a empresa contratada realiza todas as podas necessárias em cada um deles (plano de manejo).	São definidos os bairros prioritários, por solicitações de moradores e por planejamento da SEDEMA.

Tabela 6 - Descrição das formas de solicitações para a realização da poda e remoção no município de Piracicaba (SP)

(Conclusão)

Responsabilidade	Estratégias	Procedimentos
Prefeitura Municipal	Atendimentos emergenciais: motivados por fenômenos meteorológicos, como chuva e ventos fortes, que causem a queda de galhos, colocando em risco a população.	Por meio de solicitação feita pelo número 156 (atendimento ao cidadão) e pedidos da própria SEDEMA.
Concessionária de energia elétrica	Manutenção programada	Realiza a poda para manter as árvores longe da fiação.
	Emergência	Por meio de um <i>call center</i> , o cidadão contata a concessionária.
	Por indicação da Prefeitura Municipal	Serviço solicitado à Prefeitura Municipal, a qual avalia se o mesmo é ou não de sua responsabilidade, por meio da observação da proximidade ou do contato com a rede de fiação elétrica. Caso não seja, ela repassa o serviço para a concessionária de energia elétrica.

4.1.2 Execução do serviço de poda e remoção pela Prefeitura Municipal

O serviço de poda e remoção é realizado por meio de uma equipe contratada através de um Edital de Concorrência. É feito um contrato de experiência de um ano (2008-2009, no caso da empresa que opera atualmente) e, após o primeiro ano, a renovação é realizada a cada quatro anos.

Segundo levantamento realizado por Camilo; Espada e Martins (2008) para o Estado de São Paulo, geralmente os municípios até 500 mil habitantes tem em média 6 funcionários exclusivos para a poda. O município de Piracicaba conta com 21 funcionários, ou seja, um quadro acima do que geralmente é encontrado nos municípios.

A equipe de trabalho é formada por funcionários do sexo masculino e com idade entre 25 a 50 anos. O grau de escolaridade da maioria dos funcionários é de 71% com ensino fundamental, 19% com ensino médio e 10% superior. A jornada de trabalho média é de 8 horas por dia e 5 dias por semana.

O salário depende da função exercida e varia entre R\$730,00 a R\$950,00 conforme demonstrado na Tabela 7.

Tabela 7 – Salários dos funcionários diretamente envolvidos no serviço de poda e remoção

Categoria	Salário médio (R\$)
Ajudante	730,00
Podador	810,00
Encarregado	810,00
Motorista	950,00

A equipe é coordenada por um engenheiro agrônomo e é distribuída nas seguintes funções:

- encarregado de poda que distribui a equipe e verifica a qualidade do serviço; recebendo eventualmente as reclamações da comunidade durante o serviço e é a ponte da equipe com o engenheiro agrônomo da empresa;
- podadores de árvores de grande porte, que são responsáveis pela operação de motosserra;
- podadores de manutenção e limpeza, que utilizam como ferramenta o podão manual;
- motoristas que transportam os podadores, a carga de poda triturada e a levam para o pátio de compostagem ou aterro;
- ajudantes que são responsáveis pela coleta da poda e pela sua trituração.

Não há exigências de capacitação para a função de podador. O fator geralmente considerado é a experiência na função. A empresa prestadora de serviço de poda e remoção geralmente admite funcionários que já desenvolveram a função de podadores em empresas anteriores.

Dos entrevistados, nenhum participou de programas formais de treinamento. O aprendizado se dá na prática, de uma pessoa mais experiente (mestre) para aprendiz.

Uma estratégia adotada pela empresa prestadora de serviço é a colocação de um ou mais funcionários experientes, pelo período de um mês, para apoiar a formação de novas equipes.

A rotatividade da mão-de-obra, afastamentos ou abandono de emprego são constantes nessa atividade. Verificou-se por meio de entrevista com os funcionários da poda, que os motivos mais freqüentes, são os salários baixos, o índice de alcoolismo, a impossibilidade de ascensão na carreira e salário e a exposição ao sol e intempéries.

Segundo Couto (1995) as condições de trabalho e climáticas têm grande efeito sobre o trabalhador, pois em situações desfavoráveis, ocorrem indisposição e fadiga, extenuações físicas e nervosas, reduzindo a concentração e aumentando os erros e os riscos de acidentes, além de expor o organismo a diversas doenças. Em alguns bairros de Piracicaba, a temperatura chega a atingir 49 ° C como resultado da formação de ilhas de calor pela supressão da arborização urbana (POLIZEL, 2009). Dependendo do tempo de exposição, em função da jornada de trabalho, e do tipo de atividade executada, isso pode resultar em danos à saúde do trabalhador. O tempo de exposição máximo ao calor durante a jornada de trabalho é estabelecido pela Legislação Brasileira, através da Norma Regulamentadora (NR 15, de 2004), que regulamenta o tempo máximo de exposição e o tempo de descanso. Essa medição, entretanto, não foi realizada neste trabalho.

As ferramentas utilizadas para a poda são fornecidas e mantidas pela empresa terceirizada, assim como os EPIs (equipamentos de proteção individual) e EPC (equipamentos de proteção coletiva). Os principais equipamentos de proteção utilizados são: bota, capacete, uniforme com mangas longas para proteger de exposição ao sol e protetor auricular, luvas, óculos com proteção lateral e cinturão de segurança.

O serviço realizado pela Prefeitura Municipal de Piracicaba é composto pelas atividades de poda, supressão, destoca, plantio e compostagem, conforme previstos no edital de contratação do serviço (Tabela 8).

Tabela 8 - Definição das atividades da empresa contratada, critério para execução dos serviços e formas de solicitação, segundo o edital de contratação do serviço

(Continua)

Atividade	Definição	Critério	Responsabilidades
Poda de árvores	É a prática que facilita o relacionamento harmonioso das árvores com seu espaço, incrementa os resultados esperados, garante a sobrevivência ao indivíduo adulto e minimiza efeitos de planejamento inadequado.	As operações deverão ser executadas dentro das técnicas operacionais estabelecidas pelo Manual de Normas Técnicas de Arborização Urbana da Prefeitura do Município de Piracicaba, Para efeito de medição, as árvores serão classificadas quanto à altura das mesmas segundo o seguinte critério: Poda de árvores até 6,00 m de altura Poda de árvores com 6,01 m até 10,00 m de altura.	O serviço é solicitado por ordem de serviço emitida pela SEDEMA, dentro da programação estipulada pelo Técnico Responsável.
Supressão de árvores	É o corte da árvore mediante autorização emitida pela Prefeitura do Município de Piracicaba por meio de um laudo de vistoria assinado pelo Técnico responsável.	Os tocos resultantes das operações deverão ter uma altura máxima de 0,50 m em relação ao solo. Para efeito de medição, as árvores serão classificadas quanto à altura das mesmas segundo o seguinte critério: Supressão de árvores até 10,00 m de altura e Supressão de árvores acima de 10,01 m de altura.	Solicitadas pela ordem de serviço emitida pela SEDEMA, após vistoria, dentro da programação estipulada pelo Técnico Responsável.
Destoca de árvores	É a retirada do toco das árvores suprimidas, utilizando-se para isso de equipamento específico que propicie o desgaste do mesmo. Após a operação, o pavimento da calçada deverá ser recomposto dentro do padrão existente no local.	Os tocos deverão ser removidos até uma profundidade mínima de 0,20 m em relação ao solo. Para efeito de medição, os tocos das árvores serão classificados quanto ao DAC (diâmetro a altura do colo) segundo o seguinte critério: Destoca de tocos com DAC até 0,25 m; Destoca de tocos com DAC entre 0,26 m até 0,50 m; Destoca de tocos com DAC entre 0,51 m e 0,80 m e Destoca de tocos de tamanho especial com DAC acima de 0,81 m, onde deverá ocorrer a equivalência entre o diâmetro e o número de destocas.	As operações deverão ser executadas dentro das técnicas operacionais seguras, sem o comprometimento dos equipamentos urbanos presentes no local, sempre solicitadas pela ordem de serviço emitida pela SEDEMA, dentro da programação estipulada pelo Técnico Responsável.

Tabela 8 – Definição das atividades da empresa contratada, critério para execução dos serviços e formas de solicitação, segundo o edital de contratação do serviço

(Conclusão)

Atividade	Definição	Critério	Responsabilidades
Plantio de árvores	Consiste no plantio de espécime arbóreo dentro dos padrões agrônômicos adequados e definidos por este edital.	O berço de plantio deverá possuir dimensões mínimas de 0,70 m de comprimento por 0,70 m de profundidade máxima por 0,50 m de largura, caracterizando uma pequena faixa verde. Também deverá ser colocado um tutor de madeira ou bambu para a fixação da muda através de uma tala de borracha ou fitilho próprio para a operação. A muda deverá sofrer uma irrigação logo após o plantio numa proporção mínima de 20 litros por cova. Deverão ser seguidas as recomendações de plantio constantes no Manual de Normas Técnicas de Arborização Urbana da Prefeitura do Município de Piracicaba.	O local de plantio será indicado pela ordem de serviço da SEDEMA. Os serviços se iniciarão com a retirada do pavimento da calçada no local e a abertura do berço de plantio com a retirada do solo. Se houver porções de entulho e outros materiais indesejáveis que podem prejudicar a planta, o solo deverá ser trocado.
Remoção do material	Remoção de todo material orgânico resultante da operação realizada.	O material deverá ser totalmente retirado impreterivelmente em 24 horas após a realização do serviço.	Todo material orgânico resultante das operações deverá ser moído e colocado diretamente num depósito adequado acoplado ao veículo, sendo que qualquer imprevisto que ocorrer neste sistema de operação,
Moagem	moagem através de equipamento específico de todo material orgânico resultante da operação realizada	Ficará ao encargo da SEDEMA avaliar se a granulometria do material resultante está compatível com os padrões de operação.	A moagem do material orgânico resultante das operações deverá ocorrer com equipamento específico para tal operação, devidamente dimensionado para uma efetiva trituração, devendo-se obter um material resultante que facilite a operação de compostagem desse resíduo
Compostagem	Compostagem por meio da mineralização dos materiais orgânicos gerados, por meio de técnicas específicas proporcionando destino adequado aos resíduos das operações.	O resíduo orgânico deverá ser depositado em local apropriado, amplo e de fácil acesso para veículos grandes que deverá ser indicado pela SEDEMA dentro do Município de Piracicaba.	A unidade de tratamento de resíduos sólidos (composteira) deverá estar em acordo com a legislação vigente para a atividade.

Quando a solicitação é recebida via protocolo na prefeitura municipal, a decisão sobre a poda é avaliada por um engenheiro agrônomo da prefeitura e o serviço é encaminhado à empresa contratada para que a mesma execute o serviço de poda.

Com relação aos serviços de poda que são realizadas por meio de mutirão nos bairros, a tomada de decisão sobre a necessidade da poda e a sua intensidade é tomada pelo encarregado de serviço e pelo próprio podador, sob supervisão do engenheiro agrônomo da empresa contratada.

Com relação à remoção, todas as solicitações devem ser obrigatoriamente avaliadas pelo engenheiro agrônomo da prefeitura municipal, já que o município de Piracicaba, segundo dados levantados por Silva Filho (2007) tem um déficit de cerca de 40 mil árvores.

O município de Piracicaba vem caminhando para a criação de critérios para a realização da poda nos serviços contratados, entretanto, estes parâmetros devem ser melhor definidos e fiscalizados, tanto para seus serviços quanto para a concessionária de energia elétrica. Um fator importante é envolver e estimular espaços de participação da universidade e de órgãos da sociedade civil como o COMDEMA - Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente na formulação desses critérios.

Entretanto não há fiscalização com relação ao cumprimento de critérios para a poda e não existem parâmetros para se avaliar a qualidade da poda e a intensidade da retirada de ramos e área de copa. Esse fator atualmente depende mais da experiência do podador.

Com relação aos custos do serviço de poda e remoção no município, seu valor varia conforme o porte das árvores. Há uma estimativa da quantidade de árvores a serem podadas mensalmente do município, previstas no contrato de serviço. O serviço é pago a partir de um relatório apresentado pela empresa contratada com o detalhamento dos serviços executados. Os preços variam com o tipo de atividade, conforme definido na Tabela 9.

Tabela 9 - Custo das operações de poda e remoção de árvores no município de Piracicaba – SP

Tipo de operação	Custo por árvore (R\$)
Poda de árvores até 6m	50,00
Poda de árvores acima de 6m	110,00
Destoca	80,00

Não há um custo direto para a remoção. Este valor é cobrado somando-se o valor da poda e da destoca. Por exemplo, para remoção de uma árvore até 6m metros o custo será de R\$130,00.

Segundo o engenheiro agrônomo responsável pela poda, são realizadas, de 85 a 90 destocas por mês (Figura 12).



Figura 12 - Processo de remoção de árvore da arborização urbana (a). Raizeiro a espera da destoca (b)

A fiscalização do cumprimento das atividades, segundo o documento de licitação, é de atribuição da Secretaria Municipal de Defesa do Meio Ambiente, que indica os gestores do contrato.

Os custos envolvidos nos serviços de poda e remoção da arborização urbana representam cerca de 7,6% dos gastos com limpeza urbana no município de Piracicaba, conforme demonstrado na Tabela 10.

Tabela 10 - Gastos anuais com limpeza urbana no município de Piracicaba

Atividade	R\$	%
*coleta de resíduos e serviços de limpeza urbana	9.578.426,00	48,8
Serviço de poda, supressão, destoca, plantio e compostagem	1.487.019,00	7,6
serviços de manutenção de áreas públicas	2.599.419,00	13,2
Transporte e disposição final dos resíduos no Aterro Sanitário particular no município de Paulínia/SP (7,420 toneladas/ano e R\$ 67,15 por tonelada)	5.976.000,00	30,4
Total	19.640.864,00.	100

*incluem-se o lodo da Estação de Tratamento do Serviço Municipal de Água e Esgoto - SEMAE
 Fonte: Documento Plano de Saneamento Prefeitura Municipal de Piracicaba (2007)

Verifica-se pela Tabela 10, que cerca de 80% dos gastos com despesa urbana (coleta, transporte e disposição final) referem-se a resíduos domiciliares e cerca de 20% são investidos para o serviço de poda e de manutenção de áreas públicas.

4.1.3 Serviço de poda e remoção efetuado pela concessionária de energia elétrica

A concessionária de energia elétrica realiza a poda próxima a fiação da rede elétrica. Os serviços são realizados por técnicos eletricitas que atuam esporadicamente nesta função. Os treinamentos são eventualmente realizados pelo setor de meio ambiente da concessionária.

Outra forma de prestação deste serviço é através de empresas contratadas que realizam o recolhimento dos resíduos.

Verifica-se, entretanto, que essas responsabilidades pela realização da poda e remoção ainda não são bem definidos pela própria concessionária. A mesma não tem critérios definidos sobre a intensidade de poda a ser realizada, e isso muitas vezes, leva a maior retirada de biomassa do que seria realmente necessário.

A concessionária de energia elétrica tem elaborado manuais de arborização urbana e recomendado seu uso pelos municípios. Esses manuais, de forma geral,

enunciam a importância de se privilegiar o plantio de espécies arbustivas que não atrapalham a fiação elétrica.

Entretanto, há muitas críticas por parte de pesquisadores da arborização urbana, pelo sentido equivocado desses manuais que simplificam a arborização urbana ao substituírem árvores por arbustos, perdendo a essência da arborização e a sua função na melhoria da qualidade de ar, da paisagem e de vida nas cidades.

Há necessidade de se criar critérios para a poda, bem como mecanismos de responsabilização das concessionárias de energia elétrica pelo gerenciamento dos resíduos de poda gerados e com limites para as suas formas de intervenções na arborização urbana das cidades.

4.2 Caracterização do sistema de gestão dos resíduos da arborização urbana em Piracicaba – SP

Desde 2008 todo o resíduo da poda e remoção realizadas pela prefeitura municipal é triturado, para ser encaminhado à compostagem, conforme previsto na licitação de contrato de serviço.

Não há, entretanto segregação do material podado e todos os galhos e troncos, independentemente de seu diâmetro são triturados para compostagem.

Com isso, ocorre a perda de um material nobre, que poderia ser empregado para outros usos, como programas assistenciais, cozinhas de creches, hospitais, padarias, escolas, entre outros, a exemplo do ocorre em municípios como Recife-PE e Guarulhos-SP.

O material de poda triturado da cidade de Piracicaba era depositado até início de 2009 num terreno da prefeitura municipal (Figura 13). Entretanto, dada a localização do terreno, situado próximo a um bairro residencial e por receber um material rico em carbono acarretando risco de incêndio, havia grande reclamação por parte da vizinhança.

No início de 2009 o terreno incendiou e foi fechado pelos órgãos ambientais da cidade. Somado a isso, a empresa também tinha que cumprir o compromisso previsto

em contrato com a prefeitura municipal de realização do processo de compostagem, o que intensificou a busca de alternativas para gerenciamento dos resíduos de poda.

Desta forma, após a negociação entre a empresa contratada pela prefeitura municipal e uma empresa de compostagem da cidade, os resíduos passaram a ser doados para esta empresa, como fonte de carbono.

A empresa que realiza a poda se responsabiliza pelo transporte do mesmo até a empresa de compostagem.

Para a empresa de poda contratada pela prefeitura municipal, isso significa a redução de custos com montagem e manutenção de pátio e de toda infra-estrutura para a compostagem.

Um histórico semelhante ocorreu em São Francisco, EUA, onde os resíduos de poda eram enviados também para aterros sanitários. Entretanto, com os altos custos e a saturação dos mesmos, atualmente a poda triturada é compostada em praças e parques dos bairros onde foram gerados (AMBIENTE BRASIL, 2009).



Figura 13 - Local de depósito de poda e remoção de Piracicaba até início de 2009

Com relação aos resíduos de poda gerados pela concessionária de energia elétrica, pela carência de áreas para disposição de resíduos de poda no município de Piracicaba a empresa contratada pela concessionária, tem encaminhado os resíduos para municípios vizinhos, como Rio das Pedras.

Não há nenhuma forma de responsabilização da concessionária sobre os resíduos gerados e nenhum tipo de regulamentação sobre as responsabilidades com

relação a valorização deste resíduos e de uma destinação mais adequada. Isso fere diretamente o princípio do "poluidor pagador", que se encontra estabelecido na Lei da Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938, de 31/8/1981).

Isso significa dizer que "cada gerador é responsável pela manipulação e destino final de seu resíduo". Quando gerado pela concessionária, portanto, trata-se de um resíduo originário de um empreendimento e, assim, deveria ser de total responsabilidade de seu gerador.

4.3 Caracterização dos resíduos da poda e remoção da arborização urbana

4.3.1 Tipo de resíduos e fatores geradores

Os resíduos da arborização urbana constituem-se basicamente de folhas, ramos, galhos, tocos. No caso da remoção há também as raízes e o tronco, este último muitas vezes comprometido por podridão ou oco.

Os resíduos da arborização urbana foram classificados em folhas e galhos finos até 8 cm de diâmetro; galhos com 8,1 a 15 cm de diâmetro; galhos de 15,1 a 25 cm de diâmetro e galhos acima de 25 cm de diâmetro.

Os fatores geradores de resíduos estão diretamente relacionados à forma de condução das operações da poda, ao modelo de urbanização e planejamento dos espaços, dos loteamentos, das vias públicas, e de forma geral do sistema de infraestrutura existente na cidade, tais como fiação de energia elétrica, fiação telefônica, TV a cabo; a própria relação do morador com a árvore no espaço urbana e a falta de políticas norteadoras da arborização urbana, conforme descritos na Tabela 11.

Tabela 11 - Descrição dos principais fatores geradores de resíduos da arborização urbana
(continua)

Fator gerador	Descrição
Operação de poda	A falta de capacitação dos funcionários; Falta de critérios sobre intensidade de poda adequada para as espécies, idade, área de copa, porte, etc.

Tabela 11- Descrição dos principais fatores geradores de resíduos da arborização urbana

(conclusão)

Fator gerador	Descrição
Planejamento dos espaços urbanos/loteamentos	Espaços insuficientes para a arborização, em função das calçadas estreitas e falta de recuo das construções.
Sistema de fiação urbana	Fiação aérea que desconsidera a arborização urbana e limita as espécies àquelas de pequeno porte. Isso é visível, principalmente nos manuais de arborização recomendados pelas concessionárias.
Relação do morador com a árvore	<p data-bbox="608 842 1396 1249">Visão equivocada da população sobre a função da árvore. Destacam-se aqui algumas considerações sobre a percepção dos moradores com relação às árvores, coletadas durante o acompanhamento da poda. As manifestações referem-se geralmente as árvores encontradas em frente as suas casas, ou, na vizinhança e demonstra uma conotação muito negativa em relação aos indivíduos arbóreos.</p> <p data-bbox="608 1256 1396 1467">Muitos moradores pedem para que os responsáveis pela poda retirem mais do que é permitido ou necessário na operação de poda. Os principais fatores registrados foram:</p> <ul data-bbox="671 1480 1396 1968" style="list-style-type: none"> <li data-bbox="671 1480 1396 1525">• Destruição de calçadas; <li data-bbox="671 1532 1396 1576">• Folhas que caem e acabam “sujando” ruas; <li data-bbox="671 1583 1396 1682">• Folhas que entopem calhas que conduzem a água da chuva; <li data-bbox="671 1688 1396 1733">• Atrapalha a visão de seu ponto comercial; <li data-bbox="671 1740 1396 1785">• Dificulta a entrada de sol nas residências; <li data-bbox="671 1792 1396 1836">• Deixam as casas com umidade excessiva; e <li data-bbox="671 1843 1396 1968">• Causam curto-circuito nos fios em dias de chuvas e ventos fortes.

Com relação as árvores podadas, entre os motivos mais citados estão a condução das espécies (70%), seguido de danos a fiação (19%) e afloramento de calçada (4%). Outros motivos são atribuídos a doença, senescência e ao risco de queda (Figura 14).

Nos acompanhamentos de campo verificou-se que geralmente a poda de condução das árvores foi realizada em espécies arbustivas, causada pelo crescimento lateral e invasão de calçada (concorrendo com o espaço do pedestre). Isso denota, um dos problemas causados pela “arbustização” das cidades.

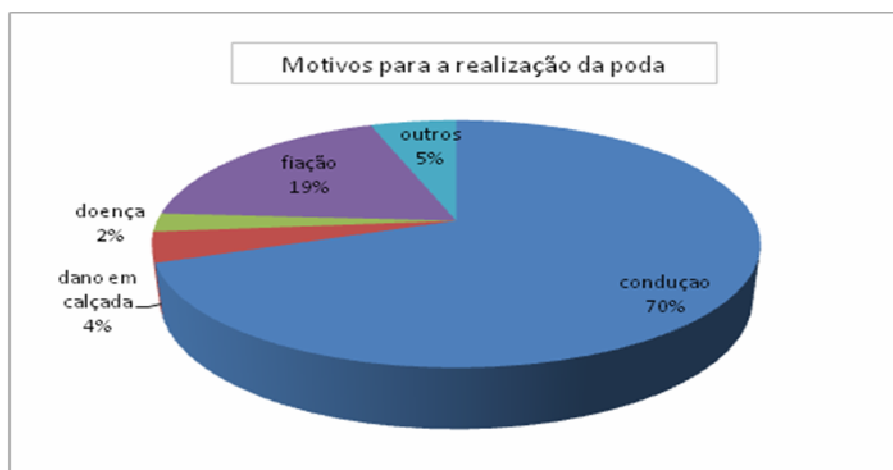


Figura 14 - Principais motivos de solicitação de poda no município de Piracicaba – SP

Verifica-se pela figura 15 que as podas de intensidade entre 10 a 15% são aplicadas em 65% da arborização urbana de Piracicaba. As podas de grande intensidade (a partir de 30%) correspondem a 12% do total das árvores amostradas.

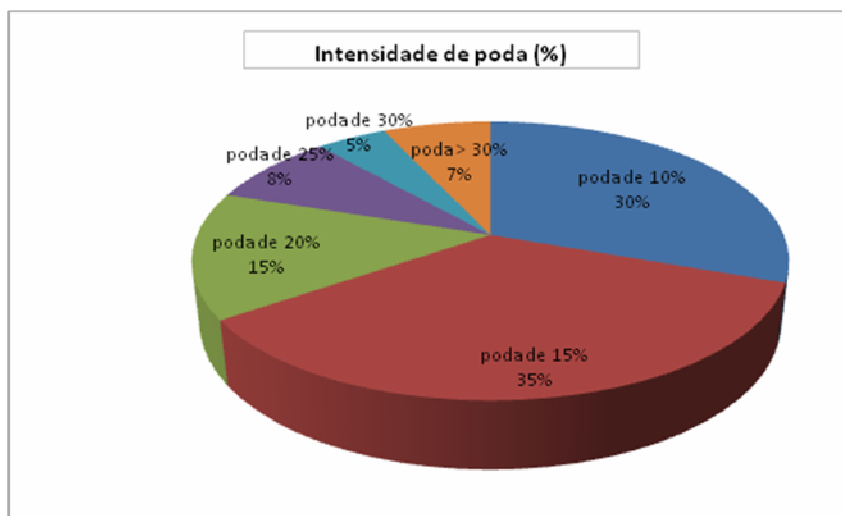


Figura 15 - Intensidade de poda praticada na arborização urbana de Piracicaba

Com não há um critério sobre a intensidade de poda por espécie, esse valor é dado, geralmente, pela experiência do operador. A falta de funcionários treinados especificamente para a poda constitui-se como um dos fatores geradores de resíduos.

Isso corrobora com o estudo realizado por Aguirre Junior (2008), que indica que pela falta de políticas e critérios municipais de poda, as empresas prestadoras de serviços e as concessionárias de energia elétrica acabam impondo seus próprios critérios e interesses que, na maioria das vezes, levam a maior retirada de biomassa que o necessário ou mesmo a mutilação das árvores.

Durante o acompanhamento da poda nas ruas as frases mais freqüentes citadas por moradores foram: “não fui eu que plantei isso ai, por mim eu arrancava”; “ se você tirar mais aqueles galhos, melhor” ; “ o senhor pode tirar esta árvore que é muito grande, vou colocar uma menor ai ”; “essa árvore está destruindo a minha calçada”.

Provavelmente, tudo isso ocorra, devido à falta de valorização e a compreensão da população sobre a importância das árvores para manutenção da qualidade de vida. Isso intensifica a necessidade de investimentos em programas de educação ambiental, que levem a população a compreender o papel da arborização urbana, suas relações e o resgate de vínculos afetivos com o indivíduo arbóreo.

4.4 Quantificação dos resíduos da arborização urbana no município de Piracicaba – SP

Os dados obtidos demonstram que o município gera cerca de 180 toneladas de resíduos da arborização urbana por mês (Tabela12).

Tabela 12 - Volume total de resíduo da arborização urbana gerados no município de Piracicaba – SP

Origem da poda			Total de poda mês (toneladas)	Média de árvores podadas por mês	Participação na geração dos resíduos de poda (%)
Serviço Contratado pela Prefeitura Municipal			131,35	1.450	73
Concessionária de Energia Elétrica			50,00	800	27
Total			181,35	2.250	100

A média mensal de geração pela Prefeitura Municipal foi de 131,35 toneladas de resíduos, com 45 carregamentos mensais de 6m³ e 1.450 árvores podadas por mês.

Com relação à poda realizada pela concessionária de energia elétrica são retirados em média 25 caminhões por mês com 6m³, totalizando 50 toneladas de resíduos e são podadas mensalmente cerca de 800 árvores.

Comparando os resíduos gerados pela concessionária de energia elétrica e pela empresa contratada pela Prefeitura Municipal verifica-se que o serviço municipal poda cerca de 64% das árvores da arborização em vias públicas e, é responsável pela geração de 73% do resíduo, enquanto a concessionária de energia elétrica poda 35,6 % das árvores da arborização viária e é responsável por 27% do resíduo gerado.

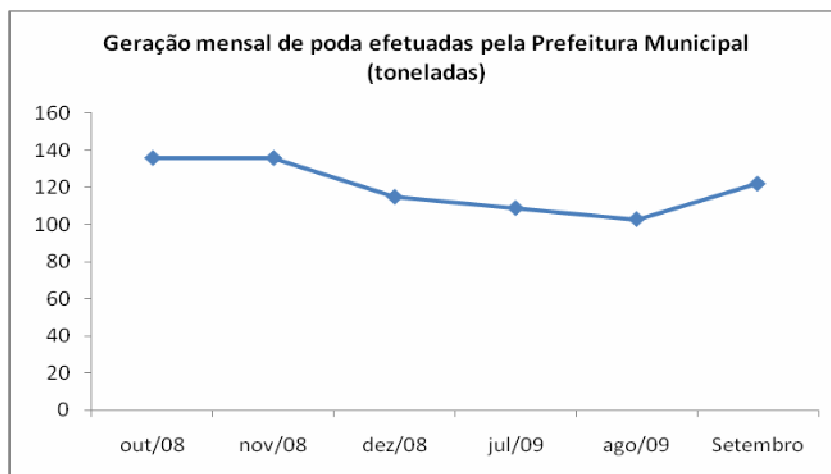


Figura 16 - Dispersão da geração mensal de resíduos de poda pela Prefeitura do Município de Piracicaba

Verifica-se uma sazonalidade da geração de resíduos da arborização urbana, com redução de cerca de 20% de volume no inverno (Figura 16).

A redução do volume entre os meses de julho a setembro ocorre principalmente, pelas mudanças no padrão de crescimento das árvores e na alteração do regime de chuvas.

4.4.1 Geração de resíduo em função da espécie

Das 11 espécies de maior ocorrência no município, a que apresentou maior geração de resíduo por poda e remoção foi o chapéu de sol, seguida pela sibipiruna, falso chorão, ipê, canelinha e oiti (Figura 17). As espécies de menor geração foram a espirradeira, a quaresmeira, o resedá e a falsa murta.

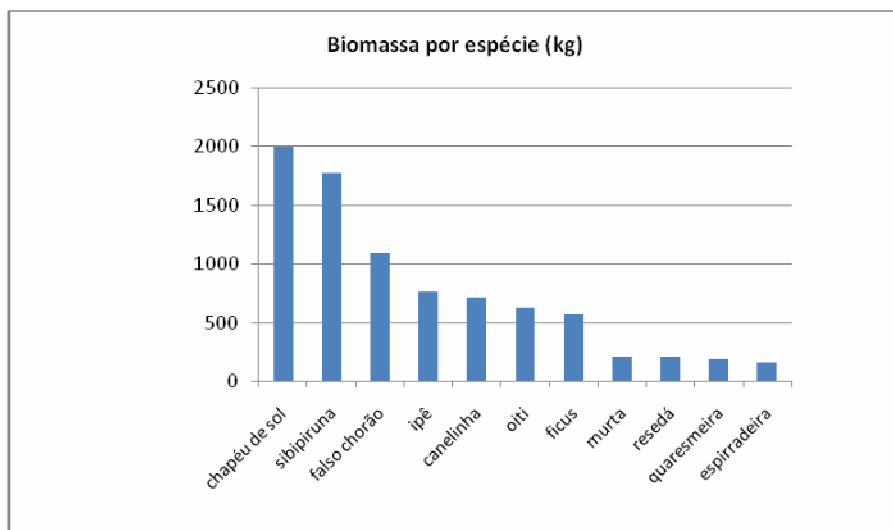


Figura 17 - Volume de resíduo de poda e remoção da arborização urbana, em função da espécie

Com relação à geração de resíduo por classe diamétrica (Tabela 13), verifica-se que a maior porcentagem de resíduos gerados são das menores classes de diâmetros (0 a 8 cm), o que inclui folhas, ramos, galhos finos, com a média de 69% dos resíduos gerados. Espécies como a espirradeira, oiti, resedá, ipê, falsa murta concentram a maior parte dos seus resíduos nesta classe.

Resíduos com potencial para valorização e aplicação em outros produtos, tais como pequenos objetos de madeira, lenha, carvão vegetal, precisam ter diâmetro superior a 8 cm. No município eles correspondem a 31% do volume total gerado.

Não foi possível realizar, neste trabalho, a quantificação por espécie dos resíduos gerados pela concessionária de energia elétrica, que possivelmente gera resíduos de poda de maiores diâmetros, já que geralmente a mesma realiza a poda em árvores de maior porte.

Tabela 13 - Porcentagem de resíduos de poda por classe diamétrica e por espécie

Especie	% de resíduos por classes de diâmetros				Total
	0-8cm	8-15cm	15-25cm	>25m	
canelinha	68,92	28,48	2,60	0,00	100,00
chapéu de sol	43,50	18,81	19,24	18,46	100,00
espirradeira	98,10	1,90	0,00	0,00	100,00
falso chorão	71,29	24,29	4,42	0,00	100,00
Fícus	79,72	20,28	0,00	0,00	100,00
Ipê	86,41	12,00	1,59	0,00	100,00
falsa murta	86,84	6,80	6,36	0,00	100,00
Oiti	91,95	8,05	0,00	0,00	100,00
quaresmeira	73,72	7,39	9,10	9,79	100,00
Resedá	97,37	2,63	0,00	0,00	100,00
sibipiruna	71,01	20,18	8,81	0,00	100,00

As espécies de maior geração de resíduos são as de maior porte, como o falso chorão (*Schinus molle*), sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides*), chapéu de sol (*Terminalia catappa*), fícus (*Ficus benjamina*) e ipê (*Tabebuia sp*).

Apesar de apresentarem as maiores freqüências na cidade, a falsa murta (*Murraya paniculata*) e a espirradeira (*Nerium oleander L.*) são espécies de menor geração de resíduos (na média de 6,9 kg por indivíduo e 5,3 kg respectivamente), já que é uma espécie arbustiva, de pequena área de copa e porte (Tabela 14).

Tabela 14 - Volume total de resíduo em 30 árvores amostradas por espécie e volume médio de resíduo para cada espécie

Espécie	Resíduo total em 30 indivíduos (kg)	Média por indivíduo (kg)	% em relação ao total de resíduos
chapéu de sol	1997,15	66,57	24,19
Sibipiruna	1770,45	59,02	21,45
falso chorão	1086,2	36,21	13,16
Ipê	754,2	25,14	9,14
Canelinha	711,5	23,72	8,62
Oiti	625,7	20,86	7,58
fícus	563,1	18,77	6,82
falsa murta	205,9	6,86	2,49
Resedá	201,4	6,71	2,44
Quaresmeira	181,3	6,05	2,20
Espirradeira	157,8	5,26	1,91
Total	8.254,8	-----	100

A valorização dos resíduos da arborização urbana permite a introdução de novo um conceito: floresta urbana¹ de produção ou arborização urbana de produção. Ou seja, uma nova alternativa produtiva para a arborização urbana através da valorização dos resíduos gerados na poda e remoção. Essa alternativa, se bem planejada e conduzida, permite a manutenção das funções ambientais e estéticas das árvores, relacionadas à qualidade de vida nas cidades, mas que também considera o seu valor enquanto geradora de madeira e biomassa para diferentes fins, com retorno econômico, social, ambiental para os municípios.

Esse conceito de floresta ou arborização urbana de produção numa gestão integrada e num cenário futuro poderia prever a redução de custos a execução da poda, reduzindo operações - com a destinação e a valorização dos materiais.

¹ Há divergências sobre os termos arborização urbana e floresta urbana. Alguns autores não os diferenciam; outros entendem a arborização, como termo que deve ser utilizado para tratar de árvores isoladas ou em pequenos grupos, que possuem forma específica de planejamento e manejo. Enquanto, floresta urbana constitui-se como um ecossistema característico com o estabelecimento de relações específicas com o solo, a água, os nutrientes e outros componentes do ambiente. Há ainda sugestões de autores que recomendam a utilização do termo cobertura arbórea urbana, que integraria os componentes citados (MAGALHÃES, 2006).

Com relação à idade das árvores, a figura 18 apresenta a distribuição mediana. Dentre as espécies, a sibipiruna (20 anos), o ipê e o chapéu de sol (ambos com 10 anos), são as espécies plantadas há mais tempo, enquanto as arbustivas espirradeira e a falsa murta são as mais jovens. E essa é uma realidade nos municípios brasileiros, que inseriram na arborização viária mais arbustos do que árvores nos últimos anos, o que acarreta prejuízos em termos de qualidade do ar, sombreamento, atrativo de fauna e demais aspectos importantes para o paisagismo e para a qualidade de vida nas cidades.

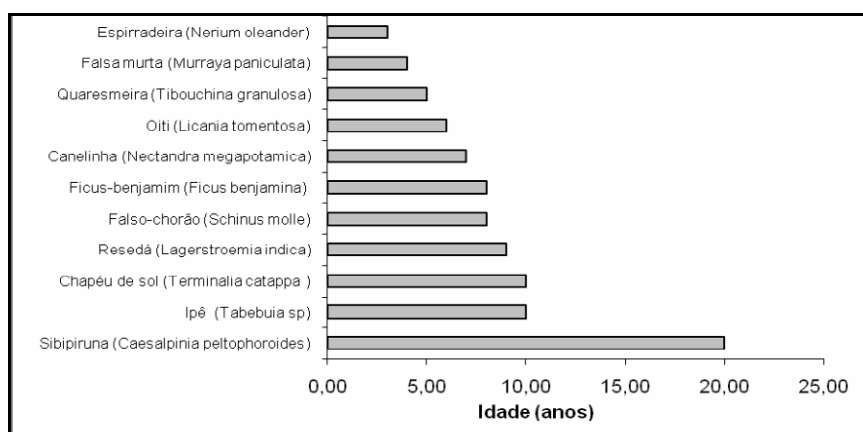


Figura 18 - Idade mediana das espécies de maior frequência na arborização urbana no município de Piracicaba - SP

Com relação à altura (Figura 19), os maiores valores são atribuídos ao chapéu de sol (11m), seguido da sibipiruna e do ipê (ambos com 7,5m). Geralmente essas espécies pela altura e maior possibilidade de contato com a fiação, são as que mais sofrem com as podas realizadas pela concessionária de energia elétrica, devido aos problemas com fiação. As menores alturas são atribuídas à falsa murta, a espirradeira e a quaresmeira (com 3; 3,5 e 3,85m respectivamente).

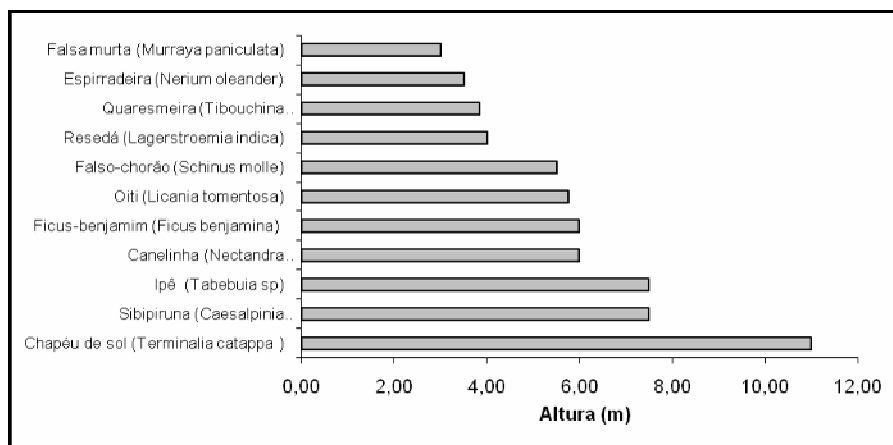


Figura 19 – Altura mediana das espécies de maior frequência na arborização urbana no município de Piracicaba - SP

Das espécies amostradas as que apresentaram maior DAP, conforme a figura 20 foram o falso chorão, chapéu de sol e a sibipiruna (com 32,7; 31,5 e 29,3 cm, respectivamente), enquanto a espirradeira, quaresmeira, resedá e a falsa murta apresentam menor DAP (8,6; 9,4; 13,5 e 16,2 cm, respectivamente).

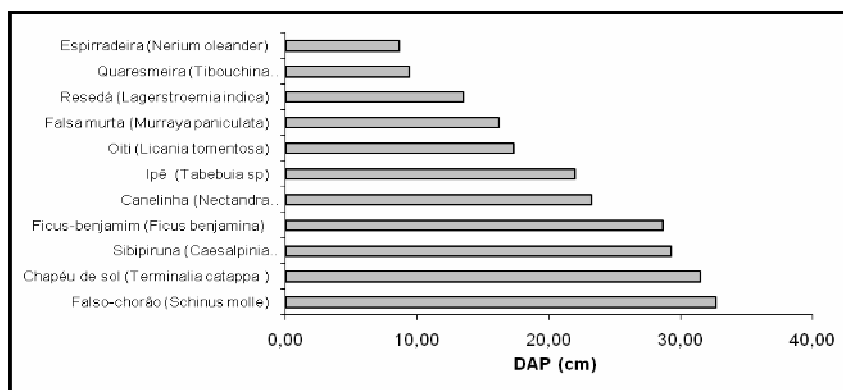


Figura 20 – DAP mediana das espécies de maior frequência na arborização urbana no município de Piracicaba - SP

O chapéu de sol apresenta a maior área de copa, seguido da sibipiruna. Menores copas são atribuídas aos arbustos como a espirradeira, quaresmeira e a falsa murta (Figura 21).

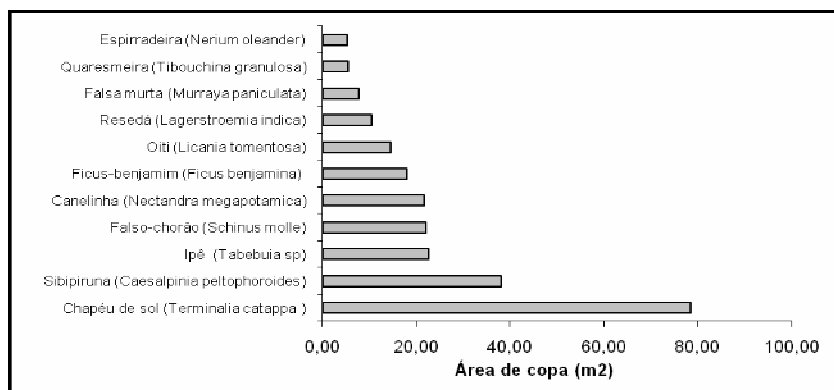


Figura 21 – Área mediana da copa das espécies de maior frequência na arborização urbana no município de Piracicaba - SP

A espirradeira (*Nerium oleander* L.) é a espécie que apresenta bifurcação praticamente no início de seu tronco com 0,3 m (Figura 22), seguida da falsa murta (*Murraya paniculata*) com 0,4 m. As espécies que apresentam menor bifurcação são o ipê (*Tabebuia* sp) com 2,9 m e o chapéu de sol (*Terminalia catappa*), com 5 m. Essas informações são importantes para possíveis aproveitamentos destas madeiras para aplicações, por exemplo, em produtos sólidos e em energia.

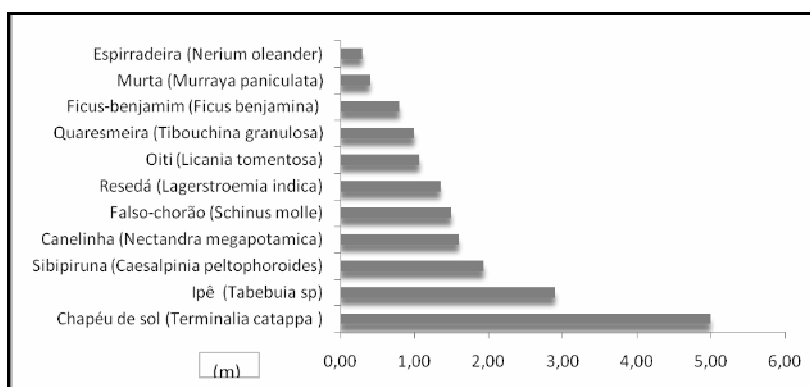


Figura 22 – Altura mediana da primeira bifurcação das espécies de maior frequência na arborização urbana no município de Piracicaba - SP

O planejamento urbano de Piracicaba por meio do Instituto de Pesquisa e Planejamento de Piracicaba – IPPLAP regulamenta que as calçadas devem ter no mínimo 3 m de largura, entretanto nem sempre isso é respeitado e dificulta o desenvolvimento das árvores. Verifica-se que algumas espécies de grande porte como a sibipiruna estão convivendo em calçadas, com largura abaixo do ideal para o seu

desenvolvimento (Figura 23). Segundo Miranda 1970 apud Pivetta e Silva Filho (2002), é recomendado uma largura de pelo menos 3 metros para propiciar as condições básicas de desenvolvimento da planta. Outro fator que deve ainda ser considerado refere-se à existência ou não de recuo das casas.

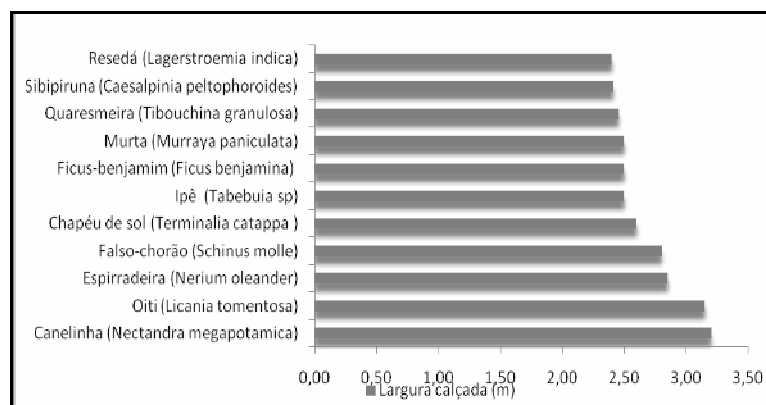


Figura 23 - Largura mediana das calçadas utilizadas para o plantio das espécies de maior frequência na arborização urbana no município de Piracicaba - SP

As condições de plantio e de manutenção das árvores como a largura de calçada e tamanho de canteiro estão diretamente relacionadas a manutenção do indivíduo arboreo e a geração de resíduo, pois são um dos principais motivos de solicitação de poda e remoção pelos moradores, conforme apontado pela SEDEMA (2007).

O tamanho do canteiro varia de 0,3 a 0,8 m² (Figura 24) praticamente o mesmo espaço é deixado independente de se tratar de espécies arbóreas ou arbustivas. Não há uma definição clara sobre qual seria o tamanho ideal de área de canteiro, pois há variações conforme a espécie e porte, entretanto há indicações de que o tamanho mínimo deveria ser de 1 m² por planta, para garantir seu desenvolvimento adequado.

Marto (2006) cita que no local onde irá ser feito o plantio da árvore urbana deve haver em volta uma área permeável para infiltração de água e aeração do solo. A área deve ser de 2 m² para árvores pequeno porte e de 3 m² para árvores de grande porte, atentando-se a fato de restar no mínimo 0,90 m para passagem de pedestres.

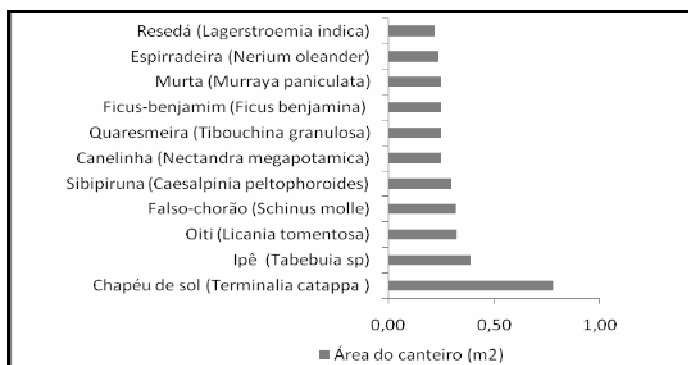


Figura 24 – Área do canteiro utilizada no município de Piracicaba para as espécies da arborização urbana

Essa realidade mostra-se bastante distante da aplicada no município de Piracicaba, que apresenta um tamanho mediano de canteiro de $0,32 \text{ m}^2$. Neste sentido verifica-se a necessidade de legislações que regulamentem no planejamento urbano a metragem mínima adequada para os canteiros de arborização, pois assim como outros fatores anteriormente citados, o plantio em espaços e com dimensões de canteiros subestimadas levam a redução da vida útil da árvore urbana e constituem-se também como um dos principais motivos para a solicitação da poda e remoção (afloramento de calçada).

4.5 Modelos empíricos para estimativa da geração de resíduos

Foram ajustados diversos modelos empíricos visando se estimar a geração de resíduos da arborização urbana, utilizando-se como efeito de tratamento do modelo a espécie e a intensidade de poda.

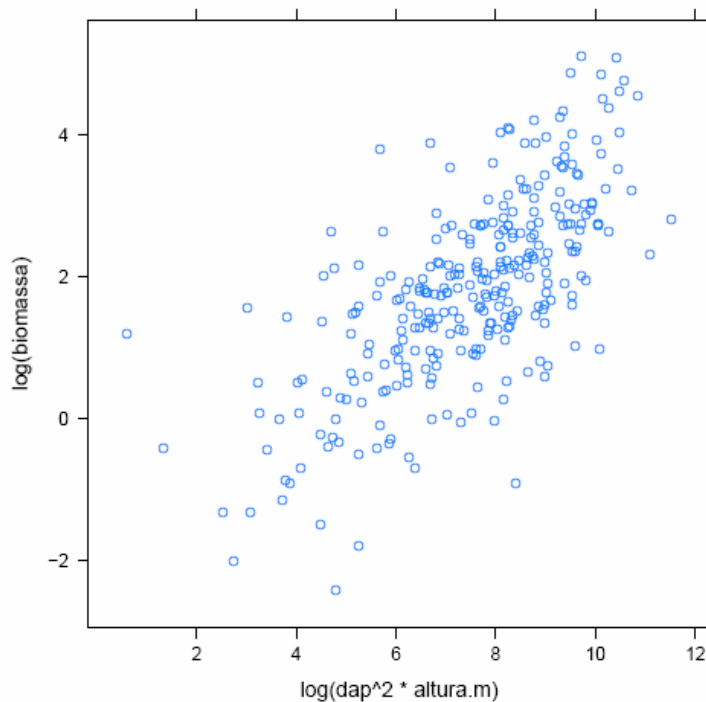


Figura 25 - Gráfico de dispersão da biomassa dos resíduos da arborização, para análise exploratória dos dados

A análise exploratória realizada por meio do gráfico de dispersão (Figura 25) demonstra que há uma boa relação entre a biomassa total e o produto obtido entre o DAP e altura das árvores. Isso pode ser observado pelo agrupamento dos dados. Utilizou-se como variável dependente a biomassa de resíduos e variável independente o DAP (Diâmetro a Altura do Peito) e a altura das 300 árvores amostradas.

Com relação à análise da biomassa e sua correlação com DAP e altura para cada espécie verifica-se que a espirradeira e fícus não denotam uma boa correlação e, que, portanto não contribuem fortemente para o sucesso do modelo a ser testado, conforme demonstrado na Figura 26.

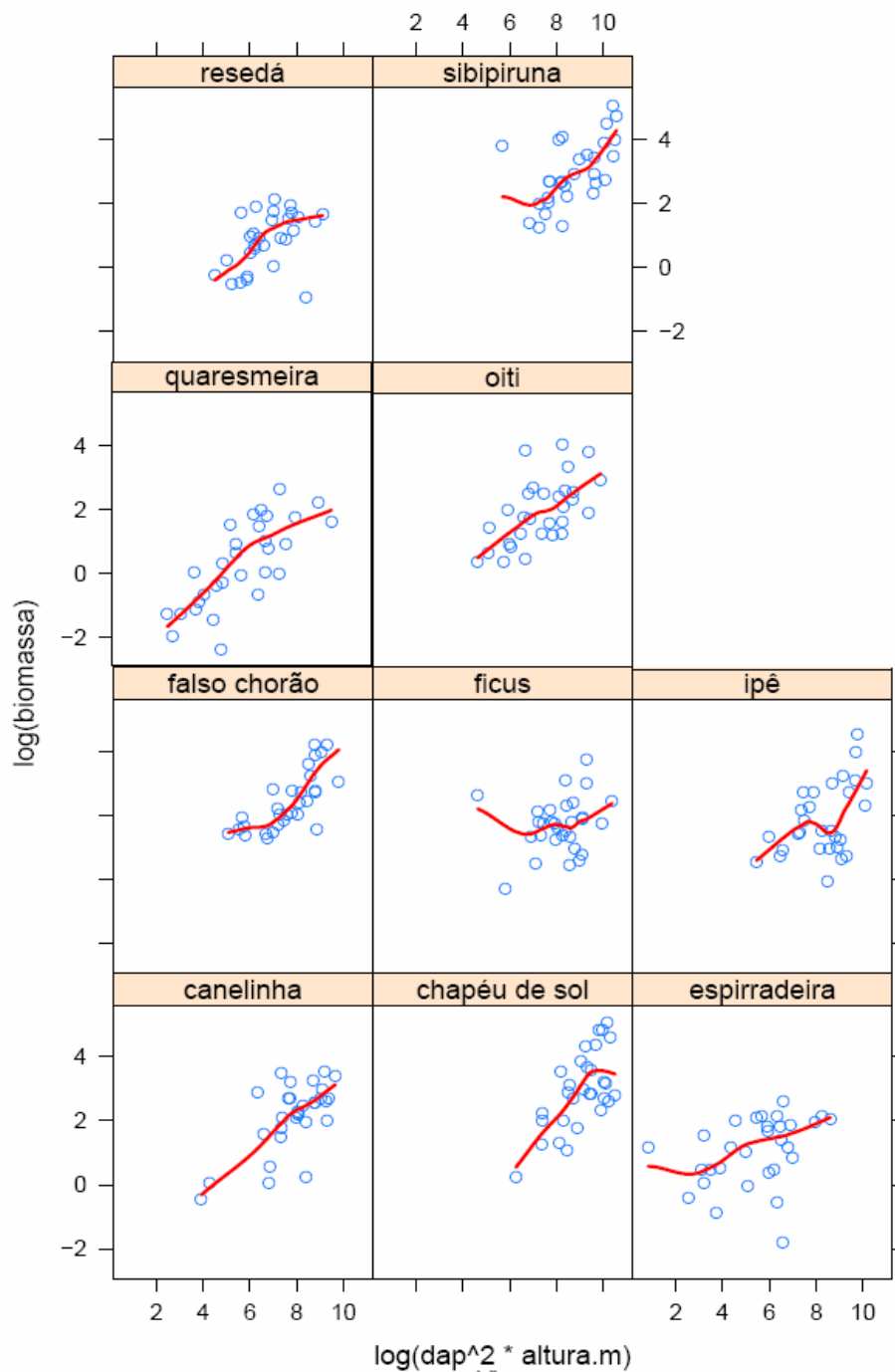


Figura 26 - Correlação da biomassa de resíduos, DAP e altura por espécie

Considerando que o AIC, é um critério comparativo, que considera os melhores modelos são os de menores valores, enquanto para o R^2 quanto mais elevado melhor o modelo, os modelos mais adequados e com valores próximos foram os de *Log-Spurr*

(AIC 831,75 e R^2 0,474) e de *Shumacher-Hall* (AIC 832,97 e R^2 0,4754), o modelo *Spurr* não foi eleito por apresentar elevado AIC (2662,12) e baixo R^2 (0,2238) (Tabela 15).

Desta forma, os dois modelos (*Log-Spurr* e de *Shumacher-Hall*) foram testados neste trabalho para os efeitos de tratamento das espécies e para a intensidade de poda e, posteriormente, com interações para as espécies e para a intensidade de poda.

O detalhamento dos cálculos para os modelos testados encontram-se no anexo G.

Tabela 15 - Comparação do modelo para a biomassa total de resíduos da arborização urbana

Nome	Modelo	AIC	R^2
<i>Spurr</i>	$b = \beta_0 + \beta_1 (d^2 h) + \epsilon$	2662,12	0,2238
<i>Log-Spurr</i>	$\ln(b) = \beta_0 + \beta_1 \ln(d^2 h) + \epsilon$	831,75	0,4740
<i>Schumacher-Hall</i>	$\ln(b) = \beta_0 + \beta_1 \ln(d) + \beta_2 \ln(h) + \epsilon$	832,97	0,4754

Com relação à espécie, o modelo que apresentou os melhores resultados foi o de *Shumacher-Hall* com interação, por demonstrar um menor AIC (771,5355) e maior R^2 (0,6439) (Tabela 16).

Tabela 16 - Comparação do modelo com e sem interação para os resíduos das espécies da arborização urbana

Nome	Modelo	AIC	R^2
<i>Log-Spurr</i>	$\ln(b) = \beta_{0i} + \beta_1 \ln(d^2 h) + \epsilon$	777,7864	0,5869
<i>Log-Spurr (com interação)</i>	$\ln(b) = \beta_{0i} + \beta_{1i} \ln(d^2 h) + \epsilon$	775,6365	0,6139
<i>Schumacher-Hall</i>	$\ln(b) = \beta_{0i} + \beta_1 \ln(d) + \beta_2 \ln(h) + \epsilon$	779,7838	0,5869
<i>Schumacher-Hall (com interação)</i>	$\ln(b) = \beta_{0i} + \beta_1 \ln(d) + \beta_{2i} \ln(h) + \epsilon$	771,5355	0,6439

/= espécie

Com relação à intensidade de poda, os modelos ficaram muito próximos, entretanto, o modelo de *Log-Spurr* sem interação apresentou o menor AIC (585,2063) e *Schumacher-Hall* com interação apresentou melhor R^2 .

Quanto maior interação dos dados e complexidade do modelo há um ganho nos dados. Todavia, quando se pensa em gestão municipal há se considerar que a complexidade das informações também implica em aumento de custos para a coleta de dados.

Tabela 17 - Comparação do modelo com e sem interação para a intensidade de poda

Nome	Modelo	AIC	R^2
<i>Log-Spurr</i>	$\ln(b) = \beta_{0k} + \beta_1 \ln(d^2 h) + \epsilon$	585,2063	0,5891
<i>Log-Spurr (com interação)</i>	$\ln(b) = \beta_{0k} + \beta_{1k} \ln(d^2 h) + \epsilon$	591,9932	0,5946
<i>Schumacher-Hall</i>	$\ln(b) = \beta_{0k} + \beta_1 \ln(d) + \beta_2 \ln(h) + \epsilon$	587,2045	0,5891
<i>Schumacher-Hall (com interação)</i>	$\ln(b) = \beta_{0k} + \beta_1 \ln(d) + \beta_{2k} \ln(h) + \epsilon$	594,9069	0,6098

$K =$ intensidade de poda

Dentre os modelos testados, o modelo por espécie e intensidade de poda para *Log-Spurr* e para *Schumacher-Hall*, quando comparados aos anteriores se revelam como os mais adequados e tiveram comportamento bastante semelhantes para a predição da geração de resíduos da arborização, por apresentarem baixo AIC (549,5659 e 551,3293 respectivamente) e melhor R^2 (ambos com 0,672) (Tabela 18).

Tabela 18 - Comparação do modelo para as espécies e para a intensidade de poda

Nome	Modelo	AIC	R^2
<i>Log-Spurr</i>	$\ln(b) = \beta_{0k} + \beta_{1l} + \beta_2 \ln(d^2 h) + \epsilon$	549,5659	0,6720
<i>Schumacher-Hall</i>	$\ln(b) = \beta_{0k} + \beta_{1l} + \beta_2 \ln(d) + \beta_3 \ln(h) + \epsilon$	551,3293	0,6723

$K =$ intensidade de poda; $l =$ espécie

Esses modelos, com informações sobre as espécies e intensidade de poda podem contribuir diretamente para estimar e planejar possíveis usos e destinação

adequada dos resíduos da arborização urbana. Entretanto, seria importante a discussão do qual seria a intensidade de poda adequada para as espécies.

Essas informações serão de grande relevância e podem se constituir como importante instrumento para o manejo de resíduos e para a tomada de decisão com relação às formas de gerenciamento dos resíduos, a partir da predição de suas escalas de geração.

4.6 Avaliação do potencial de aproveitamento dos resíduos da arborização urbana na produção de produtos sólidos, madeira de carvão e composto orgânico

Os ensaios de caracterização física da madeira, os testes de carbonização, e compostagem indicaram que os resíduos possuem um grande potencial de valorização, seja como lenha, carvão vegetal, composto orgânico, como também para a produção de pequenos objetos de madeira.

4.6.1 Características físicas da madeira dos resíduos da arborização urbana

Os resíduos de poda de determinadas espécies, podem ser agrupados por suas características físicas para facilitar seu manejo. O conhecimento sobre o agrupamento de espécies semelhantes, demonstrado pelos testes estatísticos, ajuda na tomada de decisão com relação à projeção de usos e valorização do resíduo. Além disso, auxilia no planejamento dos custos de transporte, potencial de aproveitamento e dimensionamento de pátio para aproveitamento.

4.6.1.1 Densidade básica, aparente e umidade dos resíduos da arborização urbana

Conforme demonstrado na Tabela 19, em nível de 95% de confiança, foram observadas diferenças significativas para os resíduos das espécies analisadas quanto à umidade. Os resíduos das espécies com maior teor de umidade foram: ficus-benjamim (*Ficus benjamina*) e ipê (*Tabebuia sp*), enquanto os menores valores foram obtidos para oiti (*Licania tomentosa*) e espirradeira (*Nerium oleander*)

Foi avaliada a normalidade dos dados e a sua variância e verificou-se que, em

nível de 95% de confiança, a densidade básica média dos resíduos difere entre as espécies. Os resíduos de poda das espécies de maior valor de densidade básica são: o ipê (*Tabebuia sp*) e o oiti (*Licania tomentosa*). Os menores valores são atribuídos para o fícus (*Ficus benjamina*) e a espirradeira (*Nerium oleander*).

Com relação à densidade aparente, de um modo geral, os dados demonstram que, as amostras de resíduos têm menor variabilidade de dados e são mais parecidas entre si no que se refere aos outros parâmetros de análise física dos resíduos de poda.

Em nível de 95% de confiança, observou-se que os resíduos das espécies com menor valor de densidade aparente foram espirradeira (*Nerium oleander*) e o fícus (*Ficus benjamina*) e o maior valor foi atribuído à quaresmeira (*Tibouchina granulosa*), oiti (*Licania tomentosa*) e ipê (*Tabebuia sp*).

Geralmente madeiras com alta densidade apresentam um teor de umidade baixo e madeiras com baixa densidade apresentam um teor de umidade elevado. (MORESHI, 2008). Entretanto, para os resíduos da arborização urbana amostrados, constituídos geralmente por galhos, isso não foi observado para todas as espécies.

A constituição anatômica da madeira dos galhos também tem grande influência sobre o teor de umidade. Conforme Moreschi (2008), o lenho inicial, por exemplo, com células de paredes finas e lumens grandes, normalmente contem mais água que o lenho tardio constituído de células com paredes espessas e lumens pequenos.

Tabela 19 - Densidade Básica, Aparente e Umidade dos galhos das espécies mais frequentes na arborização urbana em Piracicaba - SP

	Aparente		Básica		Umidade	
	Média (g/cm ³)	Teste Tukey	Média (g/cm ³)	Teste Tukey	Média (g/cm ³)	Teste Tukey
Ipê	0,782 0,075(*)	A	0,906 0,022(*)	A	143,79 0,251(*)	A
Quaresmeira	0,787 0,08(*)	A	0,659 0,005(*)	C	122,72 0,100(*)	B
Oiti	0,779 0,073(*)	A	0,843 0,004(*)	B	73,56 1,387(*)	E
Sibipiruna	0,711 0,064(*)	B C	0,68 0,052(*)	C	83,34 1,620(*)	D
Resedá	0,653 0,025(*)	C	0,590 0,003(*)	D	99,66 0,404(*)	D
Falso-chorão	0,579 0,009(*)	D E	0,538 0,008(*)	E	110,09 1,150(*)	C
Canelinha	0,562 0,015(*)	E	0,528 0,005(*)	E	85,55 2,946(*)	D
Chapéu de sol	0,518 0,033(*)	E F	0,531 0,004(*)	E	82,55 1,205(*)	D
Ficus- benjamim	0,473 0,028(*)	F G	0,474 0,004(*)	F	137,78 2,023(*)	A
Espirradeira	0,453 0,001(*)	G H	0,443 0,008(*)	G	20,51 0,655(*)	F

(*) Valor referente ao desvio padrão. - Tukey: espécies com mesma letra não diferem estatisticamente ao nível de 95%.

De acordo com os resultados descritos na Tabela 19, foi possível ainda classificar as espécies em madeira de baixa densidade (abaixo de 0,5 g/cm³), moderadamente duras (entre 0,5 g/cm³ e 0,7 g/cm³) e duras (acima de 0,7 g/cm³) (MELO et al., 1990; VALE et al., 2005). A maioria dos resíduos da arborização urbana analisados neste trabalho são classificados como moderadamente pesados como é o caso do chapéu de sol, canelinha, falso chorão, resedá e sibipiruna.

Espécies com alta densidade básica (acima de 0,7 g/cm³) são indicadas para a produção de energia, na forma de carvão ou lenha, mas apresentam restrições para a confecção de pequenos objetos de madeira (POMs), pois são de mais difícil trabalhabilidade com ferramentas convencionais e lixas. Entretanto, apresentam uma maior resistência mecânica, sendo indicadas para a fabricação de componentes estruturais de móveis e cabos para ferramentas. Na produção de POMs, recomenda-se a utilização de madeiras de média densidade básica.

4.6.1.2 Análise da cor

Na Tabela 20, pode-se observar os valores médios das variáveis a^* , b^* , C, h^* e L^* que, juntas, formam a cor da madeira. A variável a^* refere-se ao eixo vermelho-verde, b^* ao eixo azul-amarelo, C à saturação da tinta e h^* ao ângulo de tinta. Para todas as espécies, na cor natural ou com verniz, o parâmetro b^* predominou sobre o a^* .

As madeiras analisadas apresentaram, portanto, uma coloração mais amarelada (b^*) do que avermelhada (a^*).

Tabela 20 - Parâmetros colorimétricos da madeira natural e com verniz fosco das dez espécies mais frequentes na arborização urbana em Piracicaba (SP)

Espécie	L*	a*	b*	C	h*
Oiti natural	61,02	8,26	18,25	20,08	65,79
Oiti verniz	45,18	10,3	23,49	25,66	66,26
Falso-chorão natural	72,14	6,18	17,73	18,77	70,8
Falso-chorão verniz	66,97	7,35	22,14	23,3	71,64
Canelinha natural	64,27	5,24	17,43	18,2	73,23
Canelinha verniz	54,68	7,15	23,99	25	73,45
Ipê natural	71,99	2,09	15,65	15,8	81,5
Ipê verniz	60,63	4,38	22,78	23,3	79,67
Chapéu-de-sol natural	65,62	5,57	14,63	15,7	69,4
Chapéu-de-sol verniz	64,27	4,68	18,83	19,4	76,11
Espirradeira natural	73,61	2,75	14,28	14,5	79,1
Espirradeira verniz	60,48	5,86	22,15	22,9	75,17
Resedá natural	77,37	4,19	19,1	19,6	77,66
Resedá verniz	71,04	5,26	24	24,6	77,66
Quaresmeira natural	65,15	8,63	24,65	26,1	70,67
Quaresmeira verniz	55,71	6,84	26,13	27	75,32
Sibipiruna natural	67,17	5,76	17,9	18,8	72,25
Sibipiruna verniz	59,86	7,69	22,66	23,9	71,23
Fícus natural	72,75	2,22	14,92	15,1	81,76
Fícus verniz	63,08	3,65	17,48	17,9	78,23

4.7 Produção de pequenos objetos de madeira

O potencial de aplicação dos resíduos da arborização urbana, para a produção de pequenos objetos de madeira, é determinado em função da sua quantidade, diversidade, características físicas e químicas.

Nos municípios, a formação de organizações, como cooperativas com cunho socioambiental, podem ser estratégias muito viáveis para a valorização dos resíduos de poda.

Tabela 21 - Características e potencial de aplicação da madeira de dez espécies mais frequentes na arborização urbana em Piracicaba (SP)

(Continua)







Espécie	Média	Desenho/ Cor	Potencial de aplicação em produtos
Ipê	0,906(*)		Estrutura de pequenos objetos, móveis e cabos de ferramentas.
Oiti	0,843(*)		Estrutura de pequenos objetos, móveis e cabos de ferramentas.
Sibipiruna	0,68(*)		Pequenos objetos, brinquedos, artigos decorativos e de cozinha.
Quaresmeira	0,659(*)		Pequenos objetos, brinquedos, artigos decorativos, e de cozinha.
Resedá	0,590(*)		Pequenos objetos, brinquedos, artigos decorativos e de cozinha.
Falso-chorão	0,539(*)		Pequenos objetos, brinquedos, artigos decorativos e de cozinha.

Tabela 21 - Características e potencial de aplicação da madeira de dez espécies mais frequentes na arborização urbana em Piracicaba (SP)

(Conclusão)

Espécie	Média	Desenho/ Cor	Potencial de aplicação em produtos
Chapéu-de-sol	0,531 (*)		Pequenos objetos, brinquedos, artigos decorativos e de cozinha.
Ficus-benjamim	0,474 (*)		Esculturas, pequenos objetos, brinquedos, artigos decorativos e de cozinha.
Espirradeira	0,443(*)		Esculturas, pequenos objetos, brinquedos, artigos decorativos e de cozinha.

(*) Densidade básica das espécies em g/cm³.

As espécies com alta densidade básica (acima de 0,7 g/cm³), como o oiti (*Licania tomentosa*), apesar da difícil trabalhabilidade pela sua densidade, oferecem uma maior resistência mecânica para a produção de POM. Já as de densidade média (entre 0,5 g/cm³ e 0,7 g/cm³), como a sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides*), são mais facilmente manuseadas.

Por outro lado, as espécies de baixa densidade (abaixo de 0,5 g/cm³), como a espirradeira (*Nerium oleander L*), apesar de poderem ser trabalhadas sem muito esforço, apresentam uma boa resistência mecânica. Entretanto, para a fabricação de pequenos objetos de madeira, é possível aproveitar essas espécies, valorizando suas características.

Os galhos de maior diâmetro podem ser empregados para a produção de artesanatos, utensílios domésticos ou mesmo para a produção de mobiliário urbano, conforme demonstrado na Tabela 21.

Uma das possibilidades pode ser a produção de brinquedos pedagógicos para escolas, tais como jogos de memória e quebra-cabeças, entre outros. Esses produtos podem ainda valorizar a forma natural da madeira, como a casca e a sua forma (Figura 27).



Figura 27 - Protótipos de brinquedos elaborados a partir de resíduos de poda e remoção (a) ábaco; (b) trem; (c) jogo velha; (d) jogo de damas; (e) jogo da memória

Isso demandaria um menor número de operações e, conseqüentemente, um menor processamento e custo operacional. Essa linha vem ao encontro ao *design* de produto mais ecológico, por demandar menor insumo e considerar aspectos naturais da matéria-prima.

Para viabilizar o aproveitamento dos resíduos da arborização urbana, há necessidade de:

- i) criação de programas ou projetos de desenvolvimento de produtos e seu aprimoramento;
- ii) capacitação/qualificação de mão de obra;
- iii) infra-estrutura para a produção em pequena, média ou larga escala;
- iv) triagem do resíduo, programa de secagem e de armazenamento adequado dos resíduos de poda para conservar a qualidade da madeira e tornar possível o seu uso;
- v) desenvolvimento de programas de *marketing* para a apresentação do produto a fim de realçar o seu diferencial socioambiental no mercado.

4.8 Carbonização dos resíduos da arborização urbana

O diâmetro mínimo para o aproveitamento dos resíduos para a produção de lenha considerados foi de 8 cm. Os resultados da análise quantitativa em função da classe diamétrica dos resíduos indicam que, cerca de 31% desses materiais, poderia

ser utilizado como lenha em olarias, padarias, pizzarias e outros locais que requeiram este tipo de fonte energética, como mostra a Figura 28.

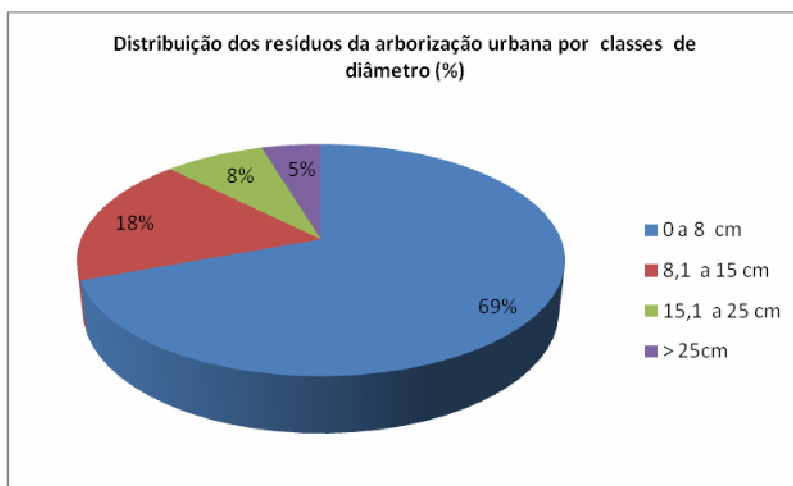


Figura 28 - Porcentagem de resíduos de poda por classe diamétrica

A produção de lenha e carvão vegetal caracteriza-se como uma das soluções potenciais para os resíduos de poda, não exige muita segregação, além de ser um mercado aberto e com grande aplicação local.

Contudo, Barroso (2007) aponta para a necessidade de que se recomende aos setores que consomem lenha proveniente de poda urbana, a elaboração de um plano de secagem para a redução do teor de umidade, diminuindo assim a quantidade de lenha a ser queimada em cada fornada, o que levaria à minimização de seus gastos, potencializando, então, o uso desta matéria-prima.

No entanto, isso exigiria um programa integrado de secagem e o fornecimento de uma escala de resíduos de poda que compensasse, financeiramente, a manutenção de uma infra-estrutura para a secagem a fim de serem utilizados em locais como olarias e padarias. Esse trabalho poderia ser realizado, por exemplo, por uma cooperativa ou alguma microempresa.

Esses setores poderiam ainda investir no *marketing* ambiental, com a divulgação do caráter ecológico desse produto, podendo ser comercializado, por exemplo, como “lenha ecológica”. Isso contribuiria para esclarecer a população sobre a procedência da

mesma e os benefícios de sua utilização para a redução de problemas da disposição em aterros e o uso de um produto gerado localmente.

No que se refere ao processo de carbonização dos resíduos de poda da arborização urbana das espécies de maior frequência, do município de Piracicaba, a espirradeira, a falsa murta e o resedá, por apresentarem galhos muito finos, inferiores a 8 cm de diâmetro, não foram considerados para a carbonização.

Entretanto, é importante enfatizar que, durante a realização da poda, a segregação dos galhos por espécie e por diâmetro demandaria tempo e infra-estrutura para sua viabilidade no município, principalmente com relação a treinamento dos funcionários para o reconhecimento das espécies e um sistema operacional, bastante eficiente, com funções muito claras e definidas para a equipe de poda, para a realização da separação e transporte dos resíduos para os diferentes usos.

Tabela 22 - Componentes obtidos com a carbonização dos resíduos da arborização urbana do município de Piracicaba (SP)

Carbonização dos resíduos da arborização urbana			
(%)			
	Teor de licor pirolenhoso	Teor de gás não condensado	Teor de carvão
Fícus	34,95	42,25	19,60
Canelinha	37,75	39,00	23,25
Chorão	39,05	39,85	21,15
Chapéu-de-sol	34,85	41,75	23,40
Oiti	36,45	38,95	24,60
Ipê	33,25	25,20	41,30
Sibipiruna	35,15	32,55	32,30

Rendimentos semelhantes para a carbonização foram encontrados por Vale et. al (2005), para a madeira de fícus, em um levantamento sobre usos de madeira de poda para fins energéticos no Distrito Federal. Corroborando ainda com o mesmo autor, observa-se que, madeiras com maiores densidade, apresentam maiores teores de

carbono fixo. Para as demais espécies, não existem muitos estudos para que seja possível estabelecer comparações.

Entre as espécies citadas na Tabela 22, verifica-se que o ipê e a sibipiruna apresentam um maior rendimento em teor de carvão e um menor teor de gás não condensável. As espécies fícus e falso chorão foram as que mostraram um menor rendimento de carvão e, em consequência, os maiores teores de gás condensável e de licor pirolenhoso. Notou-se que, 57% das espécies analisadas, atendem a todos os requisitos necessários para a produção do carvão vegetal. Entretanto, todas as espécies podem, potencialmente, ser utilizadas na produção de lenha.

A Prefeitura Municipal de Piracicaba já realizou, há alguns anos atrás, a permuta de galhos de poda e remoção com olarias e padarias para a troca da lenha por produtos (como tijolos), para a reforma de espaços públicos. Essa iniciativa pode ser adequada para um plano de gestão de resíduos, mas é necessária a formalização de procedimentos e a inserção disso no contrato dos serviços terceirizados pela Prefeitura Municipal.

Conforme estudos realizados por Camilo, Espada e Martins (2008) por amostragem nos municípios do Estado de São Paulo, aproximadamente 40% das estratégias de valorização dos resíduos de arborização dos mesmos, estão voltadas ao seu uso direto como lenha para olarias, cerâmicas, padarias e pizzarias.

No que se refere ao carvão vegetal, os parâmetros que atestam sua qualidade são fundamentais para que ele seja aceito pelos consumidores. Alguns deles são: a capacidade de ignição, sua resistência, durabilidade, nível de umidade, presença de tiço e limpeza, entre outros. Busca-se uma produção de carvão que agregue, na medida do possível, todos esses atributos e que mantenha um bom padrão de qualidade.

Os critérios para a análise do carvão, estabelecidos pela Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo e órgãos reguladores do Estado indicam que, o carvão ideal deve apresentar um teor de cinzas menor que 5%, carbono fixo 70-80%, material volátil 25-35% e umidade inferior a 3%.

Tendo por base o conjunto de parâmetros, os resultados das análises demonstram que, as espécies de ipê, canelinha, chapéu-de-sol e sibipiruna atendem a todos eles e são apropriadas para a produção de carvão vegetal. A espécie fícus

atende parte dos parâmetros analisados, apresentando um alto teor de cinza, e o oiti preencheu o parâmetro de umidade e material volátil. Já o falso-chorão atendeu somente ao parâmetro adequado de umidade, conforme citado nas Tabelas 23 e 24.

Tabela 23 - Qualidade de carvão de sete espécies da arborização urbana

	Composição (%)			
	Umidade	Voláteis	Cinzas	Carbono Fixo
Ficus	3,00	22,71	5,99	71,30
Canelinha	2,73	23,58	2,78	73,64
Chorão	3,01	52,41	6,00	68,80
Chapéu-de-sol	2,91	24,35	3,36	72,29
Oiti	2,80	23,06	9,60	67,34
Ipê	2,68	22,89	3,87	73,23
Sibipiruna	2,70	26,32	3,86	69,83

Esse estudo da potencialidade do resíduo de poda para a produção de carvão vegetal é importante, porque auxilia na tomada de decisão para o encaminhamento dos resíduos de poda. Na perspectiva da valorização dos resíduos, os que não atenderam aos requisitos mínimos, podem ser encaminhados para outros tipos de usos como a compostagem ou a confecção de pequenos objetos de madeira.

Tabela 24 – Qualidade do carvão vegetal produzido a partir de sete espécies da arborização urbana

Espécies	Conjunto dos parâmetros atingido
Ficus	U+MV+CF
Canelinha	U+MV+CZ+CF
Chorão	U
Chapéu de sol	U+MV+CZ+CF
Oiti	U+MV
Ipê	U+MV+CZ+CF
Sibipiruna	U+MV+CZ+CF

Verifica-se por meio da figura 29, as correlações entre os parâmetros avaliados para a produção de carvão vegetal. Para facilitar a visualização dessas correlações foram traçadas elipses de predição em nível de 95% de confiança. O formato da elipse achatado com tendência a uma reta indica forte correlação, caso contrário observa-se independência entre as variáveis testadas. Neste sentido verifica-se que há correlação negativa entre carbono fixo (CF) e materiais voláteis (MV), pois quanto maior a quantidade de carbono fixo no carvão, menor a quantidade de materiais voláteis.

Correlação semelhante se observa entre o teor de carbono fixo (CF) e cinza (CZ), maior carbono fixo, menor teor de cinza. Entretanto, para teor de cinzas (CZ) e materiais voláteis (MV) não se verifica correlações.

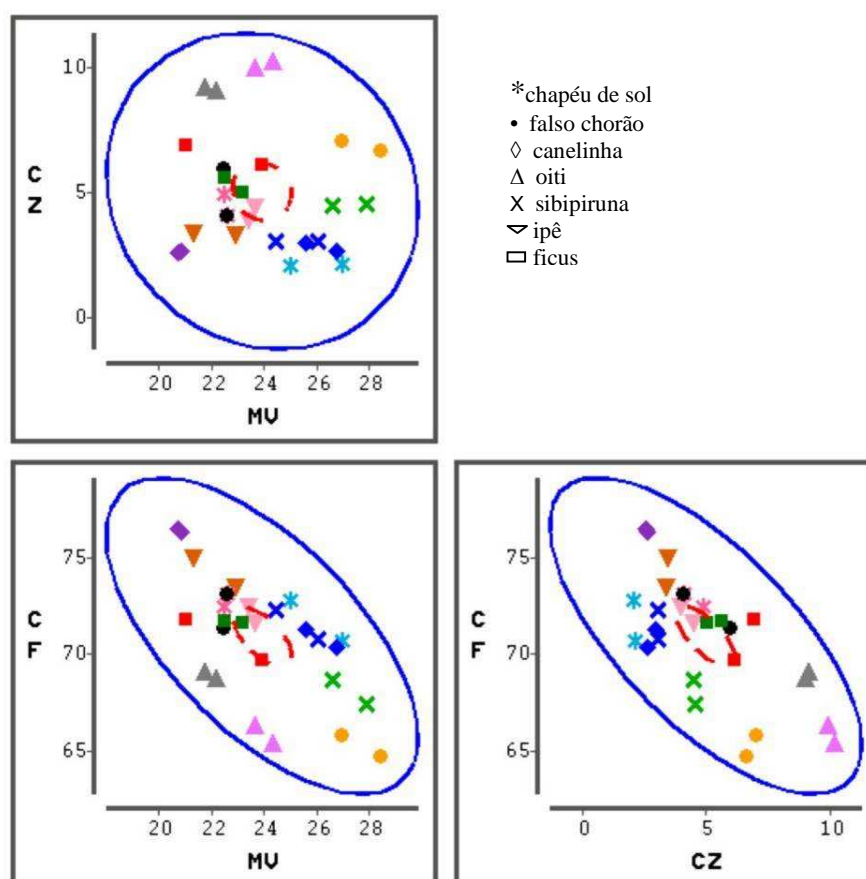


Figura 29 – Correlações entre os parâmetros de qualidade do carvão vegetal

4.9 A compostagem de resíduos da arborização urbana

A compostagem constitui-se como uma das principais possibilidades para a destinação dos resíduos da arborização urbana, já que cerca de 69% destes resíduos correspondem a ramos e galhos finos (material com diâmetro inferior a 8 cm).

A análise da poda triturada demonstra a alta concentração de carbono total existente na poda, que em umidade natural apresenta cerca de 42%. A relação C/N deste resíduo é de 41/1. Portanto, para que a sua decomposição ocorra é necessário que se misture com material rico em nitrogênio.

A relação C/N indica o grau de estabilização da matéria orgânica, bem como da estabilidade deste material quando colocado no solo (JIMÉNEZ e GARCIA, 1989).

Kiehl (1998) considera produto humificado quando este atinge uma relação C/N entre 8/1 a 12/1 e, semi-curado ou bioestabilizado, entre 13/1 a 18/1, podendo ser utilizado sem risco de causar danos às plantas.

Tabela 25 - Características desejadas para o composto

Parâmetros	Valores desejados	Tolerância *
Matéria orgânica total	Mínimo de 40%	Menos 10%
Nitrogênio total	Mínimo de 1%	Menos 10%
Umidade	Máximo de 10%	Mais 10%
Relação C/N	Máximo de 18/1	21/1
Índice de pH	Mínimo de 6	Menos 10%

Fonte: Kiehl (1995); Lisita e Araujo (2006); MAPA (2005)

O composto orgânico produzido a partir de resíduos de poda e restos do preparo de refeições do restaurante universitário (Tabela 26), apresentou um pH adequado (7,3%). Entretanto, em condições de umidade natural resultou em alta uma relação alta C/N (22/1), alta umidade (56,7%), baixo teor de nitrogênio (0,67%), e baixo teor de matéria orgânica (25,6%), indicando que ainda não está totalmente estabilizado, e que

há necessidade de aumento de fonte de nitrogênio, conforme parâmetros estabelecidos por Kiehl (1995); MAPA (2005); Lisita e Araujo (2006) (Tabela 25).

Conforme dados encontrados por Cooper (2008) em análises de resíduos orgânicos dos restaurantes universitários do campus USP de São Paulo, esses resíduos geralmente, já apresentam uma relação C/N equilibrada, o uso de mais fontes de carbono pode retardar o processo de compostagem e não produzir um composto com as características desejadas.

Os resíduos orgânicos oriundos de varejões, feiras livres, mercados municipais podem ser utilizados também como insumo no processo de compostagem e como uma alternativa para a redução de resíduos que seriam enviados para aterro sanitário. Considerando um sistema de gestão integrada de resíduos o uso destes resíduos como matéria-prima constitui-se como uma alternativa adequada para o município.

Entretanto, Pereira Neto (1996), reforça que para que se produza um composto com as características desejadas utilizando os restos orgânicos alimentares é necessária a adição de outros resíduos ricos em nitrogênio, tais como esterco bovino, cama de frango, etc. para acelerar o processo de compostagem.

Tabela 26 - Composição química dos resíduos da arborização urbana e do composto orgânico (continua)

Determinações	Resíduo da arborização urbana			Composto Orgânico		
	U. N.*	60-65o. C	110o.C	U. N.*	60-65o. C	110o.C
pH em CaCl ₂ 0,01M	4,8			7,3		
Densidade (g/cm ³)	0,32			0,53		
Umidade perdida 60-65oC(%)	13,9			54,1		
Umidade perdida entre 65 -110oC (%)	5,11			2,67		
Umidade total (%)	51			56,77		
Inertes	0	0	0	0	0	0
Matéria Or. Total (combustão) %	75,47	87,65	93,18	26,57	57,89	61,46
Matéria Orgânica Compostável %	69,13	80,29	85,36	23,98	52,24	55,47
Mat.Org. Resist. a Compostagem (%)	6,34	7,36	7,83	2,59	5,64	5,99
Carbono Total (orgânico e mineral) %	41,93	48,7	51,77	14,76	32,16	34,14
Carbono Orgânico (%)	38,41	44,61	47,43	13,32	29,02	30,81
Resíduo Mineral Total (%)	5,52	6,41	6,82	16,66	36,3	38,54
Resíduo Mineral Insolúvel (%)	0,19	0,22	0,23	11,58	25,23	26,79

Tabela 26- Composição química dos resíduos da arborização urbana e do composto orgânico (conclusão)

Determinações	Resíduo Arborização Urbana			Composto orgânico		
Resíduos Mineral Solúvel (%)	5,33	6,19	6,58	5,08	11,07	11,75
Nitrogenio Total (%)	1,02	1,18	1,26	0,67	1,46	1,55
Fósforo (P205)Total (%)	0,15	0,17	0,19	0,14	0,31	0,32
Potássio (K20) Total (%)	0,24	0,28	0,3	0,16	0,35	0,37
Cálcio (Ca) Total (%)	2,06	2,39	2,54	0,86	1,87	1,99
Magnésio (Mg) Total (%)	0,07	0,08	0,09	0,1	0,22	0,23
Enxofre (S) Total (%)	0,05	0,06	0,06	0,06	0,13	0,14
Relação C/N (C Total e N Total) %	41/1	41/1	41/1	22/1	22/1	22/1
Relação C/N (C Org. e N Total) %	38/1	38/1	38/1	20/1	20/1	20/1

*U. N.= Umidade natural

Recomenda-se ainda que a prefeitura municipal realize a análise química das fontes de nitrogênio, em laboratórios especializados para ter o balanceamento adequado da quantidade de resíduo da arborização urbana a serem utilizados no processo.

4.10 Resumo sobre usos potenciais das espécies estudadas

No geral, as madeiras apresentam bom potencial de utilização, entretanto, as espécies de oiti e falso chorão demonstram alto teor de cinzas, que podem trazer restrições para o seu uso como lenha e carvão vegetal, em termos de qualidade do produto.

A tabela 27 demonstra um resumo das potencialidades de aplicação dos resíduos da arborização urbana visando a sua valorização.

Tabela 27 - Usos potenciais dos resíduos da arborização urbana

Espécies	Usos potenciais
Sibipiruna (<i>Caesalpinia peltophoroides</i>) Benth. Fabaceae	C+LC+POM
Falso-chorão (<i>Schinus molle</i> L.) Anacardiaceae	C+LC+POM
Resedá (<i>Lagerstroemia indica</i>) Lythraceae	C+POM
Quaresmeira (<i>Tibouchina granulosa</i> Cogn.) Melastomataceae	C+POM
Chapéu de sol (<i>Terminalia catappa</i> L.) Combretaceae	C+LC+POM
Oiti (<i>Licania tomentosa</i> Benth.) Chrysobalanaceae	C+POM
Canelinha (<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez) Lauraceae	C+LC+POM
Ipê amarelo (<i>Tabebuia</i> sp.) Bignoniaceae	C+LC+POM
Ficus-benjamim (<i>Ficus benjamina</i> L.) Moraceae	C+LC+POM
Espirradeira (<i>Nerium oleander</i> L.) Apocynaceae	C+POM
Falsa murta (<i>Murraya paniculata</i>) Rutaceae	C+POM

C= compostagem

LC=carvão vegetal e lenha

POM=pequenos objetos de madeira

Algumas espécies como a espirradeira, o resedá, a falsa murta apresentam limitações ligadas ao pequeno diâmetro e a dificuldade de segregação dos galhos e folhas, que podem inviabilizar seu uso para a produção de pequenos objetos de madeira, para a geração de energia e, portanto, são recomendadas como usos potenciais para a produção de composto orgânico.

4.11 Considerações para elaboração e implementação de plano de gerenciamento de resíduos da arborização urbana

O plano de gerenciamento de resíduos da arborização urbana deve ser elaborado em consonância com as recomendações da política estadual e municipal de resíduos sólidos e com o plano diretor de resíduos sólidos dos municípios.

Na Tabela 28 seguem alguns exemplos de gestão adotados para os resíduos da arborização urbana, alguns modelos estão voltados somente a dar uma destinação mais adequada para os resíduos, para reduzir custos e aumentar de vida útil de aterros. Isso inclui geralmente a doação dos galhos para a geração de energia como lenha para olarias, padarias, pizzarias ou a trituração para a produção do composto orgânico.

Tabela 28 - Resumo das soluções adotadas no gerenciamento de resíduos da arborização urbana em instituições e municípios
(Continua)

<i>Local</i>	<i>Resumo das Estratégias</i>	<i>Legislação</i>	<i>Aspectos positivos</i>
Fundação Parques Jardins do Rio de Janeiro	Inclui o gerenciamento integrado dos resíduos de poda, envolvendo todos os setores e prevendo a criação de parcerias para agregação de valor, trabalho e renda.	Não legitimado	<ul style="list-style-type: none"> - Adota a premissa do gerenciamento integrado de resíduos; - Envolve diversas secretarias; - Incentiva a parceria entre instituições públicas e privadas.
Prefeitura Municipal de São Paulo	PAMPA - Programa de Aproveitamento de Madeira de Poda de Árvores – Poda, seguida de triagem e classificação dos resíduos de poda para múltiplos usos. Inserção na legislação sobre a doação dos resíduos para cooperativas e ONGs.	Lei municipal 14.723/08	<ul style="list-style-type: none"> - Classificação dos resíduos; - Múltiplos usos e valorização dos resíduos; - a legislação estimula a inclusão, a geração de trabalho e renda.

Tabela 28 – Resumo das soluções adotadas no gerenciamento de resíduos da arborização urbana em instituições e municípios (Conclusão)

<i>Local</i>	<i>Estratégia de ação</i>	<i>Legislação</i>	<i>Aspectos positivos</i>
Prefeitura Municipal de Guarulhos/SP	Poda seguida da classificação dos resíduos; Produção de materiais para construções de casas populares.	Não legitimado	- Venda/leilão de raizeiros e árvores removidas; - produção de composto orgânico com resíduos de varejões; - manutenção de uma mini-serraria para produção de portas, caibros, janelas para construções populares.
Prefeitura Municipal de Salvador/BA	Trituração dos resíduos de poda para a produção de composto orgânico para ser utilizado nos serviços públicos	Não legitimado	Redução de material lenhoso em aterros; Produção do composto orgânico.
Prefeitura Municipal de Belo Horizonte	Trituração dos resíduos de poda para a produção de composto orgânico para ser utilizado nos serviços públicos	Não legitimado	Redução de material lenhoso em aterros; Produção do composto orgânico.
Prefeitura Municipal de Piracicaba	Encaminhamento dos resíduos de poda, feiras livres e varejões para a compostagem	Lei municipal no. 5795/2006 (Roteiro H)	Inclui como insumo para a compostagem os resíduos orgânicos de feiras livres, mercados e varejões, contribuindo para a redução de orgânicos em aterros.

Existem poucos exemplos de programas estruturados e com políticas públicas definidas. Um exemplo interessante e ainda recente é o da prefeitura de São Paulo que agrega a valorização dos resíduos com a geração de trabalho e renda.

Entretanto, verificou-se que nenhum deles considera a visão integrada da arborização urbana e a necessidade de revisão do sistema e do planejamento da

arborização urbana. Outro aspecto é que nem sempre essas ações se encontram legitimadas e como política pública municipal, correndo risco de se extinguirem com a mudança da administração municipal local.

Considera-se que um plano adequado deve prever soluções nas três linhas de ação: redução da geração, valorização, disposição, organizadas na forma de programas com uma ou mais atividades integradas.

Para a criação de um modelo de aproveitamento eficiente de resíduos de poda urbana, é necessário que se tenha uma visão ampliada acerca das tomadas de decisões, pois, para o alcance da eficiência, as ações, entre alguns níveis municipais, devem ser integradas (ALVES, 2007). Neste sentido para que a gestão de resíduos ocorra a mesma deve estar atrelada a gestão municipal de resíduos e as secretarias afins.

Propõe-se ainda um conjunto de ações necessárias para a gestão de resíduos, elaborado por Nolasco (2005) (Tabela 29).

Tabela 29 - Conjunto de ações para a elaboração de um sistema de gestão para os resíduos da arborização urbana

(continua)

Ações	Detalhamento
1. Comprometimento	
Comprometimento da Administração Municipal	<ul style="list-style-type: none"> - reconhecer e assumir as questões ambientais como sua responsabilidade; - incorporar a filosofia de prevenção de impactos ambientais negativos como estratégia da instituição; - definir objetivos e metas; - criar equipes de trabalho
Política Ambiental Municipal	<ul style="list-style-type: none"> -elaborada pelos gestores municipais -deve representar seu compromisso com a questão ambiental -ser pública e divulgada entre os funcionários e a comunidade - deve obter o cumprimento legal e buscar a melhoria contínua do desempenho ambiental da empresa.
2. Planejamento e Organização	
Equipe de Planejamento	<p>Composição: 1 por setor/secretaria</p> <p>Função: Estimular participação; coletar e organizar documentos e informações; analisar dados; elaborar os programas que farão parte do sistema de gestão; priorizar ações; monitorar a implantação e operação dos programas</p>

Tabela 29 - Conjunto de ações para a elaboração de um sistema de gestão para os resíduos da arborização urbana
(Continuação)

Ações	Detalhamento
Planejamento	<p>a) Aspectos Ambientais: histórico ambiental da empresa; definir procedimentos que permitam identificar, caracterizar e controlar os impactos negativos gerados durante a produção e, depois, na utilização do produto.</p> <p>b) Conhecer e atender os requisitos Legais e técnicos; desenvolver uma sistemática para obter e ter acesso a todas as exigências legais pertinentes a sua atividade; exigências devem ficar claras à direção da empresa e aos funcionários; exigências devem estar documentadas na empresa e organizadas juntamente com seus respectivos procedimentos para seu cumprimento em cada setor.</p> <p>c) Objetivos e Metas: criar objetivos e metas alinhados com o cumprimento da política ambiental que foi definida; devem refletir os aspectos ambientais e seus impactos no meio ambiente; devem considerar exigências legais e outros aspectos inerentes ao próprio negócio.</p> <p>d) Estrutura do Plano de Gestão Ambiental: deve definir os responsáveis pela coordenação e implementação de ações; deve permitir o cumprimento do que foi estabelecido na política ambiental e as exigências legais; deve atingir os objetivos e metas; deve viabilizar o desenvolvimento de novos produtos e novos processos, ambientalmente mais adequados; deve prever ações preventivas/corretivas e planos emergenciais, associadas aos riscos do empreendimento.</p>
3. Avaliação do Problema	
Diagnóstico	Criar uma ampla base de informações a respeito do ambiente interno e externo ao empreendimento, que sirva como parâmetro para o pensamento estratégico e para o planejamento operacional futuro: programas de ação (prevenção, mitigação, etc).
Informações para o reconhecimento da problemática – perfil da empresa e histórico ambiental	EIA/RIMA já realizados; Práticas de manejo de resíduos adotadas; Conformidade com legislação vigente; Estrutura organizacional e níveis de coordenação das atividades ambientais entre diferentes departamentos; Requerimentos e/ou pedidos de licença de funcionamento e operação; Posição da empresa em relação às tendências de mudança na legislação; Potencial de ações de responsabilidade civil, geradas por questões ambientais e de segurança da comunidade; Disponibilidade de recursos para programas e projetos de gestão de Resíduos.
Conhecer problemas e riscos	avaliação de riscos; práticas e comportamento internos que inibam ou dificultem a conformidade à legislação; identificação de operações padronizadas e sua eficiência; relação entre as funções de gestão ambiental e demais atividades e setores da empresa; possibilidade de riscos de ação civil contra a empresa; criação de base de informações para planejamento de programas e projetos
Barreiras ao diagnóstico	Resistência à mudanças e paradas na produção; Problemas gerados por aumento de demanda ou falhas no processo industrial; Falta de informação adequada e suficiente e estímulo à participação; Falta de recursos financeiros; Falta de organização e registro de informações na empresa; Limitações no tempo.
Análise das Informações Geradas	Gera os parâmetros para avaliação de desempenho econômico e ambiental da empresa/instituição. Por exemplo: Total de produtos, sub-produtos e resíduos; perdas por vazamento e emissões; perdas por tecnologia; perdas por qualidade de matéria-prima; perdas por capacitação de mão-de-obra, etc.
4. Definição de Prioridades	
Prioridades são definidas em função:	da gravidade do problema ; do risco ambiental; das pressões internas e externas; da disponibilidade de recursos financeiros, tecnológicos e humanos para solucionar este problema

Tabela 29 - Conjunto de ações para a elaboração de um sistema de gestão para os resíduos da arborização urbana

(continuação)

Ações	Detalhamento
Para definição adequada de prioridades é preciso:	entendimento claro das relações Problema/Causa/Efeito pesar benefícios e riscos de uma decisão; buscar consenso nas decisões; testar a veracidade das causas de um problema, antes de tomar decisões baseadas em tentativas e erros; exercitar o pensamento preventivo em planos de ação a serem implementados ou usar ferramentas de simulação para prever resultados e comparar alternativas; usar indicadores-chave confiáveis; definição clara das expectativas de retorno no tempo
5. Definição dos Programas de Ação	
Geração de alternativas de solução (programa/projetos/ações)	Opções simples (baixa demanda de esforço e recursos. Soluções a curto prazo) – Fundamentais: motivadoras. Opções complexas (maior elaboração, alto investimento, médio e longo prazo)
Fontes de informações para tomada de decisão sobre soluções	Internas: engenheiros e operadores da planta industrial; <i>brainstorming</i> e outras técnicas para criatividade da equipe; Externas: associações de classe (Fiesp); Publicações técnicas e científicas; agências ambientais ; vendedores de equipamentos; consultores externo comunidade; ONGs; seguradoras e agências de financiamento, etc.
Critérios para tomada de decisão	Contribuição da proposta para redução de impactos negativos redução de riscos ; redução de custos com matéria-prima, insumos, ações civis, etc.; sucessos anteriores já obtidos por outras empresas; não comprometimento da qualidade do produto; valor de investimento e taxa de retorno; tempo para implementação (curto/médio/longo); facilidade de implementação.
Processo de seleção das opções	Discussão e análise de cada opção (prós/contras/riscos/retorno); Decisão - gerente ou equipe do programa a ser implantado e direção da empresa (consenso)
Ações possíveis	mudança de tecnologia: no processo de produção; nos equipamentos; <i>lay-out</i> ; uso de controles e automação mudanças no produto: mudança na composição; no design; na durabilidade; reciclabilidade mudança nas matérias-primas: substituição de tradicionais por eco-materiais; controle de qualidade na compra e recebimento; controle das condições de estocagem adoção de processos de recuperação e reuso de substâncias capacitação da mão-de-obra e redefinição de funções/atribuições
6. Implementação das Ações	
Estrutura e Responsabilidade	Responsáveis e responsabilidades bem definidas.; Uso de organograma.; Quadro de identificação de cada setor. ;Documentação e disponibilização para toda a empresa.
Treinamento, Conscientização e Competência:	Plano de Gestão deve prover treinamento aos funcionários com atribuições claras, para que estejam conscientes da importância do cumprimento da política e objetivos, das exigências legais e de outras definidas pela empresa; - o treinamento também deve levar em consideração todos os impactos ambientais reais ou potenciais associados as suas atividades de trabalho.

Tabela 29 - Conjunto de ações para a elaboração de um sistema de gestão para os resíduos da arborização urbana

(conclusão)

Ação	Detalhamento
Comunicação	A instituição deve possuir uma sistemática para enviar e receber comunicados relativos à gestão ambiental para seus funcionários e a comunidade.
Documentação do Sistema de Gestão Ambiental	A instituição precisa ter manuais de procedimentos ambientais para todos os setores. Por ex.: Manual do Sistema de Gerenciamento de Resíduos que contenha as exigências ambientais locais.
Controle de documentos:	A empresa deve manter procedimentos para que todos os documentos sejam controlados e assinados pelos responsáveis, com acesso fácil aos interessados; manter documentos atualizados, identificados, legíveis e armazenados adequadamente. documentos obsoletos devem ser retirados do local de acesso para evitar uso indevido.
Controle operacional	- A organização precisa ter procedimentos para fazer inspeções e o controle dos aspectos ambientais, inclusive procedimentos para a manutenção e calibração dos equipamentos que fazem esses controles. Tudo documentado em fichas técnicas.
Preparação e Atendimento de Emergência	deve possuir procedimentos para prevenir, investigar e responder a situações de emergência, devendo possuir e manter planos e funcionários treinados para atuar em tais situações.
7. Monitoramento	
Verificação e Ação Corretiva	<p>Monitoramento e Medição: A organização deve ter um programa para medir o desempenho das ações propostas, como por exemplo através do monitoramento da geração, dos lançamentos, de efluentes e resíduos sólidos, etc, para que atendam aos objetivos e metas estabelecidos.</p> <p>Não-Conformidade e Ações Corretivas e Preventivas: deve definir responsáveis com autoridade para investigar as causas das não-conformidades e tomar as devidas ações corretivas e preventivas.</p> <p>Registros: A organização precisa arquivar todos os resultados de auditorias, análises críticas relativas as questões ambientais. O objetivo de ter esses registros é mostrar e provar, a quem quer que seja, que a empresa instituição possui um Sistema de Gestão Ambiental eficiente.</p> <p>Auditoria do Sistema de Gestão de Ambiental: A organização precisa ter um programa de auditoria periódica e os resultados das auditorias devem ser documentados e apresentados à alta administração da empresa.</p>
Análise e Reformulação dos Programas	Baseado nos resultados da auditoria do Sistema de Gestão Ambiental a organização deve fazer uma análise crítica e propor as devidas alterações, para que atenda as exigências do mercado, clientes, fornecedores e aspectos legais, na busca da melhoria contínua.

Espera-se que para a gestão eficiente o sistema de poda pretendido para o município de Piracicaba-SP adote as premissas básicas da gestão, que consiste segundo Nolasco (2005), no comprometimento dos gestores e administradores para que elaborem e incorporem nas políticas públicas a gestão de resíduos, o planejamento e a organização para que as políticas possam ser implementadas. Isso implica no

investimento ou realocação de pessoas e na destinação orçamentária para que o plano possa ser elaborado e os programas possam ser desenvolvidos.

A elaboração do plano de gerenciamento se inicia pelo conhecimento da dimensão do problema, para isto deve ser realizado um diagnóstico da situação, no caso de resíduos de poda, por exemplo, é primordial conhecer o quanto se gera, os locais de geração, os fatores geradores de resíduos e a definição de metodologias de quantificação, conforme realizado neste trabalho.

É essencial que as metodologias utilizadas sejam registradas para que outros diagnósticos possam ser feitos em tempos estipulados a fim de se elaborar indicadores de acompanhamento.

É importante que se conheça ainda qual a atual forma de gestão, como ela acontece se há ou não planejamento e como esse poderá ser elaborado.

Após análise do diagnóstico é necessário que se definam as prioridades das ações, objetivos e metas (Figura 30), conforme orçamento e pessoal disponível. A partir daí são elaborados os Programas voltados a otimização de uso de recursos naturais, financeiros, entre outros.

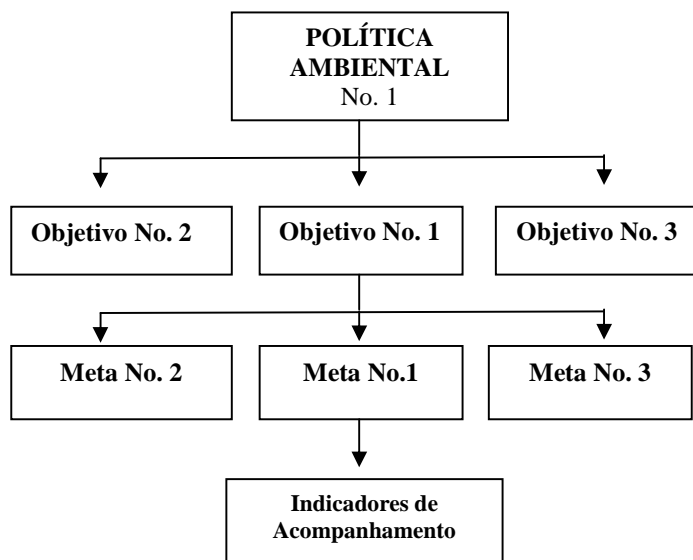
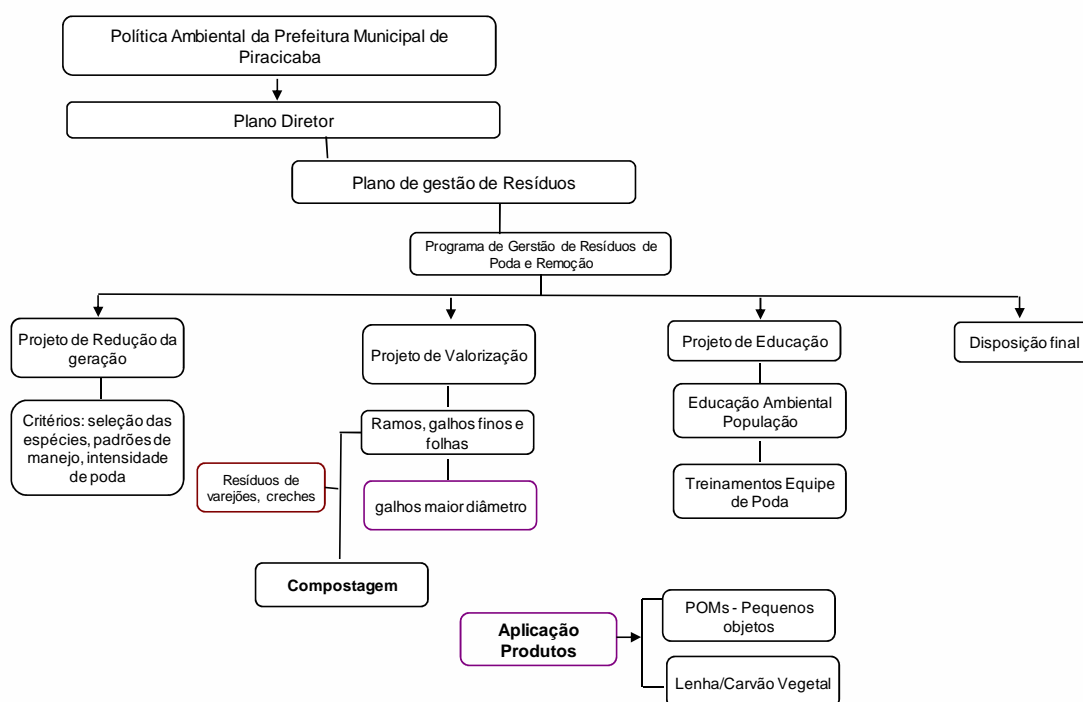


Figura 30 - Relação entre política, objetivo, meta e indicadores de acompanhamento

A implementação das ações geralmente levam a mudanças de procedimentos e de infra-estrutura, formação de pessoas, redução de desperdícios, entre outros. Tudo contribuirá para a incorporação de novas práticas e para fortalecimento de políticas ambientais e maior comprometimento institucional.



Fluxograma da gestão de resíduos esperada

Figura 31 - Fluxograma da gestão de resíduos esperada para o município de Piracicaba

O município de Piracicaba, assim como outros municípios do Brasil, elaborou seu Plano de Gestão de Resíduos por força da Lei Federal nº 11.145/2007, referente às Diretrizes Nacionais de Saneamento Básico, a qual inclui a implantação de aterros sanitários; a erradicação de lixões; a coleta seletiva, a inclusão social de catadores e a gestão integrada de resíduos.

A lei reza que, o serviço público de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos urbanos, é formado pelas seguintes atividades: coleta, transbordo e transporte dos resíduos, triagem para fins de reúso ou reciclagem de tratamento, inclusive por compostagem, disposição final dos resíduos, varrição, capina e poda de árvores em vias e logradouros públicos, além de outros trabalhos, pertinentes à limpeza pública urbana.

A gestão dos resíduos da arborização urbana pode, portanto, estar atrelada as diretrizes de saneamento, ao plano diretor da cidade e em ações afins (Figura 31)

A gestão integrada de resíduos sólidos engloba os serviços de limpeza pública, de poda e remoção da arborização urbana, bem como os dos demais órgãos envolvidos.

Nesse sentido, conforme sugerido na figura 32, o cenário esperado para a gestão integrada dos resíduos de poda poderá ser composto por:

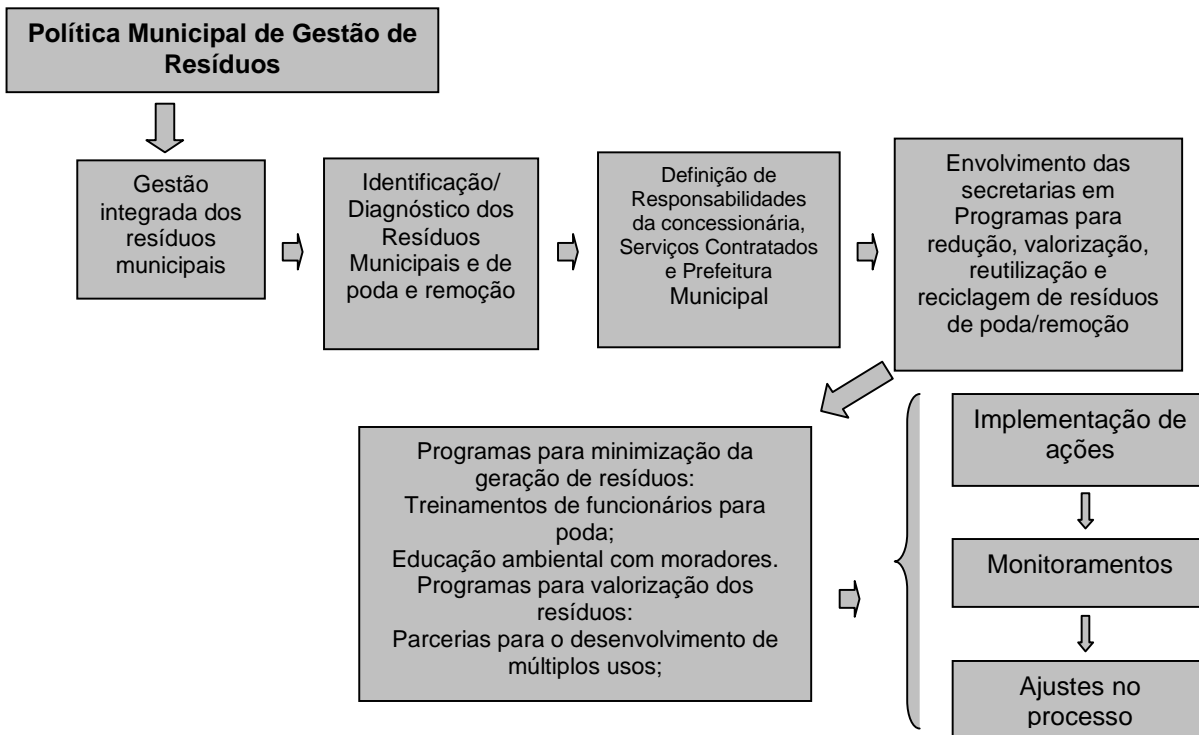


Figura 32 - Fluxograma de ações para a gestão de resíduos de poda e remoção

Há necessidade de uma maior definição de responsabilidades e de políticas de ação conjuntas para os diferentes atores, envolvidos na geração de resíduos de poda e remoção de árvores.

Atualmente, por não haver nenhum acordo formal, a Prefeitura Municipal recebe os resíduos da concessionária de energia elétrica, quando a mesma deveria ser a responsável por eles. E isso porque se trata de resíduos de podas de árvores de maiores dimensões os quais, possivelmente, têm um maior potencial de reúso do que aqueles gerados pelas árvores podadas pelo serviço contratado pela Prefeitura Municipal, cuja biomassa é, em sua maioria (de 69%), composta de resíduos com diâmetros menores do que 8 cm.

O gerenciamento integrado ocorre com a atuação de subsistemas específicos, os quais demandam pessoal, instalações, equipamentos e tecnologia, não somente disponíveis na Prefeitura Municipal, mas também oferecidos pelos demais agentes que estão comprometidos com a gestão.

Nesse sentido, para um maior detalhamento disso, segue a tabela 30, com a relação das responsabilidades e dos órgãos envolvidos.

Tabela 30 - Responsabilidades e atores envolvidos na gestão integrada de resíduos de poda e remoção no município de Piracicaba

(continua)

Atores	Órgãos específicos	Responsabilidades
	Secretaria de Planejamento – IPPLAP	Inserir no planejamento urbano ações voltadas para regulamentação/fiscalização dos loteamentos e de calçadas para uma melhor planificação da arborização urbana.
	SEDEMA	Setor de limpeza pública, poda e resíduos: fiscalizar serviços contratados de poda e remoção e promover o treinamento de equipes de poda. Setor de Educação Ambiental: desenvolver ações educativas para sensibilizar a comunidade sobre a manutenção e o zelo pelas árvores urbanas, incentivo à arborização e plantio de espécies adequadas.

Tabela 30 - Responsabilidades e atores envolvidos na gestão integrada de resíduos de poda e remoção no município de Piracicaba (continuação)

Orgãos específicos		Responsabilidades
Secretaria Municipal de Agricultura e Abastecimento (SEMA)		Desenvolver, em conjunto com a SEDEMA, projetos de coleta seletiva e a logística para o envio de materiais orgânicos de feiras livres, varejões e mercados para a compostagem.
Secretaria de Desenvolvimento Social (SENDES)		Fomentar, em conjunto com as demais secretarias, a profissionalização de cooperativas voltadas para a geração de renda por meio de trabalhos com os resíduos de poda (oficinas de produção de equipamentos urbanos – como bancos – pequenos objetos de movelaria e compostagem).
Prefeito e parceiros		Reunir secretarias afins para a elaboração da política municipal de gestão dos resíduos de poda e remoção, atrelada ao plano de saneamento municipal.
Câmara Municipal	Vereadores	Redigir e apresentar projetos e leis municipais voltados para o gerenciamento adequado e a valorização de resíduos de poda, utilizando como modelo, por exemplo, a Lei Programa de Aproveitamento de Madeira de Poda de Árvores, de São Paulo. Criar em conjunto com a SEDEMA e o CONDEMA mecanismos de responsabilização da concessionária de energia elétrica, quanto às suas obrigações em relação aos resíduos de poda.
CONDEMA – Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente	Câmara Técnica de Resíduos Câmara Técnica de Educação Ambiental	Apoiar e/ou contribuir para a criação de propostas de valorização e gerenciamento integrado de resíduos de poda, assim como pressionar os órgãos gestores para o cumprimento da Lei Municipal de Gestão de Resíduos de Poda e para a elaboração de uma lei que os valorize.

Tabela 30 - Responsabilidades e atores envolvidos na gestão integrada de resíduos de poda e remoção no município de Piracicaba

(conclusão)

Atores	Órgãos específicos	Responsabilidades
Concessionária de energia elétrica	Serviço de poda sob fiação	Cumprir a legislação municipal para o gerenciamento de resíduos de poda quanto ao transporte, encaminhamento adequado da poda e aos procedimentos mais adequados para a poda
Universidades	Projetos de pesquisa e Cursos de Extensão	Realizar e retornar a pesquisa sobre os modelos próprios de planejamento da arborização urbana e do gerenciamento adequado dos resíduos de poda e remoção; Desenvolver cursos para os gestores públicos, envolvidos nos serviços de poda e remoção; Realizar oficinas para o treinamento dos membros das cooperativas e das equipes, comprometidas com a importância do valor dos resíduos de poda e remoção; Produzir manuais, além de materiais educativos e/ou didáticos, voltados para o gerenciamento e a valorização dos resíduos.
População	ONGs, cidadãos	Participar de ações educativas sobre o manejo apropriado da arborização urbana; Zelar pelas árvores da cidade; Cobrar da municipalidade uma gestão adequada da arborização e dos resíduos de poda.

A gestão municipal integrada de resíduos possibilita ainda que, aqueles gerados em outros setores como, por exemplo, os varejões, as feiras livres e o mercado municipal, possam ser segregados na fonte geradora e enviados para juntar-se aos outros, como o de poda, para fins de transformação em adubo orgânico por meio da compostagem.

Existem outras possibilidades (Figura 33) como, por exemplo, a separação dos resíduos de poda de maior diâmetro para a produção de carvão vegetal, para as espécies que tem potencial e, ainda, para a confecção de pequenos objetos de madeira, entre outros, como demonstrado neste estudo.

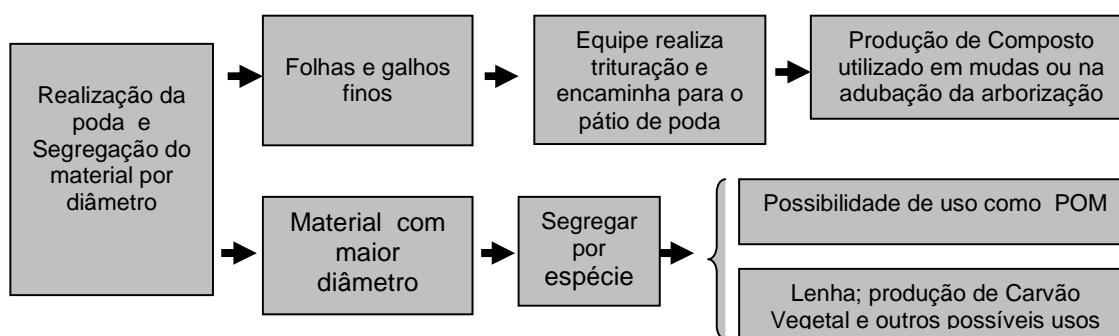


Figura 33 - Fluxograma para a valorização dos resíduos da arborização urbana

Entretanto, todas as alternativas necessitam de regulamentações e revisões de contratos para que possam ser efetuadas com maior comprometimento e continuidade.

O uso econômico da arborização urbana, entretanto, deverá estar vinculado a critérios muito bem definidos sobre a intensidade de poda por espécie, para que não haja estímulo a maior retirada de biomassa do que o necessário.

4.11.1 Geração de emprego e renda

O modelo de gestão de resíduos de poda poderá envolver o trabalho de cooperativas, para as quais os resíduos de maior diâmetro poderiam ser doados, para a produção de pequenos objetos de movelaria, como por exemplo: cabos de enxada, brinquedos, utensílios domésticos, equipamentos urbanos (como bancos), protetores de mudas etc.

Um exemplo desse modelo de gestão vem sendo adotado pela Prefeitura Municipal de São Paulo, a qual regulamentou o PAMPA, por meio da Lei 14.723/08, que autoriza o governo municipal a repassar esses materiais para as ONGs.

4.11.2 Parcerias

À Prefeitura caberia a coordenação de projetos sociais que tivessem por finalidade a utilização de resíduos de poda de árvores urbanas. Seria, portanto, de sua responsabilidade o engajamento da sociedade civil e da iniciativa privada na realização das Parcerias Público-Privadas (PPPs). Ela poderia, também, realizar alguns procedimentos junto às ONGs, cooperativas e associações para conseguir bolsas de trocas e, também, para a promoção de oficinas profissionalizantes (ALVES, 2007).

As universidades teriam a oportunidade de atuar na formação de gestores públicos para ajudar na elaboração de planos de gestão de resíduos de poda, bem como no treinamento de cooperativas, interessadas no aproveitamento e na agregação de valores aos resíduos de poda.

4.12 Indicadores e sistemas de gestão

É importante que sejam elaborados indicadores de acompanhamento que permitirão aferir a eficiência do Plano de Gestão. Eles são instrumentos que possibilitam mensurar as modificações das características de um sistema. (DEPONTI; ECKERT; AZAMBUJA: 2002).

Os indicadores são utilizados, principalmente, para que as organizações possam analisar seu desempenho de forma integrada. Sua utilidade é a de gerar informações que possam ser usadas para se avaliar, estrategicamente, as metas e os objetivos e, assim, possibilitar a aprendizagem do sistema e sua melhoria contínua por retroalimentação constante. Podemos visualizar o uso de indicadores como em um ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Action*), que prevê o planejamento, a execução, a checagem e a ação, aos quais podemos acrescentar a avaliação e o ajuste em todas as fases do projeto, utilizando-se de indicadores (Figura 35):

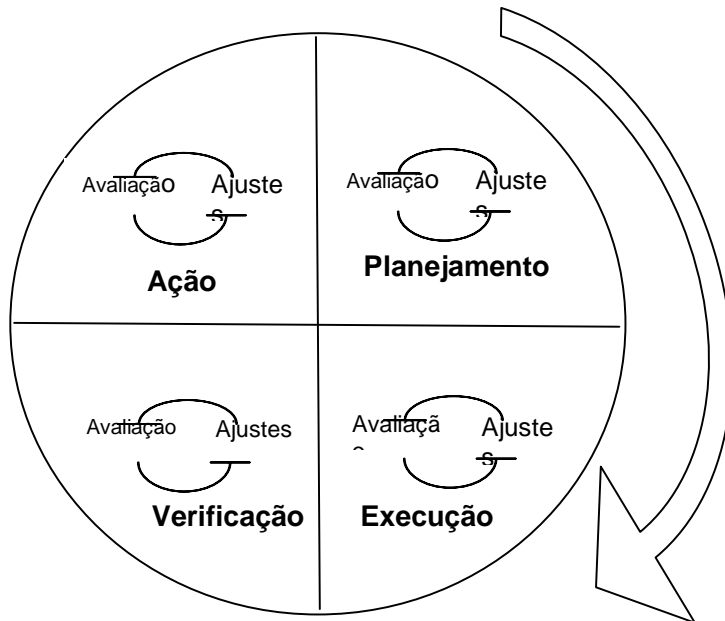


Figura 34 - Ciclo PDCA e aprendizagem contínua em todas as fases dos programas/projetos

Segundo Malheiros (2008), a construção de indicadores deve fundamentar-se na escolha estratégica de alguns questionamentos:

- 1 Para que queremos os indicadores?
- 2 Quem vai usá-los?
- 3 O que queremos manter?
- 4 Qual o horizonte temporal?
- 5 Qual a área de abrangência do aspecto abordado?

Há algumas características importantes, a serem consideradas na definição dos indicadores. O indicador deve:

- 1 Ser significativo para a avaliação do sistema;
- 2 Ter validade, objetividade e consistência;
- 3 Possuir coerência e estar sensível às mudanças no tempo e no sistema;
- 4 Ser centrado em aspectos práticos, claros e de fácil compreensão;
- 5 Tornar possível um enfoque integrador, ou seja, fornecer informações condensadas sobre vários aspectos do sistema;

- 6 Ser de mensuração clara, baseada em informações facilmente disponíveis e de baixo custo;
- 7 Possibilitar a ampla participação dos atores envolvidos na sua definição;
- 8 Permitir a relação com outros indicadores, simplificando a interação entre eles.

Para o bom uso dos indicadores, é fundamental trabalhar com informações necessárias e disponíveis, pois se deve pensar na própria viabilidade de sua coleta e uso.

A escolha de que indicadores serão adotados, pode se basear em critérios como: pertinência da informação, facilidade de monitoramento, tempo, tecnologia necessária para coletá-los e custo (Tabela 31). A construção de indicadores deve ser feita de forma participativa, para que todos os envolvidos se comprometam com a continuidade do processo.

Tabela 31 – Exemplos de indicadores para gerenciamento de resíduos da arborização em Piracicaba

Indicadores	Atributos	Forma de Medição	Frequência
Quantidade de poda desviada do aterro pela Prefeitura Municipal e pela concessionária de energia elétrica.	Mensurar os resíduos e reduzir custos.	Pesagem (kg) por carregamento, nº de cargas e elaboração de relatório.	Pesagem por amostragem semanal e relatório mensal
Quantidade de poda/remoção encaminhadas para múltiplos usos.	Valorização dos resíduos e geração de trabalho e renda.	Pesagem dos galhos de maior bitola.	Mensal
Redução de custos com disposição final de poda e remoção.	Emprego adequado de recursos públicos.	Quantidade de poda (em t) por mês. Valor por ton para disposição em R\$.	Mensal
Nº de pessoas/instituições beneficiadas com a valorização dos resíduos.	Geração de trabalho e renda.	Lista de instituições e pessoas beneficiadas.	Mensal
Quantidade de composto produzido.	Redução de custos e valorização dos resíduos.	Pesagem – tonelada de composto por mês.	Mensal
Redução de custos com a compra de composto orgânico.		Toneladas de composto que deixaram de ser adquiridas.	Mensal

5 CONCLUSÕES

Há necessidade de articulação e criação de responsabilidades sobre os geradores de resíduos de poda, com a aplicação da Lei do Poluidor Pagador, assim como de uma definição clara das responsabilidades da Prefeitura Municipal e da concessionária de energia elétrica.

Por meio da quantificação total da poda, verificou-se que, a maior parte da sua biomassa, gerada pela Prefeitura Municipal, tem maior potencial para ser transformada em composto orgânico. Isso porque, aproximadamente 69% da mesma, composta por folhas e galhos, apresenta um diâmetro inferior a 8cm.

As espécies de maior porte e diâmetro são as grandes geradoras de biomassa de resíduos. A falsa murta, a espirradeira, o resedá e a quaresmeira, apesar de serem muito frequentes no município, geram menos resíduos, se comparadas às demais espécies.

Os dados de quantificação do resíduo total e por espécie, poderão contribuir para um melhor planejamento do uso da biomassa gerada e para a valorização dos resíduos, a partir da classe de diâmetro. Assim, espera-se potencializar o uso dos resíduos, anteriormente lançados em aterros e terrenos baldios sem quaisquer tipos de tratamento, diminuindo, dessa maneira, os impactos socioambientais.

A partir da quantificação dos resíduos por espécie, foi possível identificar alguns modelos para a predição da geração de resíduos da arborização urbana com bons resultados de AIC e um R^2 ajustado, tais como o de *Shumacher Hall e Log Spurr*. Esses modelos podem contribuir, para o planejamento de geração de resíduos e prever seus usos no âmbito municipal;

Com relação à análise física da madeira para umidade, densidade básica aparente e cor, com a finalidade de determinar os usos potenciais da mesma na produção de pequenos objetos de madeira, não há restrições à sua utilização, de uma maneira geral, contudo, a análise permite direcionar melhor a aplicação para a produção dos objetos para uso doméstico. Entretanto, recomenda-se a realização da análise sensorial para a utilização de determinados objetos, como os brinquedos e os da cozinha.

Notou-se que, das espécies analisadas para fins de produção de carvão vegetal, todas apresentam potencial para serem empregadas. Porém, os melhores resultados

de rendimento e qualidade de carvão podem ser observados para a canelinha, o chapéu de sol, o ipê e a sibipiruna.

Os resíduos de poda de menor diâmetro apresentam um grande potencial para a compostagem, sendo recomendável que sejam inseridas no processo fontes ricas em nitrogênio (como o esterco bovino), para acelerar o processo de compostagem. Além deles, podem ser utilizados como matéria-prima os restos materiais orgânicos de varejões e mercados municipais que, atualmente, são enviados para o aterro sanitário de Paulínia (com um custo de cerca de R\$ 68,00 a tonelada). Assim, o valor da disposição poderá ser reduzido.

Com relação à gestão de resíduos de poda, verifica-se a necessidade de soluções integradas entre secretarias municipais e o setor privado, através de parcerias, treinamento dos funcionários, educação ambiental da comunidade e planejamento da própria arborização, com a possibilidade de implementação da floresta urbana de produção.

É premente a criação de políticas ambientais que norteiem o sistema de arborização, da poda e da remoção, bem como o encaminhamento adequado dos resíduos, a fim de reduzir o desperdício e proporcionar o uso eficiente dos recursos.

REFERENCIAS

AGUIRRE JUNIOR, J H. **Arborização viária como patrimônio municipal de Campinas/SP**: histórico, situação atual e potencialidades no Bairro Cambuí. 2008. 121 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" , Piracicaba, 2008.

AGENDA 21. **Manejo ambientalmente saudável dos resíduos sólidos e questões relacionadas com os esgotos**. Cap. 21. 1992. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 14 jun. 2008.

ALVES, B.L.G. **Gestão de resíduos de poda**: estudo de caso da fundação parques e jardins do município do Rio de Janeiro. 2007. 158 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2007.

AMBIENTE BRASIL. **Lei que torna obrigatória a compostagem em São Francisco/EUA**. Disponível em: < <http://ambientebrasil.com.br/?cat=411>>. Acesso em: 28 nov. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10007**. Resíduos sólidos: classificação. São Paulo, 2004. 1v.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11941**. Determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 2003. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14984**. Determinação da densidade aparente. Rio de Janeiro, 2003. 1v.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14660**: Amostragem e preparação para análise. Rio de Janeiro, 2004. 1v.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-8112**. MB1857. São Paulo 1986. 1v.

BARNEWIT, A. **Poda da arborização urbana**: ultraje ao ambiente e à sustentabilidade da cidade. 2006.(Entrevista ao Ministério Público do Rio Grande do Sul). Disponível em <<http://www.mp.rs.gov.br/ambiente/doutrina/id16.htm>>. Acesso em: 13 nov. 2007.

BARRICHELO, L.E.G. ;BRITO, J.O. **Química da madeira**. Piracicaba: ESALQ, 1985. 125p.

BARROSO, R.A. **Consumo de lenha e produção de resíduos de madeira no setor comercial e industrial do Distrito Federal**. 2007. 65 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Brasília/DF, 2007.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990. 355p.

BRASIL. **Diretrizes nacionais de saneamento básico**. Lei Federal nº 11.145/2007. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm>. Acesso em: 22 jun. 2008.

BRASIL. **Atividades e Operações Insalubres**. Portaria GM nº 3.214, de 08 jun. de 1978. Disponível em: <<http://normasregulamentadoras.wordpress.com/2008/06/06/nr-15/>>. Acesso em: 07 mai. 2009.

BRASIL. **Política Nacional do Meio Ambiente**. Lei no. 6.938 de 1981. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm>. Acesso em: 27 dez. 2009.

BRASIL. Secretaria da Mulher. **Políticas Públicas**. 2009. Disponível em: http://www.presidencia.gov.br/estrutura_presidencia/sepm/conselho/. Acesso em: ago. 2009.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Política Nacional do Meio Ambiente**. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Disponível em: <<http://www.lei.adv.br/6938-81.htm>>. Acesso em: 11 abr. 2008.

BRASIL. Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. – MAPA. **Projeto de instrução normativa DAS**. Portaria 49 de 25 abril 2005.

BRATKOVICH, S; BOWYER, J; FERNHOLZ, K.; LINDBURG, A. Urban Tree Utilization and Why It Matters. Massachusetts Urban Forestry Program. **The Citizen Forester**. Massachusetts/EUA. no. 124, abril, 2008. Disponível em <www.dovetailinc.org/reports/pdf/DovetailUrban0108ig.pdf>. Acesso em 11 dez. 2009.

BRITO, J.O. ; BARRICHELO, L.E.G. Correlações entre características físicas e químicas da madeira e a produção de carvão. densidade da madeira x densidade do carvão. **Circular Técnica IPEF**, Piracicaba. n.20, p.101-113, jun.1980.

BRITO, J.O.; BARRICHELO; L.E. Correlações entre características físicas e químicas da madeira e a produção de carvão vegetal: massa específica e teor de lignina do eucalipto. **Circular Técnica IPEF**, Piracicaba, n. 14, p.47-56, ago.1977.

CAMILO, D.R.; ESPADA, A.L.V.; MARTINS, J.R.F **Caracterização do Sistema de Gestão dos Resíduos de Poda e Remoção da Arborização Urbana nos Municípios do Estado de São Paulo**. Piracicaba. 2008. 30p. Relatório de Estágio Supervisionado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

CARDOSO, G. V.; ROSA, C. A. B.; GUARIENTI, A. F.; PEDRAZZI, C.; SOUZA, M.C.H.; FRIZZO, S.M. B.; FOELKEL, C.E.B. Adequação de metodologia amostral de madeira de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus globulus* para determinação do teor de cinzas. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE CELULOSE E PAPEL, 34., 2001, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel, 2001.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. São Paulo. .2007. **Gestão dos Resíduos Sólidos na Cidade de São Paulo**. Disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br/noticentro/2007/10/pref_saopaulo.pdf.> Acesso em: 12 jan. 2008.

COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E INTEGRAL. **Reciclagem, agricultura e meio ambiente**. Campinas. 1995. 115p.

COOPER, M. (Coord.). **Dimensionamento da composteira da cidade universitária – USP e seu potencial de geração de postos de ocupação Projeto Fábrica Verde**. 2008. 14p. Relatório Capacitação Profissional. SP. SMTrab/SP 914BRA1118 São Paulo.

COUTO, H.A. **Ergonomia aplicada ao trabalho: o manual técnico da máquina humana**. Belo Horizonte: Ergo. 1995. 353 p.

DE ANGELIS, B.L.D; SAMPAIO, A.C.F.; TUDINI, O.P.; ASSUNÇÃO, M.G.T.; DE ANGELIS NETO, G. Avaliação das árvores de vias públicas da zona central de Maringá Estado do Paraná: estimativa de produção de resíduos e destinação Final. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 1, p. 133-140, set. 2007.

DEMAJOROVIC, J.A evolução dos modelos de gestão de resíduos sólidos e seus instrumentos. **Cadernos Fundap**, São Paulo, n. 20, p. 47-58, mai./ago. 1996.

DEPONTI, C.M.; ECKERT, C.; ZAMBUJA, J. L.B. de. Estratégia para construção de indicadores para avaliação da sustentabilidade e monitoramento de sistemas. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v.3, n.4, p. 44-52, out/dez 2002.

EIGENHEER, E; FERREIRA, J.A.; ADLER, R.R. **Reciclagem: mito e realidade**. Rio de Janeiro:Folio, 2005. 120p.

EIGENHEER, E.M. Lixo, **Vanitas e Morte**: considerações de um observador de resíduos. Rio de Janeiro: Editora da Universidade Federal Fluminense, 2003. 196p.

ELETROPAULO. **Arborização Urbana**. 2007. Disponível em: <http://www.eletropaulo.com.br/portal/institucional.cfm?action=detailtipoinst=meio&cont_eudo_id=466&E_desc=Arboriza%E7%E3o%20Urbana>. Acesso em: out. 2008.

FAO Residue utilization management of agricultural e agro-industrial residues. Rome: FAO/ONU, 1997. 140p.

FÁTIMA, M. **Diagnóstico da poda urbana na da Cidade do Recife/PE**. 2007. Disponível em < <http://noticias.ambientebrasil.com.br/noticia/?id=20352>>. Acesso em: 15 jun. 2008.

FÁTIMA, M. **Manejo integrado dos resíduos sólidos de poda urbana da cidade do Recife**. 2003. 73p. Monografia (Especialização em Controle da Gestão Ambiental) - Universidade de Pernambuco Escola Politécnica de Pernambuco Recife, 2003.

FERREIRA, L. da C.. **A questão ambiental: sustentabilidade e políticas públicas no Brasil**. 2. Ed. São Paulo: Boitempo, 2006. 154 p.

FOEKEL, C.E.B.; BRASIL, M.A.M; BARRICHELLO, L.E.; Métodos de determinação da massa específica básica de cavacos para coníferas e folhosas. **IPEF**, Piracicaba, no.2/3, p. 65-67, fev/mar.1971

FOELKEL, C.E.B.; BUSNARDO, C.A.; DIAS, C.; SCHMIDT, C.; SILVA, R.M.R.; VESZ, J.B.V. Variabilidade radial da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Silvicultura**. São Paulo, n. 28, p.726-731, 1983.

FOELKEL, C. **Os eucaliptos e os selos verdes**. 2007. Disponível em: <http://www.eucalyptus.com.br/newspt_jan08.html>. Acesso em: 30 jan. 2008.

FRANCO, R.M. Principais problemas ambientais municipais e perspectivas de solução. In: PHILIPPI JÚNIOR. **municípios e meio ambiente: Perspectivas para a municipalização da Gestão Ambiental no Brasil**. **ABES**. São Paulo, fev.1999. p.19-31.

FRITSCH, I. E. **Resíduos Sólidos e seus aspectos legais, doutrinários e jurisprudenciais**. Porto Alegre, EU/Secretaria Municipal da Cultura, 2000.143p.

GOLDEMBERG, J.A. Energia proveniente da madeira e as perspectivas energéticas. In: CONGRESSO FLORESTAL MUNDIAL, 9., 1985. México, **Anais....** FAO, 1985. p.34.

GETZNER, M. The quantitative and qualitative impacts of clean technologies on employment. **Journal of Cleaner Production**, Great Britain, v. 10, n.1, p. 305-319, 2002.

GOMES, P.A.; OLIVEIRA, J. B. Teoria da carbonização da madeira. In: FUNDAÇÃO CENTRO TECNÓLOGICO DE MINAS GERAIS. **Manual CETEC: uso da madeira para fins energéticos**. Belo Horizonte, 1982. p.10-27.

IKARD, F. N. In: NORTH AMERICAN WILDLIFE AND NATURAL RESOURCES CONFERENCE, 1968. Houston. **Proceedings...** Houston: Benefits and Costs of The Urban Forest. 1968. 53p.

IKEDA, E. Resíduos sólidos rurais. Ecologia e Movimentos Sociais. Maringá: UEM. 2000. 25p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL. **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM. 2001. 200p.

INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO E PIRACICABA - IPPLAP. **A cidade**. 2009. Disponível em www.ipplap.org.br/cidade. Acesso em: 2 jun. 2009.

JIMÉNEZ, E.I.; GARCIA, V.P. Evaluation of city refuse compost maturity: a review. **Biological Wastes**, Barking, v. 27, p. 115-142, 1989.

KAPAZ, E.. **Política Nacional dos Resíduos Sólidos**. 2002. Disponível em: <http://www.kapaz.com.br/artigos> >. Acesso em: 25 nov. 2007.

KIEHL, E.J. **Manual de Compostagem**: maturação e qualidade do composto. Piracicaba: Ceres, 1998. 171p.

KIEHL, J.E. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985. 492p.

LEAL, L. **Custos das árvores de rua - estudo de caso: cidade de Curitiba/ PR**. Curitiba: UFPR, 2007. 48p.

LIMPURB. **Coleta de Podas de Árvores e Feiras**. 2007. Disponível em: <http://www.limpurb.salvador.ba.gov.br>. Acesso em: 22 ago. 2008.

LISITA, F.O.; ARAÚJO, M.T.B.D. **Produção do composto orgânico**. EMBAPA/CPAP. 2006. Não paginado. Disponível em <http://www.agronline.com.br/artigos>>. Acesso em: 08 de jan. 2010.

LOMBARDI NETO, F.; DE MARIA, I.C; CASTRO, O.M.; DECHEN, S.C.F.; VIEIRA, S.R. Efeito da quantidade de resíduos culturais de milho nas perdas de solo e água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n.12, p. 71-75, 1988.

LOPES, A. A. **Estudo da Gestão e do Gerenciamento Integrado dos Resíduos Sólidos Urbanos no Município de São Carlos (SP)**. 2003. 178p. Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos/SP, 2003.

LOPES, P.R.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Eficácia relativa de tipo e quantidade de resíduos culturais espalhados uniformemente sobre o solo na redução da erosão hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n. 11, p 71-75, 1987.

LÓPEZ, J.C.F.; SILVA, M.L.; SOUZA, A.L. Consumo residencial de lenha em Cachoeira de Santa Cruz, Viçosa, MG, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v.24, n.4, p.423-428, jun.2000.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 148 p.

LORENZI,H; SOUZA, H.M; TORRES, M.A.V. **Árvores Exóticas no Brasil**: Madeiras, Ornamentais e Aromáticas. Nova Odessa: Editora Plantarum 2003. v.1. 384 p.

MAESTRI, R.; SANQUETTA, C.R.; MACHADO, S.A.; SCOLFORO, J.R.S.; CORTE, A.P.D. Viabilidade de um projeto florestal de *Eucalyptus grandis* considerando o sequestro de carbono. **Floresta**, Curitiba, v. 34, n. 3, p. 347-360, dez. 2004.

MAGALHÃES, L.M.S. Arborização e florestas urbanas -terminologia adotada para a cobertura arbórea das cidades brasileiras. Série Técnica. **Floresta e Ambiente. UFRJ. Rio de Janeiro, jan/2006.** p.23-26.

MALHEIROS, T. Como definir indicadores de sustentabilidade. In: Indicadores de Sustentabilidade Plano Diretor Socioambiental Participativo do Campus “Luiz de Queiroz”, 2008. Piracicaba: 2008. 50 p.

MARTO, G.B.T. **Arborização Urbana**. IPEF. Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais. 2006. Disponível em <<http://www.ipef.br/silvicultura/arborizacaourbana.asp>>. Acesso em: 22 dez.2009.

MCKEEVER, D.B. **Research Forester Changes in the U.S. Solid Waste Wood Resource**, USDA Forest Service. Forest Products Laboratory One Gifford Pinchot Drive. Madison, Nov. 1999. 25p

MEIRA, A. M. **Diagnóstico sócio-ambiental e tecnológico da produção de carvão vegetal no município de Pedra Bela, Estado de São Paulo**. 2002. 99p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

MELO, J.E.; CORADIN, V.R. ; MENDES, J.C. Classes de densidade para madeiras da Amazônia brasileira. VI In : CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão. **Anais...**Campos do Jordão, 1990. v. 3, p. 695-705.

MENDES, L.M.; SILVA, J.R. M.da; TRUGILHO, P.F.; LIMA, J.T. Variação da densidade da madeira de *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl. no sentido longitudinal dos caules. Lavras, MG, UFLA – Universidade Federal de Lavras, Revista **Cerne**, Lavras, v.5, n. 1, p.1-111, fev.1999.

MENEGAT, R.; ALMEIDA, C. **Sustentabilidade, democracia e gestão ambiental urbana**. Desenvolvimento sustentável e gestão ambiental nas cidades a partir de Porto Alegre. Porto Alegre/RA: Ed. UFRGS, 2004. 420p.

MILARÉ, E. **Direito do ambiente**: doutrina, prática, jurisprudência, glossário. São Paulo: Ed. Revista dos Tribunais. 2000. 317p.

MINISTÉRIO PÚBLICO DE SANTA CATARINA. **Poda da arborização urbana**: ultraje ao ambiente e à sustentabilidade da cidade. 2007. Disponível em <www.mp.rs.gov.br/ambiente>. Acesso em: 12 dez. 2007.

MORESCHI, J.C. **Propriedades tecnológicas da madeira**. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da UFPR. 2008. 168 p. Disponível em: <<http://www.madeira.ufpr.br/tecnologiadamadeira.pdf>>. Acesso em: 04 jan. 2010.

MOTA, S. **Urbanização e Meio Ambiente**. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro: ABES. Capítulo Nacional da AIDIS. 1999. 352p.

MOYA-ROQUE, R.A. **Variação da anatomia e da densidade da madeira de *G. arborea*, em diferentes condições de clima e de manejo na Costa Rica**. 2005. 150 p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba/SP, 2005.

NOLASCO, A.M. **Gerenciamento de resíduos florestais**. Apointamentos de aula. Departamento de Ciências Florestais. ESALQ/USP. Piracicaba. 2005.1v.

NOLASCO, A. M. **Resíduos da colheita e beneficiamento da caixeta - *Tabebuia cassinoides* (Lam.) DC.: caracterização e perspectivas**. São Carlos. 2000. 171p. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Universidade de São Paulo. São Carlos, 2000.

O.DONNELL, G..Democracia delegativa. **Novos Estudos**. CEBRAP. São Paulo, v. 1, n.31, p. 25-40. Jan. 1991.

OLIVEIRA, T. L.; ALMEIDA, M.R. Avaliação de carvão vegetal. In: Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. **Manual CETEC: Uso da Madeira para Fins Energéticos**. Belo Horizonte, p43-54, 1980.

PANSHIN, A.J.; DE ZEEUW, C. **Textbook of wood technology**. 4th ed. New York: McGraw Hill, 1980. 722p.

PEREIRA NETO, J.T. **Manual de compostagem**. Processo de Baixo Custo. Belo Horizonte: UNICEF, 1996. 56p.

PHILIPPI JUNIOR, A.; AGUIAR, A. **Saneamento, saúde e ambiente**: fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Barueri, SP: Manole, 2005. 140p.

PIRACICABA. Secretaria de defesa do meio ambiente. **Pesquisa sobre arborização urbana**. In: ENCONTRO PAULISTA DE ARBORIZAÇÃO URBANA. 09 a 11 de abril. 2007. 1 CD-ROM.

PIRACICABA. **Aproveitamento de materiais orgânicos de poda.** Lei Municipal no. 5.795. de 18 de julho de 2006.

PIRACICABA. Secretaria de defesa do meio ambiente. **Plano de Saneamento Prefeitura Municipal de Piracicaba.** 2007. 185p.

PIVETTA, K.F. L.; SILVA FILHO, D.F. **Arborização Urbana.** Boletim Acadêmico. Jaboticabal, SP: UNESP/FCAV/FUNEP. 2002. 75p.

POLIZEL, J. Efeitos da Ilhas de Calor em Piracicaba. **Jornal de Piracicaba.** Caderno Cidade 4. 15 de Abril de 2009.

POSONSKI, M. **Impactos Silviculturais, Ambientais e Econômicos do Descarte de Resíduos de Madeira em Plantios de *Pinus elliotii*.** 2005. 77p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE BELO HORIZONTE **Programa de compostagem. Secretaria Municipal de Limpeza Urbana.** 2002. Disponível em: <<http://www.pbh.gov.br/limpeza-urbana/compost.htm>>. Acesso em: 14 dez.2007.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. **Programa de aproveitamento de madeira de poda de árvores.** Lei 14.723 de 2008. Disponível em <http://www2.prefeitura.sp.gov.br/noticias/ars/santo_amaro/2009/07/0006>. Acesso em: 20 jul. 2009.

PRIMAVESI; A. M. **Manejo ecológico do solo:** a agricultura em regiões tropicais. 9.ed. São Paulo: Editora Nobel,1987. 549 p.

PROGRAMA DE QUALIFICAÇÃO E CERTIFICAÇÃO DO CARVÃO VEGETAL NO ESTADO DE SÃO PAULO. **Prócarvão.** São Paulo: Relatório descritivo SEBRAE. 2000. 68p.

RUSSO, R. O. **Mediciones de biomasa em sistema agroflorestales.** Turrialba, Costa Rica: CATIE, 1983. 27p.

SÃO PAULO. **Política estadual de resíduos sólidos.** 2006. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamentoo/legislacao/estadual/leis/2006_Lei_Est_12300.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2008

SILVA FILHO, D. F. (Coord.). **Diagnóstico da cobertura arbórea em tecido urbano do município de Piracicaba, SP.** Relatório apresentado à Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz – FEALQ/Instituto de Planejamento de Piracicaba - IPPLAP. 2009. 22 p.

SILVA FILHO, D.F. **Arborização urbana no município de Piracicaba**. Palestra In: ENCONTRO PAULISTA DE ARBORIZAÇÃO URBANA, 2007. Piracicaba. 10 e 11 de abril, 2007. 1 CD-ROM

SILVA FILHO, D.F. **Silvicultura Urbana - o desenho florestal da cidade**. 2003.1v. Disponível em: <<http://www.ipef.br/silvicultura/urbana.asp>>. Acesso em: 15 fev. 2008.

SILVA FILHO, D.F. Videografia Aérea Multiespectral em Silvicultura Urbana. **Ambiência Guarapuava**, PR. Edição Especial, v.2 p. 55-68, abr. 2006.

SILVA OLIVEIRA, J.T. da; HELLMEISTER, J.C.; TOMAZELLO FILHO, M. Variação do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécies de Eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.1, p.115-127, fev. 2005.

SILVA, J., C.; MATOS, J.L.M.; SILVA OLIVEIRA, J.T.; EVANGELISTA, W.V. Influência da idade e da posição ao longo do tronco na composição química da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill. ex. Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.3, p.455-460, 2005.

SILVA, L. F. **Situação da arborização viária e proposta de espécies para os bairros Antônio Zanaga I e II, da cidade de Americana/SP**. 2005. 80 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2005.

SILVA, R.E. Os desafios da auto-sustentabilidade florestal. **Floresta e Derivados**, Belo Horizonte, v.2, n.14, p.8, abr.1998.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA (2006) **Fatos e Números do Brasil Florestal**. Novembro, 2006. 105 p. Disponível em: <<http://www.sbs.org.br>>. Acesso em: 15 abr. 2008.

STERNADT, G. H. **Pequenos objetos de madeira - POM, compostagem de serragem de madeira**. Brasília, DF: Ibama- Laboratório de Produtos Florestais, 2002. 29p.

SUDAN, D.C.; MEIRA, A.M.; ROSA, A.V.; LEME, P.C.S.; LIMA, E.T.; DIAZ, P.E. **Dá Pa virada. Revirando o tema lixo: vivências em educação ambiental e resíduos sólidos**. Agência USP de Inovação. São Paulo: Universidade de São Paulo. 2007. 245 p.

TECPAR. Instituto de Tecnologia do Paraná. **Definição de resíduo**. Disponível em: <www.tecpar.br>. Acesso em: 16 out. 2007.

TIBAU, A. O. **Matéria orgânica e fertilidade do solo**. 2.ed. São Paulo: Nobel, 1986. 96p.

UFV – UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. **Proposta de cooperação técnica ao Banco Interamericano de Desenvolvimento para a criação e consolidação do Núcleo latino-americano de Lenha e Carvão Vegetal – LENHACAVE.** Viçosa: 1991. 74p.

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

VALLE, C.E. **Qualidade Ambiental:** como se preparar para as normas ISSO 14.000, o desafio de ser competitivo protegendo o ambiente. São Paulo: Ed. Pioneira, 1995. 137p.

VERAS, L.M.S.C. Plano de arborização de cidades – metodologia. In: CONGRESSO NORDESTINO DE ECOLOGIA, 1986. Recife. **Anais...** Recife: UFRPE, Departamento de Biologia, 1986. p. 8-14.

VIEIRA, R.S. **Pequenos objetos de madeira de Eucalipto:** Possibilidade de aproveitamento de resíduo. 2006. 99p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras. Lavras. MG. 2006.

VISMARA, E.S. **Mensuração da biomassa e construção de modelos para construção de equações de biomassa.** 2009. 103p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

VITAL, B.R. Métodos para determinação do teor de umidade da madeira. **Boletim Técnico SIF**, Viçosa, n. 13, p. 1-33, 1997.

ZURITA, M. L. L. **Modelo de sistema de gestão ambiental urbana em conformidade com os requisitos estabelecidos pelas normas da série ISO 14000.** 2004. 218p. Tese (Doutorado em Ecologia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2004

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- AUTRAN, C. S.; GONÇALEZ, J.C. "Caracterização colorimétrica das madeiras de muirapiranga (*Brosimum rubescens* Taub.) e de seringueira (*Hevea brasiliensis*, clone Tjir 16 Müll Arg.) visando a utilização em interiores". **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.16, n.4, p. 445-451, jan.2006.
- BORTOLETO, S.; SILVA FILHO, D.F. da; SOUZA, V.C.; FERREIRA, M.A. de P; POLIZEL, J.L.; RIBEIRO, R. de C. S. Composição e Distribuição da Arborização Viária da Estância de Águas de São Pedro-SP. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**. Piracicaba. v. 2, n. 3, 2007. <Disponível em: http://www.revsbau.esalq.usp.br/artigos_cientificos/artigo25.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2009.
- BRUNI, V.C. **Avaliação do processo operacional de compostagem aerada de lodo de esgoto e poda vegetal em reatores fechados**. 2005. 114 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.
- CAMPBELL, S. **Manual de compostagem para hortas e jardins: como aproveitar bem o lixo orgânico doméstico**. São Paulo: Editora Nobel, 1995. 125 p.
- D'ALMEIDA, M. L. O.; VILHENA, A. **Lixo municipal. Manual de gerenciamento integrado do lixo**. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000. 372 p.
- DA SILVA, A.M.; HARRY, E.C. Estimativa do fator "c" da eups para cobertura morta de resíduos vegetais de origem urbana para as condições de São Carlos (SP, Brasil). **INCI**. 2001, v..26, n.12. p.615-618. Disponível em <<http://www2.scielo.org>>. Acesso em: 21 de jan. 2007.
- DETZEL, V.A. Arborização urbana: importância e avaliação econômica. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA. **Anais...** Vitória: Prefeitura, 1992. v.1, p. 39-52.
- EVERITT, J.H.; NIXON, P.R. Video imagery: a new remote sensing tool for range management. **Journal of range management**, Arizona, v.38, p.421-424, 1985.
- FIEDLER, N. C. Avaliação das condições do ambiente de trabalho em atividades de poda de árvore. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 1, p. 19-24, jan/mar. 2007.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA.. **Estimativa Populacional do Município - 1872 a 2008**. Disponível em <<http://www.ipplap.com.br/docs/Estimativa%20Populacional%20do%20Municipio%20-%201872%20a%202008.pdf>>. Acesso em: 02 jun. 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA.. IBGE **investiga a Cultura nos municípios brasileiros**. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=345Eid_pagina=1 Acesso em: 30 dez. 2008.

JACOBI, P.; TEIXEIRA, M. A.C. As metrópoles, a Agenda 21 e as políticas de resíduos sólidos. **Revista Debates Sócio Ambientais – Agenda 21 e Desenvolvimento Sustentável**, São Paulo. Ano IV, n.11, p.17-8, nov.-fev.,1998-99

JARDIM, N.S. **Lixo municipal**: manual de gerenciamento integrado. São Paulo: IPT/CEMPRE, 1995. 278p.

LOUREIRO, F.B (Org.) **Educação ambiental**: repensando o espaço da cidadania. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2002. 255p.

NICOLELLA, G; MARQUES, J.F.; SKORUPA, L. A. Sistema de gestão ambiental: aspectos teóricos e análise de um conjunto de empresas da região de Campinas, SP. **Documentos Embrapa Meio Ambiente**. Jaguariúna/SP, n. 39, 42 p, 2004.

PIVA, C. D. et al. Sistema de Gestão Ambiental implementado aos moldes da ISO 14001:2004 em um frigorífico de abate de aves, no Município de Sidrolândia - Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, Taubaté, v. 3, n. 3, p. 20-53, set-dez. 2007.

PROCHNOW, M (Org). **No jardim das florestas**. Rio do Sul: APREMAVI, 2007. 188p.

SANTOS, N.R.Z.; TEIXEIRA, I. F. Avaliação plástica da vegetação das praças de Veranópolis (RS). In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA. Anais. Brasília: s. ed., 2001. 1 CD-ROM

SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO. **Manuais de legislação**. São Paulo: Atlas, n.16, 2004. 771 p.

SERRANO, O. **Projeto florestas urbanas**. Instituto Florestal. Gestão para a Reserva da Biosfera do Cinturão Verde da Cidade de São Paulo. São Paulo: Instituto Florestal. 2004. 14p.

SILVA FILHO, J. C. G.; CALÁBRIA, F. A.; SILVA; G.C.S.; MEDEIROS, D.D.. **Implementation of Cleaner Production as a tool of continuous improvement**. São Paulo, v.17, n..1, Jan./Apr. 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-65132007000100008&script=sci_arttext. Acesso em: 18 jul. 2009.

TAVOLARO, S.B.F. **A Questão Ambiental**: sustentabilidade e políticas públicas no Brasil Leila da Costa Ferreira São Paulo, 1998. 154p. Tese (Doutorado em Ciências Sociais) - IFCH – Universidade de Campinas, Campinas, 1998.

TOLEDO, F.S.; SANTOS, D. G. Espaços Livres de Construção. **Revista SBAU**, Piracicaba, v.3, n.1, p. 73-91, mar. 2008.

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

ANEXOS

ANEXO A - ROTEIRO DE ENTREVISTA**Técnico da Prefeitura Municipal - SEDEMA**

Informações gerais:

Nome:

Função:

Data:

Setor:

Tempo de atuação com o serviço de poda

urbana:

Escolaridade:

Existe algum critério, procedimento ou legislação para a poda da arborização urbana?

Qual(is

Quanto o município investe:

Nos serviços da Prefeitura (reais/mês):

Nos serviços contratados (quando há):

Custo médio da poda (reais/árvore)

Custo médio da remoção (reais/árvore):

Quais são os custos totais envolvidos na poda e na remoção? E por Componentes:

Qual o sistema de pagamento?

O que é feito com a poda no Município?

Quais são as principais dificuldades ?

Qual(is) as alternativas para estes resíduos na atualidade?

Há alguma proposta de gestão destes resíduos? Qual(is)?

Conhece ou já visitou algum município que tem algum modelo de utilização dos resíduos da poda. Descreva.

Qual a perspectiva da Prefeitura Municipal com relação a arborização urbana e a poda

ANEXO B - ROTEIRO ENTREVISTA**Técnicos da poda - empresa contratada Engenheiro Agrônomo**

Nome:

Data:

Setor:

Escolaridade:

Função:

Tempo de atuação com poda:

Participou de cursos sobre poda e arborização urbana?

 sim não .Quais?

Qual a média salarial?

Qual a estimativa de árvores podadas por mês

Quais são os principais motivos da poda?

 levantamento de calçada sistema de fiação pode de condução outros. Qual(is)?

Qual(is) são os principais riscos durante a poda?

Utilização de Equipamentos de Proteção Individual?

 sim não as vezes . Motivos:

Como você caracterizaria uma poda ideal?

Como você avalia o quanto deve ser podado? Quais os critérios?

Existem diferentes procedimentos de poda? Se sim, para quais situações são empregados?

ANEXO C - ROTEIRO ENTREVISTA**Serviços contratado pela Prefeitura Municipal****Pessoal de campo**

Nome:

Data:

Setor:

Escolaridade:

Função:

Tempo de atuação com poda:

Participou de cursos sobre poda e arborização urbana?

 sim não .Quais?

Qual a estimativa de árvores podadas por mês

Quais são os principais motivos da poda?

 levantamento de calçada sistema de fiação poda de condução outros. Qual(is)?

Existe algum uso atualmente para os resíduos das podas feitas pela sua equipe?

 sim não não sei . Quais?

Há diferença na demanda por poda nos meses do ano (sazonalidade de poda)? Em quais meses é maior e menor?

Como você caracterizaria uma poda ideal?

O que poderia mudar com relação a forma da poda?

Como você avalia o quanto deve ser podado? Quais os critérios?

Existem diferentes procedimentos de poda? Se sim, para quais situações são empregados?

Como é feito o controle do no. de árvores podadas/removidas?

Como é feito o pagamento pela poda/remoção?

ANEXO D - ROTEIRO ENTREVISTA**Técnico da Concessionária de Energia Elétrica**

Nome:

Data:

Setor:

Escolaridade:

Função:

- Qual a frequência da poda executada pela concessionária (diária, semanal, ou conforme demanda);
- Local de disposição dos resíduos de poda (é o mesmo da prefeitura?);
- Há algum uso para os resíduos (galhos, folhas, troncos);
- Quantidade de árvores podadas por mês;
- Estimativa da quantidade de resíduos (em m³, ou ton), no. de caminhões/cargas por mês e as dimensões da caçamba do caminhão.
- No. de funcionários envolvidos na poda e tipos de treinamentos.

Como funciona o pedido da poda?

Como a concessionária programa a poda de prevenção?

ANEXO E - ROTEIRO ENTREVISTA**Serviço Contratado pela Concessionária de Energia Elétrica**

Nome:

Data:

Setor:

Escolaridade:

Função:

- Qual a frequência da poda executada pela empresa (diária, semanal, ou conforme demanda);
- Local de disposição dos resíduos de poda.
- Há algum uso para os resíduos (galhos, folhas, troncos);
- Quantidade de árvores podadas por mês;
- Estimativa da quantidade de resíduos (em m³, ou ton), no. de caminhões/cargas por mês e as dimensões da caçamba do caminhão.
- No. de funcionários envolvidos na poda e tipos de treinamentos.
- Quem fiscaliza o serviço realizado pela empresa.

ANEXO F - FICHA DE CAMPO PARA COLETA DE DADOS DE PODA E REMOÇÃO

FICHA DE CAMPO						
Data:	Poda No.					
Endereço:						
Equipe responsável pela poda:	<input type="checkbox"/> Prefeitura	<input type="checkbox"/> CPFL				
	<input type="checkbox"/> dano de					
Motivo da poda:	<input type="checkbox"/> condução	<input type="checkbox"/> calçada	<input type="checkbox"/> doença	<input type="checkbox"/> dano de fiação	<input type="checkbox"/> outro	
Espécie (nome popular):	Idade aproximada					
Intensidade de poda (%)	10% (<input type="checkbox"/>)	15% (<input type="checkbox"/>)	20% (<input type="checkbox"/>)	25% (<input type="checkbox"/>)	30% (<input type="checkbox"/>)	maior do que 30% (<input type="checkbox"/>)
Largura de calçada (m)	Tamanho do canteiro (cm)					
Altura da Árvore (m)	CAP (cm)					
Altura até primeira bifurcação (m)						
Área de copa (m ²)						
Peso total úmido (kg)						
Peso de folhas (kg)						
Peso de galhos (kg)						
Amostras Coletadas						
No.						
A						
B						
C						
D						

ANEXO G - MODELOS PARA PREDIÇÃO DE GERAÇÃO DE RESÍDUOS DE PODA**Para o Modelo Geral****Modelo Spurr**

Lm (formula = biomassa ~ l(dap^2 * altura.m), data = pira)					
Resíduo:					
Minimo	1Quartil	Mediana	3Quartil	Máxima	
-98.48959	-7.27154	-	4.74147	0.07383	137.23163 Residual
standard error: 20.31 on 298 degrees of freedom (30 observations deleted due to missingness)					
Multiple R-Squared: 0.2264, Adjusted R-squared: 0.2238					
F-statistic: 87.19 on 1 and 298 DF, p-value: < 2.2e-16					
Coeficientes:					
	Estimativa	Std.	Erro t	valor	Pr(> t)
(Intercept)	7.7242242		1.3579766	5.688	3.07e-08 ***
l(dap^2 * altura.m)	0.0010586		0.0001134	9.338	< 2e-16 ***

Modelo Log-Spurr

lm(formula = log(biomassa) ~ log(dap^2 * altura.m), data = pira)					
Resíduos:					
Minimo	1Quartil	Mediana	3Quartil	Máxima	
-3.21152	-0.62875	0.01955	0.64517	2.91054	
Coeficientes:					
	Estimativa	Std.	Erro t	valor	Pr(> t)
(Intercept)	-2.06006		0.24456	-8.424	1.60e-15 ***
log(dap^2 * altura.m)	0.51898		0.03177	16.333	< 2e-16 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					
Residual standard error: 0.9704 on 296 degrees of freedom (32 observations deleted due to missingness)					
Multiple R-Squared: 0.474, Adjusted R-squared: 0.4723					
F-statistic: 266.8 on 1 and 296 DF, p-value: < 2.2e-16					

Modelo Schumacher-Hall

lm(formula = log(biomassa) ~ log(dap) + log(altura.m), data = pira)					
Resíduos					
Minimo	1Quartil	Mediana	3Quartil	Máxima	
-3.23379	-0.62358	0.03366	0.66141	2.84942	
Coeficientes:					
	Estimate	Std.	Error t	value	Pr(> t)
(Intercept)	-2.06583		0.24474	-8.441	1.44e-15 ***
log(dap)	0.98385		0.08854	11.112	< 2e-16 ***
log(altura.m)	0.61508	0.11400	5.396	1.40e-07	***
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					
Residual standard error: 0.9707 on 295 degrees of freedom (32 observations deleted due to missingness)					

Multiple R-Squared: 0.4754, Adjusted R-squared: 0.4719
F-statistic: 133.7 on 2 and 295 DF, p-value: < 2.2e-16

Para o Modelo por Espécie

Modelo Log-Spurr sem Interação

lm(formula = log(biomassa) ~ log(dap^2 * altura.m) + as.factor(especie), data = pira)

Resíduos:

Minimo	1Quartil	Mediana	3Quartil	Máxima
-3.3599	-0.5087	-0.0607	0.5039	2.4536

Coefficientes:

	Estimate	Std.	Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-1.25742		0.33722	-3.729	0.000232 ***
log(dap^2 * altura.m)	0.43368		0.03784	11.462	< 2e-16 ***
as.factor(especie)chapéu de sol	0.30100	0.23013	1.308	0.191940	
as.factor(especie)espirradeira	-0.02890	0.24369	-0.119	0.905695	
as.factor(especie)falso chorão	0.35654	0.22564	1.580	0.115168	
as.factor(especie)ficus	-0.57473	0.22582	-2.545	0.011449 *	
as.factor(especie)ipê	-0.47695	0.22807	-2.091	0.037382 *	
as.factor(especie)oiti	0.02651	0.22635	0.117	0.906861	
as.factor(especie)quaresmeira	-0.93630	0.24004	-3.901	0.000120 ***	
as.factor(especie)resedá	-0.80224	0.23121	-3.470	0.000601 ***	
as.factor(especie)sibipiruna	0.46616	0.22773	2.047	0.041565 *	

Residual standard error: 0.8734 on 287 degrees of freedom
(32 observations deleted due to missingness)
Multiple R-Squared: 0.5869, Adjusted R-squared: 0.5725
F-statistic: 40.77 on 10 and 287 DF, p-value: < 2.2e-16

Modelo Log-Spurr COM Interação

lm(formula = log(biomassa) ~ log(dap^2 * altura.m) * as.factor(especie), data = pira)

Resíduos

Minimo	1Quartil	Mediana	3Quartil	Máxima
-3.09595	-0.47867	-0.04771	0.54559	2.22183

Coefficientes:

	Estimate	Std.	Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-2.077115		0.939825	-2.210	0.0279 *
log(dap^2 * altura.m)	0.538060		0.118001	4.560	7.68e-06 ***
as.factor(especie)chapéu de sol	-1.879692	1.674385	-1.123	0.2626	
as.factor(especie)espirradeira	2.021582	1.065285	1.898	0.0588 .	
as.factor(especie)falso chorão	0.423408	1.373061	0.308	0.7580	
as.factor(especie)ficus	2.414680	1.466404	1.647	0.1008	
as.factor(especie)ipê	0.404200	1.449192	0.279	0.7805	
as.factor(especie)oiti	0.660424	1.282652	0.515	0.6070	
as.factor(especie)quaresmeira	-0.909605	1.081282	-0.841	0.4009	
as.factor(especie)resedá	0.609141	1.352185	0.450	0.6527	
as.factor(especie)sibipiruna	1.068681	1.455452	0.734	0.4634	
log(dap^2 * altura.m):as.factor(especie)chapéu de sol	0.226535	0.192313	1.178	0.2398	

```

log(dap^2 * altura.m):as.factor(especie)esprradeira -0.331815 0.147230 -2.254 0.0250 *
log(dap^2 * altura.m):as.factor(especie)falso chorão -0.005962 0.175013 -0.034 0.9729
log(dap^2 * altura.m):as.factor(especie)ficus -0.369987 0.180402 -2.051 0.0412 *
log(dap^2 * altura.m):as.factor(especie)ipê -0.111783 0.176703 -0.633 0.5275
log(dap^2 * altura.m):as.factor(especie)oiti -0.079052 0.166217 -0.476 0.6347
log(dap^2 * altura.m):as.factor(especie)quaresmeira 0.035263 0.148421 0.238 0.8124
log(dap^2 * altura.m):as.factor(especie)resedá -0.191974 0.184615 -1.040 0.2993
log(dap^2 * altura.m):as.factor(especie)sibiruna -0.079391 0.173055 -0.459 0.6468

```

```

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.8579 on 278 degrees of freedom
(32 observations deleted due to missingness)
Multiple R-Squared: 0.6139, Adjusted R-squared: 0.5875
F-statistic: 23.26 on 19 and 278 DF, p-value: < 2.2e-16
> anova(mod.sp$spurr.log.inter)
Analysis of Variance Table
Response: log(biomassa)
Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
log(dap^2 * altura.m) 1 251.199 251.199 341.3064 < 2.2e-16 ***
as.factor(especie) 9 59.795 6.644 9.0271 5.763e-12 ***
log(dap^2 * altura.m):as.factor(especie) 9 14.313 1.590 2.1609 0.02492 *
Residuals 278 204.606 0.736

```

Modelo Schumacher-Hall sem Interação

```
lm(formula = log(biomassa) ~ log(dap) + log(altura.m) + as.factor(especie), data = pira)
```

Resíduos:

Minimo	1Quartil	Mediana	3Quartil	Máxima
-3.35453	-0.51031	-0.06096	0.50354	2.45815

Coeficientes:

	Estimativa	Std.	Error t value	Pr(> t)
(Intercept)	-1.25407	0.34427	-3.643	0.000320 ***
log(dap)	0.86975	0.08936	9.733	< 2e-16 ***
log(altura.m)	0.42814	0.11618	3.685	0.000273 ***
as.factor(especie)chapéu de sol	0.30211	0.23158	1.305	0.193087
as.factor(especie)esprradeira	-0.03069	0.24669	-0.124	0.901088
as.factor(especie)falso chorão	0.35509	0.22786	1.558	0.120252
as.factor(especie)ficus	-0.57612	0.22788	-2.528	0.012005 *
as.factor(especie)ipê	-0.47666	0.22854	-2.086	0.037892 *
as.factor(especie)oiti	0.02552	0.22759	0.112	0.910807
as.factor(especie)quaresmeira	-0.93830	0.24371	-3.850	0.000146 ***
as.factor(especie)resedá	-0.80424	0.23497	-3.423	0.000710 ***
as.factor(especie)sibiruna	0.46546	0.22855	2.037	0.042615 *

```

---
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.8749 on 286 degrees of freedom
(32 observations deleted due to missingness)
Multiple R-Squared: 0.5869, Adjusted R-squared: 0.571
F-statistic: 36.94 on 11 and 286 DF, p-value: < 2.2e-16

```

Modelo Schumacher-Hall COM Interação

lm(formula = log(biomassa) ~ (log(dap) + log(altura.m)) * as.factor(especie), data = pira)

Resíduos:

Minimo	1Quartil	Mediana	3Quartil	Máxima
-2.40720	-0.45485	-0.02935	0.52070	2.20997

Coeficientes:

	Estimativa	Std.	Erro t	valor	Pr(> t)
(Intercept)	-2.6185238		1.0469156	-2.501	0.012975 *
log(dap)	0.9767281		0.2484864	3.931	0.000108 ***
log(altura.m)	0.9815513		0.4263014	2.302	0.022075 *
as.factor(especie)chapéu de sol	-0.4732788	1.7831524	-0.265	0.790892	
as.factor(especie)espirradeira	3.2275086	1.2188365	2.648	0.008576 **	
as.factor(especie)falso chorão	1.2214397	1.4823891	0.824	0.410691	
as.factor(especie)ficus	2.9399553	1.5254534	1.927	0.055003 .	
as.factor(especie)ipê	0.7994185	1.5050190	0.531	0.595742	
as.factor(especie)oiti	1.3450426	1.3559099	0.992	0.322100	
as.factor(especie)quaresmeira	-0.2863672	1.1748722	-0.244	0.807616	
as.factor(especie)resedá	1.2534299	1.4455729	0.867	0.386673	
as.factor(especie)sibipiruna	2.4957857	1.5403974	1.620	0.106361	
log(dap):as.factor(especie)chapéu de sol	0.7348527	0.4011836	1.832	0.068104 .	
log(dap):as.factor(especie)espirradeira	-0.4901155	0.3053936	-1.605	0.109701	
log(dap):as.factor(especie)falso chorão	0.1394093	0.3626618	0.384	0.700983	
log(dap):as.factor(especie)ficus	-0.6503832	0.3740594	-1.739	0.083233 .	
log(dap):as.factor(especie)ipê	0.2933228	0.4090383	0.717	0.473935	
log(dap):as.factor(especie)oiti	-0.3800144	0.4268320	-0.890	0.374096	
log(dap):as.factor(especie)quaresmeira	-0.0009244	0.3737387	-0.002	0.998028	
log(dap):as.factor(especie)resedá	-0.4281691	0.5595779	-0.765	0.444847	
log(dap):as.factor(especie)sibipiruna	-1.2022113	0.5305842	-2.266	0.024260 *	
log(altura.m):as.factor(especie)chapéu de sol	-0.8715564	0.5872907	-1.484	0.138976	
log(altura.m):as.factor(especie)espirradeira	-1.4649959	0.5911824	-2.478	0.013826 *	
log(altura.m):as.factor(especie)falso chorão	-0.7016023	0.5792787	-1.211	0.226899	
log(altura.m):as.factor(especie)ficus	-0.7860783	0.5035848	-1.561	0.119712	
log(altura.m):as.factor(especie)ipê	-1.1351438	0.5236591	-2.168	0.031061 *	
log(altura.m):as.factor(especie)oiti	-0.0559646	0.5815755	-0.096	0.923410	
log(altura.m):as.factor(especie)quaresmeira	-0.1593699	0.5376291	-0.296	0.767131	
log(altura.m):as.factor(especie)resedá	-0.4338826	0.7377743	-0.588	0.556963	
log(altura.m):as.factor(especie)sibipiruna	1.0168720	0.6962051	1.461	0.145299	

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.8391 on 268 degrees of freedom

(32 observations deleted due to missingness)

Multiple R-Squared: 0.6439, Adjusted R-squared: 0.6054

F-statistic: 16.71 on 29 and 268 DF, p-value: < 2.2e-16

> anova(mod.sp\$schum.inter)

Analysis of Variance Table

Response: log(biomassa)

Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)

log(dap) 1 224.492 224.492 318.8169 < 2.2e-16 ***

log(altura.m) 1 27.433 27.433 38.9598 1.684e-09 ***

as.factor(especie) 9 59.070 6.563 9.3211 2.589e-12 ***

log(dap):as.factor(especie) 9 14.059 1.562 2.2184 0.021216 *

log(altura.m):as.factor(especie) 9 16.149 1.794 2.5482 0.008004 **

Residuals 268 188.709 0.704

Modelo por Intensidade de Poda

Modelo Spurr

lm(formula = log(biomassa) ~ log(dap^2 * altura.m) + as.factor(inten.poda), data = pira)

Resíduos:

Mínimo	1Quartil	Mediana	3Quartil	Máxima
-2.68980	-0.53130	0.09572	0.50553	2.84219

Coeficientes:

	Estimativa	Std.	Erro t	valor Pr(> t)
(Intercept)	-1.99734	0.27047	-7.385	2.76e-12 ***
log(dap^2 * altura.m)	0.43991	0.03355	13.113	< 2e-16 ***
as.factor(inten.poda)15%	0.45510	0.13049	3.488	0.000583 ***
as.factor(inten.poda)20%	0.87053	0.17261	5.043	9.25e-07 ***
as.factor(inten.poda)25%	1.20126	0.21082	5.698	3.68e-08 ***
as.factor(inten.poda)30%	1.72543	0.25388	6.796	9.04e-11 ***
as.factor(inten.poda)30% +	1.81550	0.22226	8.168	2.04e-14 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
 Residual standard error: 0.812 on 231 degrees of freedom
 (92 observations deleted due to missingness)
 Multiple R-Squared: 0.5891, Adjusted R-squared: 0.5784
 F-statistic: 55.2 on 6 and 231 DF, p-value: < 2.2e-16
 > anova(mod.poda\$spurr.log)
 Analysis of Variance Table
 Response: log(biomassa)
 Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
 log(dap^2 * altura.m) 1 142.964 142.964 216.804 < 2.2e-16 ***
 as.factor(inten.poda) 5 75.433 15.087 22.879 < 2.2e-16 ***
 Residuals 231 152.325 0.659
 Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Modelo Log-Spurr COM Interação

lm(formula = log(biomassa) ~ log(dap^2 * altura.m) * as.factor(inten.poda), data = pira)

Resíduos:

Mínimo	1Quartil	Mediana	3Quartil	Máxima
-2.71844	-0.50258	0.08794	0.51843	2.95418

Coeficientes:

	Estimativa	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-1.771203	0.455412	-3.889	0.000132 ***
log(dap^2 * altura.m)	0.409856	0.059116	6.933	4.27e-11 ***
as.factor(inten.poda)15%	-0.201539	0.671357	-0.300	0.764304
as.factor(inten.poda)20%	0.912358	0.965843	0.945	0.345860
as.factor(inten.poda)25%	0.538088	1.008562	0.534	0.594198
as.factor(inten.poda)30%	2.129078	0.809769	2.629	0.009145 **
as.factor(inten.poda)30% +	0.378873	1.560847	0.243	0.808430
log(dap^2 * altura.m):as.factor(inten.poda)15%	0.086083	0.086529	0.995	0.320875
log(dap^2 * altura.m):as.factor(inten.poda)20%	-0.002975	0.119196	-0.025	0.980109
log(dap^2 * altura.m):as.factor(inten.poda)25%	0.084280	0.124194	0.679	0.498076
log(dap^2 * altura.m):as.factor(inten.poda)30%	-0.056771	0.104700	-0.542	0.588199
log(dap^2 * altura.m):as.factor(inten.poda)30% +	0.171558	0.182808	0.938	0.349011

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
 Residual standard error: 0.8155 on 226 degrees of freedom
 (92 observations deleted due to missingness)
 Multiple R-Squared: 0.5946, Adjusted R-squared: 0.5749

```

F-statistic: 30.14 on 11 and 226 DF, p-value: < 2.2e-16
> anova(mod.poda$spurr.log.inter)
Analysis of Variance Table
Response: log(biomassa)
Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
log(dap^2 * altura.m) 1 142.964 142.964 214.9946 <2e-16 ***
as.factor(inten.poda) 5 75.433 15.087 22.6876 <2e-16 ***
log(dap^2 * altura.m):as.factor(inten.poda) 5 2.043 0.409 0.6143 0.689
Residuals 226 150.282 0.665

```

Modelo Schumacher-Hall sem Interação

```
lm(formula = log(biomassa) ~ log(dap) + log(altura.m) + as.factor(inten.poda), data = pira)
```

Resíduos:

Minimo	1Quartil	Mediana	3Quartil	Máxima
-2.68532	-0.53176	0.09687	0.50873	2.84483

Coefficientes:

	Estimativa	Std. Erro	t valor	Pr(> t)
(Intercept)	-1.99779	0.27127	-7.365	3.15e-12 ***
log(dap)	0.88251	0.09345	9.444	< 2e-16 ***
log(altura.m)	0.43539	0.11389	3.823	0.000170 ***
as.factor(inten.poda)15%	0.45576	0.13173	3.460	0.000644 ***
as.factor(inten.poda)20%	0.87040	0.17300	5.031	9.83e-07 ***
as.factor(inten.poda)25%	1.20131	0.21128	5.686	3.93e-08 ***
as.factor(inten.poda)30%	1.72651	0.25573	6.751	1.18e-10 ***
as.factor(inten.poda)30% +	1.81589	0.22294	8.145	2.41e-14 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.8138 on 230 degrees of freedom

(92 observations deleted due to missingness)

Multiple R-Squared: 0.5891, Adjusted R-squared: 0.5766

F-statistic: 47.11 on 7 and 230 DF, p-value: < 2.2e-16

```
> anova(mod.poda$schum)
```

Analysis of Variance Table

Response: log(biomassa)

Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)

log(dap) 1 128.219 128.219 193.602 < 2.2e-16 ***

log(altura.m) 1 14.885 14.885 22.476 3.731e-06 ***

as.factor(inten.poda) 5 75.294 15.059 22.738 < 2.2e-16 ***

Residuals 230 152.324 0.662

Modelo Schumacher-Hall COM Interação

```
lm(formula = log(biomassa) ~ (log(dap) + log(altura.m)) * as.factor(inten.poda), data = pira)
```

Resíduos:

Minimo	1Quartil	Mediana	3Quartil	Máxima
-2.56395	-0.47211	0.05768	0.46325	3.02847

Coefficientes:

	Estimativa	Std. Erro	t valor	Pr(> t)
(Intercept)	-1.90999	0.46278	-4.127	5.21e-05 ***
log(dap)	1.01221	0.17694	5.721	3.44e-08 ***
log(altura.m)	0.15173	0.18681	0.812	0.4176
as.factor(inten.poda)15%	-0.04485	0.67479	-0.066	0.9471
as.factor(inten.poda)20%	1.05016	0.96514	1.088	0.2777
as.factor(inten.poda)25%	0.92801	1.01678	0.913	0.3624
as.factor(inten.poda)30%	2.17821	1.09214	1.994	0.0473 *


```

as.factor(inten.poda)30% + 0.60432 1.55740 0.388 0.6984
log(dap):as.factor(inten.poda)15% 0.05556 0.23978 0.232 0.8170
log(dap):as.factor(inten.poda)20% -0.40499 0.31837 -1.272 0.2047
log(dap):as.factor(inten.poda)25% -0.51520 0.38865 -1.326 0.1863
log(dap):as.factor(inten.poda)30% -0.34343 0.39232 -0.875 0.3823
log(dap):as.factor(inten.poda)30% + -0.19265 0.51656 -0.373 0.7095
log(altura.m):as.factor(inten.poda)15% 0.21031 0.26684 0.788 0.4314
log(altura.m):as.factor(inten.poda)20% 0.62680 0.36756 1.705 0.0896 .
log(altura.m):as.factor(inten.poda)25% 1.06619 0.45187 2.360 0.0192 *
log(altura.m):as.factor(inten.poda)30% 0.30973 0.90802 0.341 0.7333
log(altura.m):as.factor(inten.poda)30% + 0.96490 0.59103 1.633 0.1040

```

```

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.8109 on 220 degrees of freedom
(92 observations deleted due to missingness)
Multiple R-Squared: 0.6098, Adjusted R-squared: 0.5797
F-statistic: 20.22 on 17 and 220 DF, p-value: < 2.2e-16
Analysis of Variance Table
Response: log(biomassa)
Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
log(dap) 1 128.219 128.219 195.0052 < 2.2e-16 ***
log(altura.m) 1 14.885 14.885 22.6389 3.539e-06 ***
as.factor(inten.poda) 5 75.294 15.059 22.9026 < 2.2e-16 ***
log(dap):as.factor(inten.poda) 5 1.935 0.387 0.5887 0.7086
log(altura.m):as.factor(inten.poda) 5 5.735 1.147 1.7446 0.1256
Residuals 220 144.653 0.658

```

Modelo por Intensidade de Poda e Espécie

Modelo Spurr sem Interação

lm(formula = log(biomassa) ~ log(dap^2 * altura.m) + as.factor(inten.poda) + as.factor(especie), data = pira)

Resíduos:

Mínimo	1Quartil	Mediana	3Quartil	Máxima
-2.68579	-0.38857	0.02744	0.44578	2.02001

Coeficientes:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-1.2108	0.3364	-3.599	0.000394 ***
log(dap^2 * altura.m)	0.3431	0.0384	8.935	< 2e-16 ***
as.factor(inten.poda)15%	0.4012	0.1216	3.298	0.001133 **
as.factor(inten.poda)20%	0.9013	0.1597	5.644	5.03e-08 ***
as.factor(inten.poda)25%	1.1410	0.1959	5.824	2.00e-08 ***
as.factor(inten.poda)30%	1.5489	0.2377	6.515	4.80e-10 ***
as.factor(inten.poda)30% +	1.6154	0.2071	7.799	2.41e-13 ***
as.factor(especie)chapéu de sol	0.3777	0.1999	1.890	0.060101 .
as.factor(especie)espirradeira	-0.1546	0.2232	-0.692	0.489422
as.factor(especie)falso chorão	0.6881	0.2557	2.691	0.007659 **
as.factor(especie)ficus	-0.1413	0.2194	-0.644	0.520296
as.factor(especie)ipê	-0.2788	0.1979	-1.409	0.160240
as.factor(especie)oiiti	-0.0258	0.1970	-0.131	0.895917
as.factor(especie)quaresmeira	-0.4723	0.2529	-1.868	0.063145 .
as.factor(especie)resedá	-0.6177	0.2085	-2.963	0.003384 **
as.factor(especie)sibipiruna	0.6396	0.1943	3.291	0.001161 **

```

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.7401 on 222 degrees of freedom
(92 observations deleted due to missingness)
Multiple R-Squared: 0.672, Adjusted R-squared: 0.6499
F-statistic: 30.33 on 15 and 222 DF, p-value: < 2.2e-16
> anova(mod.sp.poda$spurr.log)
Analysis of Variance Table
Response: log(biomassa)
Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
log(dap^2 * altura.m) 1 142.964 142.964 261.0299 < 2.2e-16 ***
as.factor(inten.poda) 5 75.433 15.087 27.5456 < 2.2e-16 ***
as.factor(especie) 9 30.737 3.415 6.2357 7.599e-08 ***
Residuals 222 121.588 0.548

```

Modelo por Intensidade de Poda e Espécie Modelo Schumacher-Hall sem Interação

```
lm(formula = log(biomassa) ~ log(dap) + log(altura.m) + as.factor(inten.poda) + as.factor(especie), data = pira)
```

Resíduos:

Minimo	1Quartil	Mediana	3Quartil	Máxima
-2.62590	-0.39275	0.03035	0.43899	2.04336

Coeficientes:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-1.18439	0.34169	-3.466	0.000634 ***
log(dap)	0.70996	0.09205	7.713	4.17e-13 ***
log(altura.m)	0.29006	0.11957	2.426	0.016078 *
as.factor(inten.poda)15%	0.40714	0.12252	3.323	0.001042 **
as.factor(inten.poda)20%	0.90154	0.15996	5.636	5.27e-08 ***
as.factor(inten.poda)25%	1.14170	0.19626	5.817	2.08e-08 ***
as.factor(inten.poda)30%	1.55848	0.23903	6.520	4.71e-10 ***
as.factor(inten.poda)30% +	1.61880	0.20762	7.797	2.47e-13 ***
as.factor(especie)chapéu de sol	0.38733	0.20128	1.924	0.055600 .
as.factor(especie)espirradeira	-0.17605	0.22828	-0.771	0.441412
as.factor(especie)falso chorão	0.66768	0.25977	2.570	0.010818 *
as.factor(especie)ficus	-0.15035	0.22065	-0.681	0.496338
as.factor(especie)ipê	-0.27499	0.19837	-1.386	0.167075
as.factor(especie)oiti	-0.03464	0.19823	-0.175	0.861453
as.factor(especie)quaresmeira	-0.49044	0.25629	-1.914	0.056960 .
as.factor(especie)resedá	-0.63636	0.21263	-2.993	0.003079 **
as.factor(especie)sibipiruna	0.63292	0.19520	3.242	0.001368 **

```

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.7414 on 221 degrees of freedom
(92 observations deleted due to missingness)
Multiple R-Squared: 0.6723, Adjusted R-squared: 0.6486
F-statistic: 28.34 on 16 and 221 DF, p-value: < 2.2e-16
> anova(mod.sp.poda$schum)
Analysis of Variance Table
Response: log(biomassa)
Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
log(dap) 1 128.219 128.219 233.284 < 2.2e-16 ***
log(altura.m) 1 14.885 14.885 27.083 4.446e-07 ***
as.factor(inten.poda) 5 75.294 15.059 27.398 < 2.2e-16 ***
as.factor(especie) 9 30.857 3.429 6.238 7.612e-08 ***
Residuals 221 121.467 0.550

```

Anexo H – Lei municipal para os resíduos de poda em Piracicaba



PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE PIRACICABA
ESTADO DE SÃO PAULO
PROCURADORIA GERAL



LEI Nº 5.795, DE 18 DE JULHO DE 2006.

Dispõe sobre o reaproveitamento do material orgânico proveniente da poda de árvores e da coleta do lixo de feiras-livres no âmbito do Município de Piracicaba e dá outras providências.

BARJAS NEGRI, Prefeito do Município de Piracicaba, Estado de São Paulo, no uso de suas atribuições,

Faz saber que a Câmara de Vereadores de Piracicaba aprovou e ele sanciona e promulga a seguinte

L E I N.º 5 7 9 5

Art. 1º Todo o material resultante da poda de árvores e da coleta de lixo orgânico, provenientes de feiras-livres, efetuadas ou recolhidas pela Prefeitura Municipal de Piracicaba, através do órgão competente, poderá ser destinado à trituração para que seja transformado em composto orgânico.

§ 1º A trituração de que trata o *caput* deste artigo, deverá ser procedida, pelo órgão municipal competente, de forma centralizada, em local específico a esta finalidade, dotado de equipamento capaz de promover a transformação do material orgânico recolhido em composto orgânico e a sua distribuição.

§ 2º No momento da poda de árvores ou da coleta seletiva do material orgânico provenientes de feiras-livres, deverá ser realizada a exclusão de eventuais detritos que impeçam ou dificultem a transformação do material em composto orgânico.

Art. 2º A prioridade de utilização do composto orgânico resultante do procedimento de que trata esta Lei, será em hortas comunitárias, escolares e projetos de paisagismo e ajardinamento promovidos pelo Poder Público Municipal.

Art. 3º O Poder Executivo regulamentará a presente Lei.

Art. 4º Esta Lei entra em vigor na data de sua publicação.

Prefeitura do Município de Piracicaba, em 18 de julho de 2006.

BARJAS NEGRI
Prefeito Municipal

FRANCISCO ROGÉRIO VIDAL E SILVA
Secretário Municipal de Defesa do Meio Ambiente