

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

Avaliação do potencial de estoque de carbono por Sibipiruna (*Poincianella pluviosa* var. *peltophoroides* (Benth.) L. P. Queiróz) na arborização viária de Maringá - PR

Flávia Gizele König Brun

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em Ciências, Programa: Recursos Florestais. Opção em: Conservação de Ecossistemas Florestais

**Piracicaba
2012**

Flávia Gizele König Brun
Engenheira Florestal

Avaliação do potencial de estoque de carbono por Sibipiruna (*Poincianella pluviosa* var. *peltophoroides* (Benth.) L. P. Queiroz) na arborização viária de Maringá - PR

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **DEMÓSTENES FERREIRA DA SILVA
FILHO**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em
Ciências, Programa: Recursos Florestais. Opção em:
Conservação de Ecossistemas Florestais

**Piracicaba
2012**

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

Brun, Flávia Gizele König

Avaliação do potencial de estoque de carbono por Sibipiruna (*Poincianella pluviosa* var. *peltophoroides* (Benth.) L. P. Queiróz) na arborização viária de Maringá - PR / Flávia Gizele König Brun.-- versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011.- - Piracicaba, 2012.

163 p: il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2012.

1. Arborização 2. Biomassa 3. Estoque de carbono 4. Qualidade ambiental
5. Sequestro de carbono 6. Sibipiruna 7. Via pública I. Título

CDD 634.97332
B894a

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

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Professor Dr. Demóstenes Ferreira da Silva Filho pelos seus ensinamentos que foram incontáveis e que levarei por toda a minha vida profissional, pela sua amizade e compreensão nos momentos de dificuldade durante a realização do trabalho.

Aos Professores Hilton Thadeu Zarate do Couto e Ana Maria Liner Pereira Lima pelo apoio e amizade no período de curso.

A Equipe do Centro de Métodos Quantitativos do Departamento de Ciências Florestais, em especial ao Técnico Dr. Jeferson Lordello Polizel, pela sua atenção, presteza e grande amizade.

As secretárias do programa de Pós-Graduação em Recursos Florestais Catarina Germuts e Giovana Oliveira pela atenção, disponibilidade e amizade durante o período do doutorado.

Aos colegas do Programa de Pós-Graduação em Recursos Florestais Yukie Kabashima, Léa Dobbert, Juliana Amorim da Costa, Francisco Rolo, Sâmia Nunes e Luciana Cavalcante pela amizade, ensinamentos e as boas horas de convivência nas aulas e nos trabalhos.

Aos professores e amigos Francine Neves Calil pelo auxílio e correção gramatical em língua estrangeira, e Maurício Romero Gorenstein pelo auxílio e orientações técnicas para a construção dos modelos matemáticos.

A Prefeitura Municipal de Maringá, por meio da Secretaria de Serviços Públicos, por meio dos técnicos do Setor de Arborização Urbana, Engenheiro Florestal M.Sc. Ciro Braga Farah e do Técnico do Setor de Corte e Supressão Sr. Claudemir Celestino, que viabilizaram equipes de corte e supressão, bem como toda a logística para o transporte e pesagem do material.

Aos funcionários do Setor de Arborização das equipes de corte e supressão da Secretaria de Serviços Públicos da Prefeitura Municipal de Maringá: Ataíde Marcelino, Adilson Pavani, Hermes Pereira, Raimundo Ferreira Dias, Wilson Teixeira, Francisco Danir Polidoro, Jeová Florentino Pessoa, José Carlos de Paula, Sidnei Inácio, Júnior Soares Câmara, Roberto Todeschini, Edilson Cisco, João Bosco Costa, Salvino José dos Santos, e ao Instrutor do Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR) Luiz de Matos, responsável pelo Curso de Operação e Manutenção de Motosserras, pelo auxílio na coleta de dados e logística.

Aos moradores do Bairro Cidade Alta, que tão hospitaleiramente me receberam em seu bairro, apoiando o trabalho e fornecendo-me valiosas informações sobre as árvores

amostras para a coleta de biomassa, que com certeza foram de grande valia para a discussão dos resultados.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná, através dos Campi de Dois Vizinhos e Pato Branco, pelo apoio e logística durante o transporte, processamento e análises das amostras e disponibilização de estagiários para apoiar a realização do estudo.

Aos acadêmicos do Curso de Engenharia Florestal da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Dois Vizinhos, Gleidy Dayane de Matos, Elisandra Menegazo Okada, Nilson Marcos Balin, Emanuel Forlin, Danieli Regina Klein, Suzamara Biz e Luma Dalmolin Stenger pelo auxílio na coleta de dados e processamento das amostras e biomassa e nos inventários “*in loco*”.

A minha amiga e babá do meu pequeno João Pedro a Sra Adriana Maria Shehadeh (Tata) que dedicou uma atenção especial para o meu filho, como fosse seu, para que nos momentos que tive que dedicar-me a escrever, para que não faltasse nada ao meu pequeno.

A minha família meus pais e minha irmã e cunhado pelo apoio, estímulo e carinho nesta etapa tão importante para mim.

Um agradecimento especial aos “meus meninos queridos”, meu marido Eleandro José Brun pelo auxílio na coleta de dados, conselhos e críticas técnicas na elaboração deste trabalho e principalmente pela força e compreensão em mais etapa importante da minha vida, e ao meu pequeno João Pedro, que além de participar do inventário nas ruas de Maringá, ainda na barriga, soube dividir pacientemente a mãe com o trabalho durante o período de finalização desta tese, além do seu sorriso sempre animador nos momentos de dificuldade.

A todos muito obrigada

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT.....	9
1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 Hipóteses de estudo.....	12
1.2 Objetivos.....	12
1.2.1 Objetivo geral.....	12
1.2.1.1 Objetivos específicos.....	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1 O ciclo de carbono e os efeitos das mudanças climáticas no meio urbano.....	15
2.2 Potencial de estoque de carbono por árvores urbanas.....	17
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1 Descrição da área de estudo.....	21
3.2 Descrição botânica da espécie estudada.....	23
3.3 Ordenamento dos procedimentos metodológicos.....	24
3.3.1 Seleção das árvores amostras.....	25
3.3.2 Coleta de biomassa e quantificação do teor de carbono.....	29
3.3.3 Construção dos modelos matemáticos para quantificação de biomassa e de carbono.....	35
3.3.4 Inventário arbóreo viário e estimativa do estoque de biomassa e carbono.....	35
3.3.5 Influência do meio urbano, manejo e vigor no acúmulo de biomassa e carbono.....	40
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
4.1 Aspectos dos indivíduos mensurados para a quantificação de biomassa e carbono.....	41
4.1.1 Avaliação dendrométrica.....	53
4.1.2 Áreas livres e fitossanidade.....	63
4.1.3 Tipos de podas e qualidade de copa e troncos.....	66
4.2 Quantificação da biomassa acumulada nos indivíduos mensurados.....	75

4.2.1 Construção de modelos matemáticos para quantificação do acúmulo de biomassa.....	76
4.2.2 Acúmulo de biomassa nos indivíduos mensurados no perímetro urbano.....	83
4.2.3 Influência do meio urbano, manejo e vigor sobre o acúmulo de biomassa.....	96
4.3. Estoque de carbono nos indivíduos mensurados no perímetro urbano.....	107
4.3.1 Caracterização do teor e estoque de carbono nas árvores amostras.....	108
4.3.2 Construção de modelos matemáticos para quantificação do estoque de carbono.....	112
4.3.3 Estoque de carbono nos indivíduos mensurados no perímetro urbano.....	118
4.3.4. Influência do meio urbano, manejo e vigor sobre o estoque de carbono.....	131
5 CONCLUSÕES.....	145
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	147
REFERÊNCIAS.....	149

RESUMO

Avaliação do potencial de estoque de carbono por Sibipiruna (*Poincianella pluviosa* var. *peltophoroides* (Benth.) L. P. Queiróz) na arborização viária de Maringá - PR

O estudo teve por objetivo quantificar o estoque de carbono (C) e biomassa em indivíduos de Sibipiruna (*Poincianella pluviosa*) na arborização viária de Maringá, PR. A seleção das árvores amostra partiu do banco de dados para supressão da prefeitura municipal. Após fez-se a medição dos indivíduos avaliando-se: altura total (h_t), altura da primeira bifurcação (h_{bif}), altura do primeiro galho vivo (h_{galho}), altura de copa (h_c), área de copa (A_c) e diâmetro à altura do peito (DAP). Para as condições do manejo e do meio urbano, consideraram-se: área livre, tipo de poda realizada, fitossanidade, qualidade de copa e tronco. Selecionou-se 24 árvores num intervalo diamétrico de 45,1 a 70,0 cm. Nas árvores abatidas, aferiu-se a biomassa fresca (madeira e casca do tronco, galhos e folhas). Para a copa fez-se uma sub-amostra (10,0 kg) para folhas e galhos finos e retirou-se uma alíquota para determinação do peso seco e teor de C. O peso úmido da copa (folhas e galhos finos), galhos grossos e madeira do tronco foi determinado em balança de carga (10.000,0 kg). Para a amostragem de madeira do tronco, foram retirados 3 discos de 5 cm de espessura na base, DAP e a 90% da altura. A casca foi separada dos discos, pesada e retirada uma alíquota para determinação de massa seca e C. As amostras foram enviadas a Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Dois Vizinhos e secas em estufa de circulação e renovação de ar, a 70,0°C por 72 horas. Na fração madeira do tronco fez-se uma amostra composta dos discos das árvores. Após, as frações foram pesadas e moídas para análise química. Com base nas relações entre a quantidade de C e biomassa com as variáveis dendrométricas, construíram-se modelos de regressão linear para cada fração. Para o inventário de determinação do estoque de C estratificou o perímetro urbano (zonas norte, sul, centro, leste e oeste) onde se sorteou 10,0% dos bairros, totalizando 23 e realizou-se o censo. Na avaliação da influência do meio e manejo sobre o estoque de C e biomassa empregou-se regressão múltipla verificando-se a interdependência. A quantidade total de biomassa acumulada no perímetro inventariado foi de 1.696,4 Mg e de C foi de 734,9 Mg, e para o perímetro urbano foi de 16.673 Mg de biomassa e 7.695,6 Mg de C estocados. A zona norte apresentou maior representatividade (53,1%) no estoque de C. A compartimentalização do estoque de C foi: galhos>madeira do tronco>folhas>casca do tronco. Os principais fatores que influenciaram o estoque de C foram: poda de levantamento e copa “vigorosa” (folhas); poda de levantamento, copa “vigorosa” e tronco “íntegro”(galhos); presença de fungos e copa “vigorosa” (casca); copa “vigorosa” e troncos “injuriosos” (madeira); poda de levantamento, copa “vigorosa” e troncos “injuriosos” (carbono total). Para a construção de protocolos de sequestro de C em árvores viárias é crucial o estudo do crescimento das árvores no meio urbano para observar as respostas do crescimento destas, e implementação de um manejo adequado para um o contínuo incremento do estoque de C nestas.

Palavras-chave: Silvicultura urbana; Sequestro de carbono; Qualidade ambiental

ABSTRACT

Evaluation of potential carbon stock in Sibipiruna (*Poincianella pluviosa* var. *peltophoroides* (Benth.) L. P. Queiroz) planted in the urban area in Maringá – PR.

The study aimed to quantify sibipiruna trees (*Poincianella pluviosa*) carbon stock (C) and biomass, planted in the streets of Maringá, PR. Sample trees selection was based on the database for trees removal belonging to Maringá city hall. After that, trees were measured, evaluating: total height (T_h), height at first fork (H_{aff}), height of the first live branch (H_{oflb}), canopy height (C_h), crown area (C_a) and diameter at breast height (DBH). For the management and urban environment conditions, the following parameters were considered: open area, type of pruning, plant health, crown and trunk quality. Twenty-four (24) trees were with a DBH ranging from 45.1 to 70.0 cm, were selected. In felled trees, fresh biomass was measured (wood, bark, branches and leaves). For crown sampling, a sub-sample (10.0 kg) for leaves and fine branches was done and an amount of each component was taken for dry weight and C determination. Crown fresh weight (leaves and fine branches, thick branches and wood) was determined to load balance (10,000.0 kg). Wood sampling was done through disks (5.0 cm thickness) removal in the base, at DBH and at 90% of trunk length. Bark was removed from the disks, weighed and an amount aliquot taken for determination of dry matter and C. Samples were sent to Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Dois Vizinhos and oven (with air renovation and circulation), at 70.0 ° C for 72 hours. In wood fraction, a composite sample from the tree's disks was done. After that, the fractions were weighed and milled for chemical analysis. Based on the relations between C amount and biomass and the dendrometric variables, were constructed linear regression models for each fraction. Inventory to determine C stock came from urban area stratification (northern, southern, central, east and west) where 10.0% of these neighborhoods were refilled, totalizing twenty-three (23); and them census was done. When evaluating the environment influence and the management on C stock and biomass, a multiple regression was used verifying interdependence. The total biomass accumulation by in the inventoried area was 1696.4 Mg, with 734.9 Mg C and for the urban area was 16,673.0 Mg of biomass and 7,695.6 Mg C storage. Northern area showed higher representativeness (53.1%) in C stock. The compartmentalization of C stock was: branches > wood > leaves > bark. Main factors that influenced the C stocks were: crown lifting pruning and vigorous crown (leaves); survey crown lifting pruning, vigorous crown and intact trunk (branches); fungi presence and vigorous crown (bark); vigorous crown and trunks injuries (wood); crown lifting pruning, vigorous crown and trunks injuries (total carbon). For the construction of protocols C sequestration in trees road is crucial to study the growth of trees in the urban environment to observe the growth of these answers, and implantation of appropriate management for a continuous increase in C stock these.

Keywords: Urban Forestry; Carbon sequestration; Environmental quality

1 INTRODUÇÃO

As árvores, no ambiente urbano, dinamizam a paisagem, estimulam os sentidos, delimitam espaços e a percepção visual, produzem abrigo e alimentação à fauna, purificam o ar, reduzindo os teores de CO₂, fixam poeira e gases poluentes, enriquecem o solo, absorvem ruídos (barreiras acústicas), regulam a chuva, participam do ciclo hidrológico e influenciam o clima (WEINGARTNER, 2001).

Portanto, o ato de arborizar cidades surgiu da necessidade de se manter o vínculo com a natureza, compensando, de certa forma, as angústias criadas pelas complexidades da civilização moderna, pois a arborização urbana humaniza os espaços das cidades, permitindo que se desfrute a denominada “qualidade de vida urbana” (STRINGHETA, 2005).

Atualmente, existe uma tendência cada vez mais frequente de se analisar as cidades como sistemas integrados, vivos, onde os diferentes componentes interagem com o bom funcionamento do todo, dependendo da eficiência de cada uma das partes, e garantam-as ao homem urbano as condições mínimas para uma vida saudável (TEIXEIRA, 1999).

Nas últimas décadas, houve um aumento exponencial de gases na atmosfera, principalmente do CO₂, o que tem gerado sérias modificações na ordem climática global, sendo sentidas, principalmente, nos centros urbanizados.

Neste sentido, Alvarez et al. (2002) colocam que os parâmetros prioritários para se criar modelos de avaliação da qualidade do verde nas cidades são: temperatura, hidrologia (permeabilidade), potencial de fixação de carbono e diversidade de espécies, uma vez que a análise do verde urbano, como subsídio para planejar cidades mais sustentáveis, no futuro, deve contemplar a minimização dos efeitos provocados pela urbanização.

Com base nas premissas apresentadas acima, o presente estudo tem como expectativa apresentar diretrizes de técnicas de manejo destinadas a órgãos públicos gestores da arborização, desde a implantação até o destino de resíduos gerados pela supressão de árvores viárias de Sibipiruna (*Poincianella pluviosa* (Benth.) L. P. Queiróz) para que se maximize o potencial de fixação de carbono atmosférico e, por conseguinte, a proposição de uma metodologia de quantificação de Carbono orgânico (C) adequada para as peculiaridades apresentadas por árvores implantadas no meio urbano.

1.1 Hipóteses do estudo

O presente estudo se norteia com base nas seguintes hipóteses formuladas:

H1: Os modelos matemáticos com melhores parâmetros de seleção, para a descrição do acúmulo de biomassa e carbono nas frações e na árvore total dos indivíduos de Sibipiruna são uma função do DAP, altura total, altura de bifurcação, altura de copa e área de copa;

H2: A compartimentalização da biomassa e do estoque de carbono entre as frações das árvores da espécie apresenta-se prioritariamente na copa (galhos e folhas) em detrimento do tronco (madeira e casca);

H3: O potencial dos indivíduos da espécie em acumular carbono varia em função da biomassa e não do teor de carbono em cada fração;

H4: Os fatores de implantação, manejo, fitossanidade e de vigor nutricional influenciam diretamente na capacidade de acúmulo de biomassa, e conseqüentemente, no potencial de fixar carbono atmosférico pelas árvores da espécie no meio viário.

1.2. Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Com base nos argumentos ressaltados, o presente estudo tem por objetivo geral:

Quantificar o potencial de indivíduos de Sibipiruna (*Poincianella pluviosa* (Benth.) L. P. Queiroz) implantados nas vias públicas de Maringá, PR, em estocar carbono (C) em sua biomassa e avaliar a influência de fatores de implantação, manejo, fitossanidade e vigor fisiológico sobre o comportamento deste elemento, nos indivíduos.

1.2.1.1 Objetivos específicos

Com base nas hipóteses formuladas, o presente estudo apresenta como objetivos específicos:

- Realizar a construção de modelos matemáticos para a descrição do carbono acumulado e biomassa da espécie Sibipiruna (*Poincianella pluviosa*), na área urbana de Maringá - PR;
- Avaliar a compartimentalização da biomassa e do estoque de carbono em indivíduos de Sibipiruna (*Poincianella pluviosa*) implantados na arborização viária de Maringá – PR, nas frações (folhas, galhos, madeira e casca do tronco) estudadas;
- Analisar a influência de variáveis do manejo de árvores urbanas viárias (poda, área livre (canteiro), fitossanidade) e do vigor das árvores (qualidade de copa e tronco) sobre o acúmulo de biomassa e no potencial de sequestro de carbono, pela espécie.

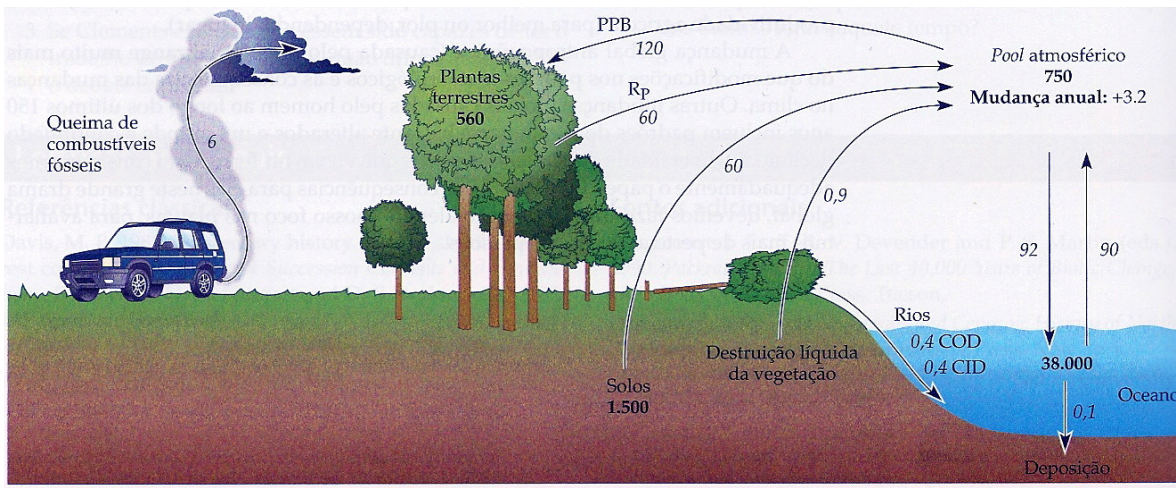
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O ciclo do carbono e os efeitos das mudanças climáticas no ambiente urbano

O carbono é um elemento químico metalóide, encontrado na natureza ou na forma cristalizada que, juntamente com o hidrogênio, forma um dos elementos básicos na estrutura dos compostos orgânicos, sendo componente primário da matéria viva, formando em torno de 400 mil compostos. A importância do ciclo do carbono nos ecossistemas se apresenta no sentido de que este serve como um produtor-estocador de todo o CO₂ presente no ar, pois caso não houvesse a reposição deste elemento, este seria exaurido do planeta em menos de 20 anos, tendo em vista a fotossíntese atual (BRINKSTER, 2002).

Segundo Odum (2001), o ciclo do carbono é caracterizado por apresentar um depósito atmosférico relativamente pequeno, porém bastante ativo e vulnerável às perturbações antrópicas, ocasionando alterações diretas no clima do planeta.

Hosokawa (2003) afirmou que tal efeito perturbatório das ações antrópicas tem se efetivado, principalmente, nas últimas décadas, onde se observou um crescimento desordenado da massa de seres humanos. Em virtude disso, formou-se um nível de saturação na biosfera onde a relação de produção e consumo foi profundamente alterada, desequilibrando, por fim, a relação harmoniosa que existia entre a litosfera, hidrosfera, atmosfera, fitosfera e antroposfera. Anualmente, são liberadas 6 Gt (Gigatonelada) de carbono, devido à queima de combustíveis fósseis e 2 a 4 Gt, em consequência da destruição das florestas. Deste montante, 6 Gt C são teoricamente fixados, por meio do ciclo do carbono, nos oceanos e, aproximadamente, 3 Gt C permanecem na atmosfera, aumentando o efeito estufa (Krapfenbauer, 1991), como pode ser visto na Figura 1.



Fonte: GUREVITCH, SCHEINER e FOX (2009).

Figura 1 - Ciclo global do carbono, os números demonstram os valores para os principais pools globais (em unidades de 10^{15} g C, em negrito)

As primeiras alterações no ciclo do carbono e as possibilidades de alterações climáticas globais foram identificadas ainda na década de 1960, pelas medições da concentração de CO_2 , na base de Mauna Loa, no Havaí. A concentração vem aumentando na razão de 0,2% ao ano desde 1958, e projeções do cenário futuro demonstram um aumento de 18% na média anual de concentração, de 315,98 ppmv (partes por milhão em volume) de ar seco em 1959 para 375,95 ppmv em 2002, o que equivaleria a um aumento de 0,5°C na temperatura do planeta (ROAF, CRICHTON e NICOL, 2009).

No ambiente urbano, Lombardo (1990) afirma que a concentração de poluentes, como o dióxido de carbono (CO_2), é uma das principais causadoras de alterações na ordem climática urbana, servindo como principal indicador de degradação ambiental na área urbanizada, se refletindo diretamente na qualidade de vida da população.

Conforme Satterthwaite (2008), em nível global, as cidades são responsáveis por 75 a 80% das emissões de gases do efeito estufa. Somente no ano de 2004, as áreas urbanas foram responsáveis por 57% das emissões de CO_2 , contribuindo para o aumento do efeito estufa em 77%. Em relação ao zoneamento de áreas de uso dos centros urbanos, as maiores emissões ocorrem em áreas que concentram uma grande proliferação de consumo de produtos e serviços pelo elevado consumo energético e de combustíveis fósseis nestes locais.

As emissões de CO_2 diferem enormemente entre os países do mundo, tanto na quantidade total liberada para a atmosfera em cada país, quanto ao que cada pessoa é responsável pela produção. Neste sentido, conhecer a densidade demográfica e o padrão de vida da população é crucial na avaliação das emissões (GUREVITCH, SCHEINER e FOX, 2009).

Cerri et al. (2009) citam que as emissões de CO₂ pela queima de combustíveis fósseis, que é a principal fonte emissora no meio urbano no Brasil, durante o período de 1990 a 2005, passaram de 207,4 Mg para 347,0 Mg de CO₂, representando um aumento na ordem de 44,4% da concentração deste poluente na atmosfera.

Conforme Earth's CO₂ (2012) as emissões globais de Dióxido de Carbono (CO₂) giram na cifra de 391,1 ppm's no mês de setembro de 2012. Para Baird (2002), a qualidade de vida e saúde humana nos centros urbanos, frente às mudanças climáticas, será afetada consideravelmente, com a ocorrência de mais ondas de calor extremo durante os verões, em conjunto com o aumento no número de dias de calor intenso, principalmente nas zonas temperadas, afetando as pessoas mais sensíveis a esses fenômenos (crianças, idosos e pessoas com enfermidades respiratórias crônicas, doenças cardíacas e hipertensão), sendo este problema particularmente mais grave para as pessoas de menor poder aquisitivo, com menor acesso às instalações com aparelhos de ar-condicionado.

Além disso, são indicados possíveis aumentos nos índices de violência doméstica e de perturbações da ordem pública, episódios que costumam acontecer com mais frequência durante as épocas de maior calor (BAIRD, 2002).

2.2 Potencial de estoque de carbono por árvores urbanas

Com base nestes aspectos, FAMURS (2001) ressalta que a inserção das árvores no ambiente urbano apresenta a inquestionável função de melhoria da qualidade ambiental, com ação purificadora do ar, pela função clorofítica. Essa função se realiza utilizando como mecanismo a fotossíntese realizada pela captação de luz solar, por meio da qual as plantas absorvem CO₂, eliminando oxigênio, efetuando sínteses biológicas, principalmente de glicídios. Deve-se considerar, portanto, a função clorofítica como base da vida, já que constitui a única fonte hoje conhecida para a regeneração do principal elemento da respiração, por isso, a enorme importância que apresenta a manutenção e criação de espaços vegetados.

Segundo a Agência de Registros de Ações de Controle Climático da Califórnia - USA (California Climate Action Registry (CCAR)) (2008) por meio do “**Protocolo de Árvores Urbanas**” criado recentemente, as árvores apresentam duas funções básicas dentro do clima urbano e sobre as concentrações de CO₂ na atmosfera: a) em primeiro lugar, as árvores, no entorno das construções, podem reduzir aquecimento e o uso de ar condicionado, reduzindo assim as emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE) associadas ao consumo de eletricidade, gás natural e óleo combustível; b) Em segundo lugar, quando as árvores morrem, o carbono

armazenado é liberado para a atmosfera por meio da decomposição; no entanto, se a biomassa das árvores removidas é utilizada como matéria-prima para usinas elétricas, as emissões de GEE que teriam ocorrido com outras fontes de combustível são totalmente mitigadas.

Portanto, o conhecimento do potencial de fixação de carbono pela arborização já existente é primordial como base do planejamento de projetos em novas ruas e praças, bem como de re-adequação da arborização já existente, priorizando espécies que cumpram sua função estética, funcional e ecológica, minimizando impactos negativos que a poluição causa nas pessoas que vivem em meio a ela, principalmente física e psicologicamente.

McHale, McPherson e Burke (2007) argumentam que a inserção da floresta urbana no mercado de créditos de carbono traria consideráveis aportes financeiros e incentivo à promoção da arborização dentro dos centros urbanos, uma vez que os recursos para este fim, dentro dos órgãos públicos, são extremamente escassos.

Neste sentido, estudos como de Brack (2002), sobre o potencial de estoque de carbono em árvores urbanas nas vias públicas e parques urbanos em Canberra, Austrália, são de vital importância para a melhoria da qualidade ambiental de centros urbanos e também na qualificação destas para o mercado de “*commodities ambientais*”. Com base no modelo matemático (DISMUT), o autor verificou que nas 400.000 árvores implantadas no perímetro urbano, ocorreu um acúmulo de 13.000 t de C estocadas na arborização viária e 17.200 Mg de C armazenadas nas árvores implantadas em parques. Com base neste autor, se a Mg fosse convertida ao valor de US\$ 10,00 Mg⁻¹, obteriam valores de US\$130.000,00 provenientes do C da arborização viária e US\$ 170.000,00 referentes às árvores implantadas nos parques urbanos, resultando num montante de US\$ 300.000,00, e, por habitante, isto equivaleria à ordem de US\$ 66,00 a 223,00 hab⁻¹.

Nowak e Crane (2002) estimaram o sequestro de C de árvores no ambiente urbano de dez cidades dos Estados Unidos (EUA) e obtiveram valores de 700 milhões de t de C seqüestradas somente na arborização urbana, e um sequestro anual de 22,8 milhões de t. Os autores salientam a grande necessidade de estudos da dinâmica de crescimento, regeneração e mortalidade das árvores no ambiente urbano, visando dar maior embasamento ao entendimento do potencial e da dinâmica do processo de sequestro de carbono por essas árvores.

Nowak e Dwyer (2007), estudando o carbono estocado por árvores urbanas em Illinois (EUA), verificaram valores na ordem de 140.600 Mg de C. Estes autores citam também que o incremento médio de carbono em árvores de médio a grande porte, implantadas no meio urbano no hemisfério norte seria de 93 kg C ano⁻¹ indivíduo⁻¹. Dentro deste âmbito pode-se

afirmar que, para condições tropicais como as do Brasil, onde as taxas de crescimento de espécies arbóreas são mais altas que as taxas de crescimento em clima temperado, estas venham a apresentar um incremento em carbono bem mais expressivo.

Stoffberg et al. (2010) estimaram que o estoque de carbono sequestrado por 12 espécies nativas da savana africana implantadas na arborização viária de Tshwane na África do Sul, observaram um montante de 200,4 Mg de CO₂ e 54,6 Mg de C convertidas em biomassa nos tecidos destas árvores, durante um período de 30 anos (2002 – 2032) correspondente desde seu plantio até a sua substituição, sendo que a renda gerada por este benefício ambiental resultou em uma cifra de US\$ 3.000.000,00

Imañas Encinas et al. (2009), avaliando o potencial de sequestro de carbono por um bosque de *Pinus elliottii* implantados no Parque Dona Sarah Kubitschek em Brasília – DF, verificaram uma quantidade de CO₂ fixado na biomassa lenhosa das árvores de 626,5 toneladas, que correspondem a um valor de US\$ 7.518,00, caso este potencial de sequestro fosse convertido em um projeto de créditos de carbono, ao valor de US\$ 12,00 a tonelada de CO₂. Os autores ressaltam ainda que o emprego do carbono sequestrado por árvores urbanas é uma importante forma de valoração ambiental e de conservação de parques e florestas urbanas.

Nicodemo e Primavesi (2009) destacam que a valoração dos benefícios ambientais propiciados pela arborização urbana, em especial o potencial de sequestro de carbono, seria uma importante ferramenta como subsídio para políticas públicas, uma vez que estaria baseada na relação de valor, considerando a maneira pela qual as mudanças nos processos ecológicos alteram a qualidade ambiental e se refletem na comunidade urbana.

Johnson e Gerhold (2003) colocam que a elaboração de métodos precisos para a quantificação do carbono em florestas urbanas é de vital importância para a habilitação destas áreas no mercado de créditos de carbono, garantindo, às administrações públicas, um maior retorno financeiro para o investimento na implantação e manutenção das áreas verdes.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Descrição da área de estudo

O presente estudo foi realizado na área urbana do município de Maringá, PR, que se encontra localizado a 23° 25' 30'' de Latitude Sul e 51° 56' 20'' de Longitude Oeste, sendo sua área urbana equivalente a 128,26 km², com uma população de 357.077 habitantes (IBGE, 2010), como pode ser observado na Figura 2.



Fonte: Site Maringá.com (2009).

Figura 2 - Localização do município de Maringá – PR em destaque

O processo de urbanização de Maringá começou pela década de 40, onde a Companhia Melhoramentos Norte do Paraná (CMNP) responsabilizou-se pela implantação de núcleos urbanos, sendo oficialmente fundada em 1948. A CMNP contratou o arquiteto e urbanista Jorge Macedo Vieira (1894-1978) que criou um projeto considerado, na época, um dos mais arrojados e modernos, seguindo largas avenidas, muitas praças e espaços para árvores, de acordo com as características topográficas da área, a proteção e preservação do verde nativo, tudo conjugado com a organização do uso do solo. A preservação da natureza na cidade se impõe pela sua farta arborização, com 40m² de área verde por habitante (27 m² correspondente à arborização de ruas e praças e 13m² a reservas e parques, no perímetro

urbano) (SECRETARIA DE SERVIÇOS PÚBLICOS E MEIO AMBIENTE, 2003) (Figura 3).



Figura 3 - Aspectos da arborização viária de Maringá – PR: A) Vista dos túneis verdes de Sibipirunas (*Poincianella pluviosa*) em vias públicas da cidade; B) Vista parcial da arborização viária central do município

Para a coleta do material, visando à quantificação de biomassa e do carbono nos tecidos da espécie estudada, conforme o Plano de Supressão do Setor de Arborização da Secretaria de Serviços Públicos de Maringá, foi selecionado o Bairro Cidade Alta, que encontra-se localizado na Zona Leste do perímetro urbano de Maringá, nas coordenadas 23°27'45,5'' de Latitude Sul e 51°55'9,2'' de Longitude Oeste, caracterizado como uma área estritamente residencial. O plantio dos indivíduos avaliados é datado dos anos de 1979 e 1980, estando as árvores com 32 anos de idade, conforme informações de moradores mais antigos do local e dos técnicos do Setor de Arborização Urbana da Secretaria de Serviços Públicos, e se deu juntamente com loteamento do local.

O clima do município, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa, ou seja, subtropical úmido com chuvas abundantes no verão e geadas pouco frequentes no inverno e uma temperatura média anual de 21,9°C (MAACK, 1968).

Os solos da área urbana do município classificam-se como Nitossolos vermelhos, Latossolos Roxos, Latossolos Vermelho-Escuro e também se verifica a ocorrência de manchas de Neossolos Litólicos (EMBRAPA, 2006).

3.2 Descrição botânica da espécie estudada

Sibipiruna (*Poincianella pluviosa* (Benth.) L. P. Queiroz)

Árvore de médio porte, nativa do bioma Mata Atlântica, pertencente à família Fabaceae, apresenta folhas compostas bipinadas. As flores apresentam coloração amarelada, dispostas em racemos terminais que se destacam na copa, conferindo-lhe grande efeito ornamental, sendo que o período de floração na floresta ocorre nos meses de agosto a novembro. Os frutos são legumes, cuja maturação ocorre entre os meses de julho a setembro (MARCHIORI, 1997).

A espécie se desenvolve bem em solos de fertilidade química média, desde que o lençol freático não esteja muito próximo à superfície. Além deste aspecto, destaca-se como principal praga as coleobrocas da família Scolytidae (CARVALHO, 2008).

Em relação ao comportamento fenológico no meio urbano, em função das práticas de manejo, como a poda, observa-se que a espécie apresenta-se extremamente sensível a tal, principalmente na fase de floração, na formação de botões florais.

Brun et al. (2007) relatam que, quando realizada a poda, a espécie tende a propiciar a abscisão prematura da floração e redução do período de floração, recomendando somente a realização de podas leves ao final do ciclo fenológico, ou seja, na queda dos frutos maduros. Na Figura 4 observa-se exemplar de *Poincianella pluviosa* e suas fenofases.



Figura 4 - Exemplar de Sibipiruna (*Poincianella pluviosa*), sua floração e frutificação

Lorenzi (1998) cita que a espécie é extremamente ornamental, principalmente quando em flor. É muito empregada no paisagismo em geral, com crescimento rápido, apresentando

alta rusticidade, sendo recomendada para uso em vias públicas (SANTOS e TEIXEIRA, 2001).

Além destes aspectos, Silva et al. (2009) relatam que a espécie apresenta também grande benefício ambiental no ciclo hidrológico urbano, pois se verifica um potencial médio de interceptação de 60,6% da precipitação pluviométrica, com chuvas variando de 0,2 a 30,8 mm, o que representa uma importante forma de contenção de enchentes no meio urbano.

Em relação à melhoria climática e conforto térmico da população, Mascaró e Mascaró. (2005) citam que a espécie apresenta um potencial de redução da temperatura em vias arborizadas, no período de verão, de até 9°C e um aumento na umidade relativa do ar de 15% devido, principalmente à densidade e área ocupada pela sua copa.

O emprego da Sibipiruna na arborização de vias e espaços públicos de Maringá – PR tem uma participação de 43,6%, o que representa um total de 12.267 indivíduos (SAMPAIO, 2006).

3.3 Ordenamento dos procedimentos metodológicos

Para a coleta e processamento dos dados de acúmulo de biomassa e do estoque de carbono obedeceu-se ao seguinte ordenamento metodológico, conforme apresentado na Figura 5.

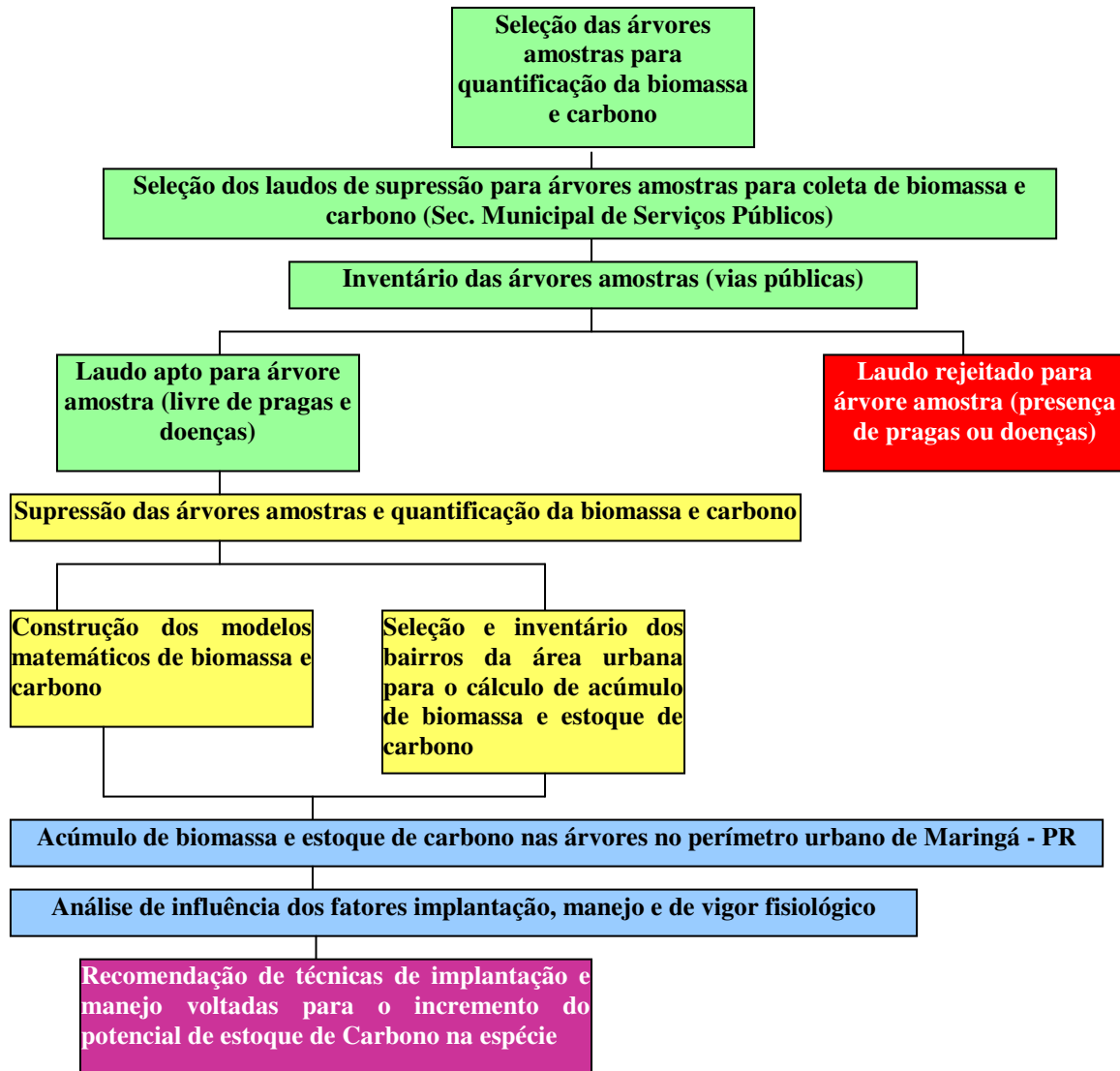


Figura 5: Organograma do ordenamento do procedimento metodológico para a obtenção do acúmulo de biomassa e estoque de carbono em árvores viária de Sibipiruna (*Poincianella pluviosa* (Benth.) L. P. Queiróz) em Maringá – PR.

3.3.1 Seleção das árvores amostras

Para a seleção das árvores amostra, visando à quantificação do teor de carbono, partiu-se do Banco de Dados de laudos de supressão do Serviço de Atendimento ao Município da Prefeitura de Maringá (156), gerenciado pela Secretaria de Serviços Públicos (Setor de Arborização Urbana) e fez-se uma pesquisa das condições fitossanitárias relatadas nos laudos e motivos do corte dentre as árvores que estavam selecionadas para supressão. Para o estudo, foram selecionadas somente árvores suprimidas por motivo de levantamento de calçadas e danos a construções, e livres de pragas (cupins) e doenças (podridões).

Com base nestas condições, foram avaliados 57 laudos de supressão de Sibipirunas (*Poincianella pluviosa*) no Bairro Cidade Alta, expedidos pelos técnicos do Setor de Arborização Urbana da Secretaria de Serviços Públicos de Maringá – PR. Desses, 33 indivíduos (laudos) apresentaram condições adequadas para a seleção como árvores amostra.

Após a seleção dos exemplares por meio dos laudos partiu-se para a aferição das condições dos exemplares selecionados “*in loco*” e também a avaliação dendrométrica onde se observou: altura total (h_t), altura da primeira bifurcação (h_{bif}), altura do primeiro galho vivo (h_{galho}), aferidas com auxílio de Hipsômetro Vertex III; área de copa (A_c) calculada com base na medida de 4 raios eqüidistantes 90° entre si com o emprego de trena métrica de 30 m, e por fim a medição do diâmetro à altura do peito (DAP) com Suta Dendrométrica. A altura de copa (h_c) foi determinada pela diferença da altura total pela altura da 1ª bifurcação dos indivíduos mensurados.

Para a avaliação das condições do manejo e do meio urbano, consideraram-se as seguintes variáveis, aferidas por meio de diagnose visual:

a) Área livre ou canteiro - Espaço sem pavimento deixado no passeio público (calçada) para o desenvolvimento do sistema radicular das árvores e possibilitar a infiltração de água e aeração do solo. Foram observados os seguintes aspectos, referente ao tamanho desta, atribuindo-se o respectivo código numérico correspondente:

- 1) Área livre inexistente
- 2) Área livre $< 0,5 \text{ m}^2$
- 3) Área livre com tamanho entre $0,5$ a 1 m^2
- 4) Área livre com tamanho de 1 m^2
- 5) Área livre $> 1 \text{ m}^2$

As variáveis como tipo de poda, fitossanidade, qualidade de copa e qualidade de tronco dos exemplares amostrados foram adaptadas de Meneghetti (2003), às condições e do tipo de manejo aplicados no local de estudo.

b) Tipo de poda realizada nos exemplares - Refere-se à avaliação do tipo de poda empregado para condução e adequação da árvore (manejo) em relação seus conflitos com as infra-estruturas urbanas. Onde foram observados os seguintes tipos:

1) Poda de levantamento de copa - Neste tipo de poda o objetivo é elevar a copa da árvore a uma altura compatível com a passagem de pessoas e o trânsito de veículos; além destes aspectos, esta poda melhora a arquitetura da planta e amplia os níveis de iluminação diurna e noturna das ruas, aumentando os “cones de luz” (CRESTANA et al., 2007).

- 2) Poda de liberação de fiação aérea em “V”

3) Poda de liberação de fiação aérea em “U”

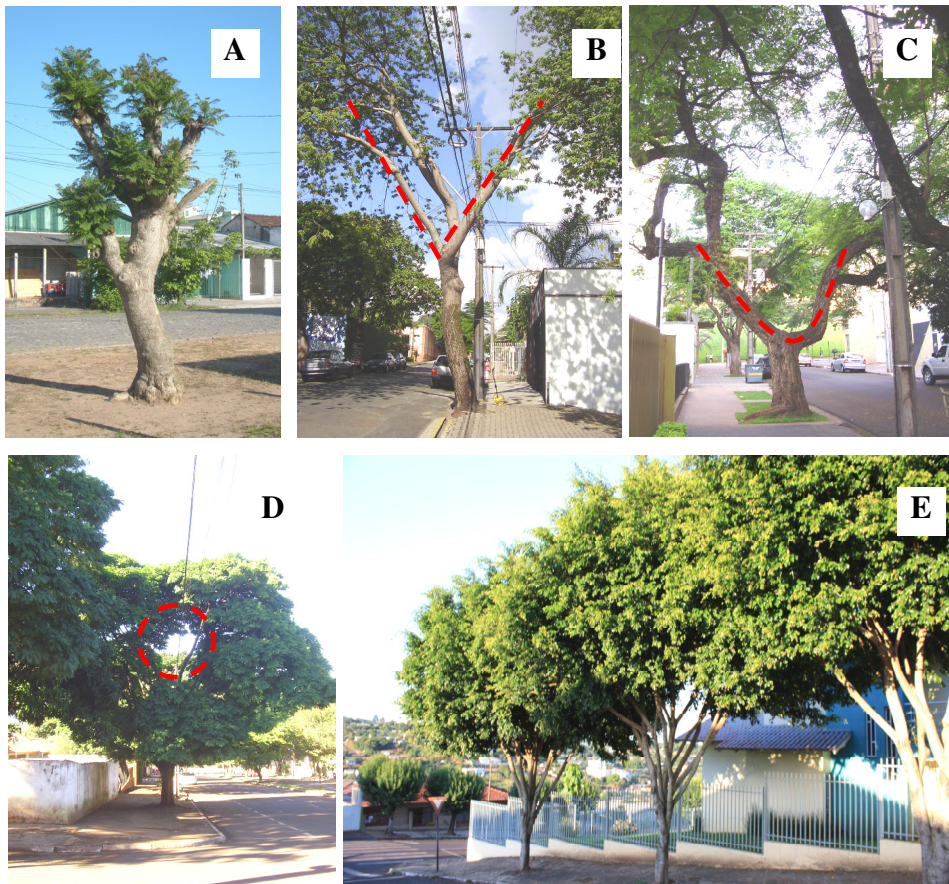
4) Poda drástica - São podas praticadas com uma alta intensidade de redução da copa, ou até mesmo a supressão total da mesma, com finalidade de evitar a interferência na fiação aérea, na iluminação e mesmo nas construções, ou por questões culturais.

5) Poda em furo

6) Poda de raiz

7) Árvore não podada

Na Figura 6, apresentam-se exemplos ilustrativos dos diferentes tipos de poda da copa avaliados no presente estudo.



Fotos: Brun, F. G. K (arquivo pessoal)

Figura 6 - Alguns exemplos dos tipos de podas avaliados: A) poda drástica de rebaixamento de copa em Jacarandá-mimoso (*Jacaranda mimosaeifolia*); B) Poda em formato de “V” em Angico-branco (*Anadenanthera macrocarpa*); C) Poda em formato de “U” em Tipuana (*Tipuana tipu*); D) Poda em formato de “furo” em Sibipiruna (*Poincianella pluviosa*); E) Poda de levantamento de copa em Figueira-de-jardim (*Ficus benjamina*)

Para o diagnóstico da ocorrência de poda de raízes nos indivíduos procedeu-se por meio de diagnose visual de sinais cortes ou cicatrizações das raízes superficiais, inclinação do tronco e sinais de reforma do calçamento ou manta asfáltica da via conjuntamente com o

recolhimento de depoimentos da população sobre o período e intensidade de realização desta prática.

c) Fitossanidade dos Espécimes (F) – Refere-se ao estado fitossanitário (pragas e doenças) dos indivíduos, onde se observou:

1) **Árvore sadia** – indivíduo que não apresentava nenhum tipo de praga, hemiparasita ou doença;

2) **Árvore atacada por cupim** – indivíduo com ataque de cupins;

3) **Árvore com presença de hemi-parasitas** – indivíduo com infestação de ervas-de-passarinho;

4) **Árvore com presença de fungos apodrecedores** – indivíduos com podridões de madeira no tronco;

Com base na análise deste parâmetro, os indivíduos que apresentassem ataque por cupim, presença de corpos de frutificação fúngica ou oramento pelo apodrecimento do tronco eram eliminados da amostragem para quantificação do teor de carbono orgânico. Visou-se, com isso, evitar problemas de subestimação nos teores de carbono pela perda de vigor nutricional e fisiológico, que pode ser causada por problemas fitossanitários.

Porém, durante a realização do inventário do patrimônio arbóreo da espécie e posteriormente, para as estimativas do acúmulo de biomassa e estoque de carbono dos indivíduos implantados nas vias públicas da área urbana do município, consideraram-se os indivíduos que apresentavam ataques de cupins, podridões e oamentos.

Tal medida metodológica visa à obtenção do valor e potencial real destes indivíduos, eliminando, assim, a obtenção de uma quantificação superestimada e também para que se obtenham informações de como estes parâmetros influenciam no comportamento de assimilação e estocagem de carbono orgânico pelos indivíduos avaliados.

d) Qualidade de Copa (Qc) – Objetiva avaliar o vigor físico da copa, sendo classificada em:

1) **Copa Vigorosa** – Aparentemente sadia, ou seja, sem presença de profusão de ramificações epicórmica, que a árvore não apresentasse sintomas de clorose das folhas na copa e ramos secos;

2) **Copa Epicórmica** – Com profusão de brotos ou ramos “ladrões”;

3) **Copa Clorótica** – Apresentando clorose generalizada da copa;

4) **Copa Estressada** - Copa apresentando queda anormal de folhas e ramos ou com redução do tamanho de folhas em comparação com outras árvores da mesma espécie, seca de ponteiros, associados ou não à presença de doenças ou pragas.

e) **Qualidade de tronco (Qt)** – Objetiva avaliar a integridade e vigor físico do tronco, onde se observou:

- 1) **Íntegro** – Tronco sem ferimentos, cavidades visíveis ou anelamentos;
- 2) **Injuriado** – Com ferimentos (com ferimentos na casca por pregos ou acidentes (danos mecânicos);
- 3) **Oco** – Com cavidades visíveis;
- 4) **Anelado** – Quando efetuado o anelamento completo e irreversível;

Além destes aspectos avaliados, cada árvore amostra foi georreferenciada com auxílio de GPS E-trex Garmim para a sua posterior localização em mapa.

3.3.2 Coleta de biomassa e quantificação do teor de carbono orgânico

De posse dos dados do inventário das árvores amostra da espécie estudada na área do bairro Cidade Alta, dos 33 laudos aptos para árvores-amostras foram selecionadas 24 árvores de Sibipiruna, compreendendo um intervalo diamétrico de 45,1 cm a 70,0 cm, isto se deu, as alturas das mesmas estarem acima de 20,0 metros e sob fiação de alta tensão, as mesmas foram descartadas, pois o caminhão cesto empregado na operação tinha uma capacidade de alcance máxima de 13,0 m.

Dessa forma, os cortes teriam que ser realizados acima de tal altura, por meio de escalada do funcionário, ação que sob uma fiação de alta tensão ligada geraria riscos de vida tanto ao funcionário que estava executando o corte como aos demais funcionários e técnicos envolvidos.

A distribuição das árvores-amostras que se encontravam distribuídas ao longo das vias pode ser observada na Figura 7.



Fonte: GOOGLE EARTH (2007).

Figura 7 - Localização das árvores amostra ao longo das vias públicas do Bairro Cidade Alta, em Maringá – PR

Para o procedimento de supressão das árvores amostra contou-se com o emprego de um caminhão cesto e equipe de supressão do Setor de Arborização Urbana da Secretaria de Serviços Públicos da Prefeitura Municipal de Maringá – PR, como pode ser observado na Figura 8.



Figura 8 - Processo de supressão das árvores amostra de carbono nas vias do bairro Cidade Alta, Maringá – PR (2009)

Depois de abatida a árvore, aferiu-se a biomassa fresca de cada árvore, separada nas frações lenho do tronco, casca do tronco, galhos e folhas.

Para galhos e folhas, devido às grandes dimensões das copas dos indivíduos selecionados, optou-se pelo emprego de uma sub-amostragem para as frações folhas e galhos

finos, objetivando, posteriormente, estabelecer uma proporcionalidade de peso entre essas duas frações.

Para isso, uma amostra composta de galhos com folhas, de aproximadamente 10,0 kg de peso, foi retirada da copa, de diferentes pontos da mesma. Esses galhos tiveram, primeiramente, suas folhas separadas dos galhos, sendo ambas as frações pesadas em balança digital com precisão de 0,01 g. Dessas duas frações originadas da sub-amostra, era retirada uma alíquota cada, ambas devidamente identificadas, para o encaminhamento para análise e quantificação do teor de carbono em laboratório, como pode ser observado na Figura 9.



Figura 9 - Sub-amostragem de folhas e galhos finos para o estabelecimento da proporcionalidade das frações na copa das árvores abatidas

Para a determinação da biomassa de galhos de grandes dimensões, de cada árvore foram retirados 3 discos de madeira de 3,0 cm de espessura cada. Esses discos foram igualmente pesados quanto ao seu peso úmido, embalados, identificados e enviados para laboratório, visando determinação de massa seca e teor de carbono.

A aferição do peso úmido de toda a copa (folhas e galhos finos) e galhos grossos, essas frações foram devidamente separadas durante a supressão das árvores-amostras, colocadas em caminhões, de forma separada, sendo encaminhados para o pátio de máquinas da Secretaria de Serviços Públicos e pesadas em balança de carga (10.000,0 kg), conforme a Figura 10.



Figura 10 - Separação do material de copa: A) Folhas e galhos finos; B) Aspecto dos galhos de grandes dimensões retirados em árvores amostra abatidas no Bairro Cidade Alta, Maringá – PR (2010)

Para a quantificação da biomassa de madeira do tronco, considerou-se como tal fração toda a madeira existente desde o nível do solo até a primeira bifurcação. Para a amostragem de cada tronco, foram retirados 3 discos de 5 cm de espessura nas posições da base, do DAP (1,3 m acima do nível do solo) e a última a 90,0 % da altura total do mesmo, portanto próximo da primeira bifurcação.

A casca foi separada de cada disco, com auxílio de martelo de construção e facão, sendo pesada em balança digital de 5,0 kg e retirada uma alíquota amostral com cerca de 500,0 g, visando a determinação de massa seca e teor de carbono orgânico nesta fração.

Após a retirada da casca, os discos de cada tronco foram devidamente pesados em balança de gancho digital com capacidade para 300,0 kg, sendo devidamente identificados para a posterior retirada de amostras de madeira para quantificação do teor de carbono, na fração.

A cubagem rigorosa do tronco foi realizada conforme descrito em Finger (1992), com a medição do diâmetro dos discos retirados, com e sem casca, seguido da medição da altura e diâmetro do toco remanescente, conforme ilustrado na Figura 11.



Figura 11 - Procedimento de corte e amostragem da madeira do tronco: A) Procedimento de corte do tronco; B) Demarcação dos locais de retirada dos discos amostrais; C) Retirada do disco de madeira na posição da base do tronco; D) Pesagem dos discos em balança de gancho das árvores amostra abatidas no Bairro Cidade Alta, Maringá – PR; E) Acondicionamento dos discos de amostragem da fração madeira (2010)

Após a retirada de amostras das frações, o restante da madeira do tronco foi encaminhada em um caminhão “munck” para o pátio de máquinas da Secretaria de Serviços Públicos e pesados em balança de carga (10.000,0 kg), assim como os galhos de grandes dimensões e folhas e galhos finos.

Em virtude das condições do meio urbano, calçadas e demais infraestruturas típicas do mobiliário urbano, e também da estabilização da estrutura e risco de danos a residências e

população do entorno das árvores amostras não foi possível que se aferisse a biomassa subterrânea (raízes), condicionando os resultados do presente trabalho somente ao compartimento aéreo.

Depois do acondicionamento e identificação das amostras de cada fração destas árvores (folhas, galhos, madeira e casca), as mesmas foram encaminhadas para a Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Dois Vizinhos (UTFPR – DV), onde foram transferidas para embalagem de papel e postas a secar em estufa de circulação e renovação de ar, a uma temperatura de 70,0°C, durante um período de 72 horas. A fração madeira, pelas grandes dimensões dos discos amostrais, foi sub-amostrada em uma amostra composta (contendo material oriundo de todos os discos retirados da árvore) pesando em torno 500,0 g como pode ser observado na Figura 12.



Figura 12 - Procedimento de preparação das amostras de biomassa e quantificação do teor de carbono casca (à esquerda) e galhos (à direita) para secagem em estufa de circulação de ar

Após a secagem, as amostras das frações avaliadas (folhas, galhos, casca e madeira) foram devidamente moídas em moinho do tipo Wiley, com peneira de 30 *mesh*, visando à análise química do material. As determinações dos teores de carbono orgânico, nas frações da espécie avaliada, foram realizadas no Laboratório de Solos e Tecidos Vegetais da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Pato Branco – PR, conforme a metodologia descrita em PAVAN et al. (1992).

Com base nas relações entre quantidade de carbono (C), a biomassa e as variáveis dendrométricas amostradas nestas árvores abatidas, foram testados modelos de regressão linear próprios para a espécie, que expressem, para as árvores em estudo, a estimativa das quantidades de carbono contidas nas diferentes frações avaliadas, tendo como variável independente os dados dendrométricos.

3.3.3 Construção dos modelos matemáticos para quantificação da biomassa e carbono

A modelagem da quantidade de biomassa e carbono acumulado consistiu no teste de modelos matemáticos de regressão linear entre as seguintes variáveis: quantidade de biomassa ou carbono acumulado nas frações (folhas, galhos, madeira e casca, árvore total), DAP, altura total (h_t) e altura de copa (h_c) resultante da diferença entre a altura total do indivíduo e a altura de bifurcação.

Para iniciar o procedimento de modelagem, primeiramente foram realizadas análises de correlação de Pearson entre as alturas, área de copa e diâmetro para as frações estudadas (folhas, galhos, madeira e casca do tronco), de forma a avaliar-se o padrão de interrelação entre as variáveis independentes (d , h_c , h_t) e variável dependente acúmulo de biomassa e C. As correlações com valor $< 0,5$, foram consideradas correlações “fracas”, portanto, nos casos em que ambas as variáveis independentes apresentavam tal condição em relação à quantidade de carbono observado nas árvores amostras, partiu-se para a elaboração de modelos de dupla entrada, contendo as duas variáveis agrupadas (altura e diâmetro).

Após o estabelecimento da correlação de Pearson, conduziu-se a modelagem pelo procedimento *Stepwise*, na opção *Forward* do *Software* Bioestat 5.3. Portanto, foi realizado o procedimento para cada fração componente da biomassa e C para cada grupo de dados da espécie. Os parâmetros analisados para a seleção do melhor modelo foram: coeficiente de determinação (R^2), erro padrão da estimativa ($S_{yx}\%$) percentual, valor de F calculado (F) e análise gráfica de resíduos.

3.3.4 Inventário arbóreo viário e estimativa do estoque de biomassa e carbono

Para o estabelecimento da amostragem do inventário foi empregado o censo, tomando-se como base de planejamento o mapa do plano urbano de Maringá (Prefeitura Municipal de Maringá, 2007), e estratificou-se o perímetro urbano conforme sua divisão política em zonas norte, sul, centro, leste e oeste, tomando-se, dentro de cada uma, 10,0% dos bairros que as compunham sorteados aleatoriamente dentro de sua respectiva zona, totalizando 23 bairros levantados da área urbana, correspondendo, aproximadamente, a 1.282 ha.

Com base no sorteio de bairros por zonas para o inventário, foram selecionados os seguintes bairros: **Zona Norte** (Chácara Alvorada, Jardim Andrade, Jardim Oásis, Jardim São Francisco, Jardim Vitória, Parque das Palmeiras e Vila Esperança II), **Zona Sul** (Cidade Hannover, Jardim Novo Horizonte IV, Jardim Novo Horizonte V e Jardim Santa Rosa), **Zona**

Leste (Cidade Alta, Farigot de Souza, Jardim Cerro Azul, Jardim Paulista II, Parque Lagoa Dourada e Parque Ibirapuera), **Zona Oeste** (Jardim Ouro-Cola, Jardim Continental) e **Zona Centro** (Condomínio Habitacional Itamarati, Jardim Alamar, Jardim Laudicéia e Zona de Armazém I). A localização dos referidos bairros encontra-se na Figura 13.



Fonte: GOOGLE EARTH (2007).

Figura 13 - Localização dos bairros inventariados dentro do perímetro urbano de Maringá – PR

As variáveis dendrométricas levantadas foram: altura total (ht), altura de copa (hc) e altura da 1ª bifurcação ($h_{bif.}$), diâmetro à altura do peito (DAP) e área de copa. Para avaliação das condições do meio urbano e vigor físico dos indivíduos amostrados foram avaliadas: área livre para desenvolvimento (canteiro), fitossanidade, podas realizadas, qualidade de copa, qualidade de tronco, todas tomando como base os procedimentos de levantamento de variáveis adotados para a seleção das árvores amostra.

Após o inventário, os dados referentes à mensuração dos indivíduos foram tabulados em planilha eletrônica Microsoft Excel® e, a partir dos modelos gerados pelo procedimento *Stepwise*, na opção *Forward*, e selecionados pelos parâmetros de seleção estipulados no item 3.3.3, realizou-se a estimativa dos estoques de biomassa e carbono para os indivíduos mensurados, nos bairros avaliados no presente inventário.

A opção do procedimento *Forward* deve-se pelo mesmo partir da variável independente mais correlacionada com a variável dependente para, no passo seguinte, incluir mais uma variável que apresentar maior correlação parcial e posteriormente serem testadas pelo teste F (Schneider, 1998).

As estimativas geradas para os estoques de biomassa e carbono foram analisadas e discutidas através da comparação com dados existentes em literatura para formações florestais, em virtude da escassez de informações para o meio urbano, para a média.

Para análise do coeficiente de variação (CV%), empregou-se a criação de faixas específicas para esta estatística, com base na metodologia proposta por Garcia (1989), onde o autor salienta, que, numa classificação de coeficientes de variação próprios para a realidade florestal, sejam considerados, não só a variável a ser estudada, mas também o tipo de experimentação aos quais os dados se referem. Sendo assim, empregou-se o seguinte procedimento:

Coeficiente de Variação Baixo $\rightarrow < (CV - S)$, ou seja, se o coeficiente de variação médio analisado do estoque de biomassa ou carbono, para cada fração estudada, for inferior ao valor coeficiente de variação médio do estoque de biomassa ou carbono para cada fração estudada menos 01 (um) desvio padrão da referida fração.

Coeficiente de Variação Médio $\rightarrow (CV - S)$ a $(CV + S)$, ou seja, se o coeficiente de variação médio analisado do estoque de biomassa ou carbono, para cada fração estudada, apresentar-se dentro do intervalo do valor coeficiente de variação médio do estoque de biomassa ou carbono para cada fração estudada menos 01 (um) desvio padrão do estoque da fração ao valor do coeficiente de variação do estoque da fração mais 01 (um) desvio padrão.

Coefficiente de Variação Alto \rightarrow $(CV + S)$ a $(CV + 2*S)$, ou seja, se o coeficiente de variação médio analisado do estoque de biomassa ou carbono, para cada fração estudada, apresentar-se dentro do intervalo do valor coeficiente de variação médio do estoque de biomassa ou carbono para cada fração estudada mais 01 (um) desvio padrão e ao valor da média do elemento mais 02 (duas) vezes o desvio padrão.

Coefficiente de Variação Muito Alto \rightarrow $> (CV + 2*S)$, ou seja, se o coeficiente de variação médio analisado do estoque de biomassa ou carbono, para cada fração estudada, for maior que o ao valor coeficiente de variação médio do estoque de biomassa ou carbono para cada fração estudada mais 02 (duas) vezes o desvio padrão do referido estoque.

Diante destas premissas, na Tabela 1, apresentam-se as faixas de referência para análise do coeficiente de variação (CV%) para o estoque das frações de biomassa acumulada na espécie estudada, para o perímetro urbano avaliado.

Tabela 1 - Faixas de coeficientes de variação para as diferentes frações da biomassa aérea acumulada em indivíduos de Sibipiruna (*Poincianella pluviosa*) implantados em vias públicas do perímetro urbano de Maringá – PR

Fração	Coeficiente de variação (CV%)			
	Baixo	Médio	Alto	Muito alto
Folha	< 86,4	86,4 a 118,4	118,4 a 134,4	> 134,4
Galho	< 15,9	15,9 a 207,7	207,7 a 303,6	> 303,6
Casca do tronco	< 110,3	110,3 a 111,7	111,7 a 112,4	> 112,4
Madeira do tronco	< 97,8	97,8 a 122,4	122,4 a 134,7	> 134,7
Biomassa total	= 0,0	0,0 a 234,6	234,6 a 359,1	> 359,1

Na Tabela 2, apresentam-se as faixas de coeficientes de variação para o carbono orgânico, nas diferentes frações avaliadas, em indivíduos implantados em vias públicas do perímetro urbano de Maringá – PR.

Tabela 2 - Faixas de coeficientes de variação para o carbono orgânico nas diferentes frações avaliadas em indivíduos de Sibipiruna (*Poincianella pluviosa*) implantados em vias públicas do perímetro urbano de Maringá – PR

Fração	Coeficiente de variação (CV%)			
	Baixo	Médio	Alto	Muito alto
Folha	< 121,3	121,3 a 134,3	134,3 a 140,8	> 140,8
Galho	< 77,1	77,1 a 170,9	170,9 a 217,8	> 217,8
Casca do tronco	< 118,0	118,0 a 118,6	118,6 a 118,9	> 118,9
Madeira do tronco	< 117,6	117,6 a 132,4	132,4 a 139,8	> 139,8
Biomassa total	< 63,6	63,6 a 185,6	185,6 a 307,6	> 307,6

A partir dos dados do teor de carbono das árvores amostras, os mesmos foram comparados pelo Teste de Duncan, a um nível de probabilidade de 5,0%, a fim de se obter qual a fração de biomassa (folhas, galhos, madeira e casca do tronco) que apresenta maior potencial de concentração e sequestro de carbono na espécie estudada.

Para esta análise considerou-se como delineamento experimental, o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), que tem por condicionantes ser um delineamento experimental onde a designação de parcelas ou unidades experimentais sem restrição, ou seja, de forma inteiramente randomizada e que se garanta similaridade entre tratamentos, pois é necessário que cada tratamento receba unidades experimentais de todos os blocos, contribuindo para que a variabilidade seja explicada pelos tratamentos e não pela heterogeneidade das unidades experimentais (MUCELINI, 2006).

Visando a verificação da normalidade dos dados referentes à biomassa e carbono acumulados nas árvores amostras, empregou-se o Teste estatístico de Shapiro Wilks (W).

3.3.5 Influência do meio urbano, manejo e vigor no acúmulo de biomassa e carbono

Com base na quantidade acumulada de biomassa e de carbono estocados nas árvores avaliadas e as variáveis referentes aos parâmetros qualitativos de implantação, manejo e vitalidade como área livre, fitossanidade, tipo de poda, qualidade de copa e tronco, foram analisados os graus de interdependência (efeitos) das mesmas sobre o acúmulo de biomassa e carbono, na espécie estudada, implantada nas vias públicas de Maringá – PR.

Para tal análise, foi empregada a técnica de regressão linear múltipla para cada grupo de variáveis qualitativas e fração de material componente dos referidos estoques, empregando-se o Software Bioestat 5.3, que considera variáveis de interdependência significativas, aquelas que apresentava valor de $p < 0,05$, conforme descrito em Oliveira-Silva et al. (2001).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Aspectos dos indivíduos mensurados para a quantificação de biomassa e carbono

A análise da arborização urbana é realizada por meio de um inventário, e consiste na identificação e número de espécies que ocorrem, altura da planta, altura do primeiro galho ou bifurcação, diâmetro de copa, tipo de raiz (profunda ou superficial), condição geral da planta, existência de pragas ou doenças, distância da árvore ao meio fio e às construções ou muros e espaçamento entre as árvores. O Estado do Paraná foi o pioneiro neste trabalho que se desenvolveu muito nos últimos anos (PIVETTA e SILVA FILHO, 2002).

Bortoleto (2004) ressalta que os principais objetivos para a realização de um inventário arbóreo no meio urbano são:

- a) conhecer o patrimônio arbóreo;
- b) definir uma política de administração a longo prazo;
- c) estabelecer previsões orçamentárias;
- d) preparar um programa de gerenciamento das árvores;
- e) identificar necessidades de manejo;
- f) definir prioridades;
- g) localizar áreas para plantio;
- h) localizar árvores com necessidade de substituição;

O crescimento das cidades, em geral, não vem acompanhado com a mesma velocidade do desenvolvimento de projetos de arborização urbana e, conseqüentemente, torna-se cada vez mais necessário o uso de ferramentas para melhor planejamento da arborização urbana. Para que seja possível maximizar os benefícios da arborização, torna-se necessário conhecer o patrimônio arbóreo da cidade, e, dentro deste contexto, o inventário destaca-se como ferramenta primordial do planejamento da floresta urbana, levantando-se as características do sistema viário e as árvores existentes (SILVA, 2003; SILVA FILHO 2002).

Com base nestes aspectos, o presente item tem por objetivo apresentar as características dendrométricas, condições de implantação, manejo, fitossanidade e vigor fisiológico (qualidade de copa e tronco) de indivíduos de Sibipiruna (*Poincianella pluviosa* var. *peltophoroides* (Benth.) L. P. Queiroz) pertencentes à classe diamétrica de 45,1 a 70,0 cm, implantados nas vias públicas de bairros do perímetro urbano de Maringá – PR, a fim de observar seu acúmulo de biomassa e estoque de C, além dos principais motivos que influenciam sobre o comportamento destes fatores.

Na Figura 14, observa-se a distribuição diamétrica dos 1040 indivíduos adultos de Sibipiruna distribuídos no intervalo de 45,1 cm a 70,0 cm mensurados, distribuídos em 263 quarteirões das vias públicas dos bairros amostrados de Maringá – PR.

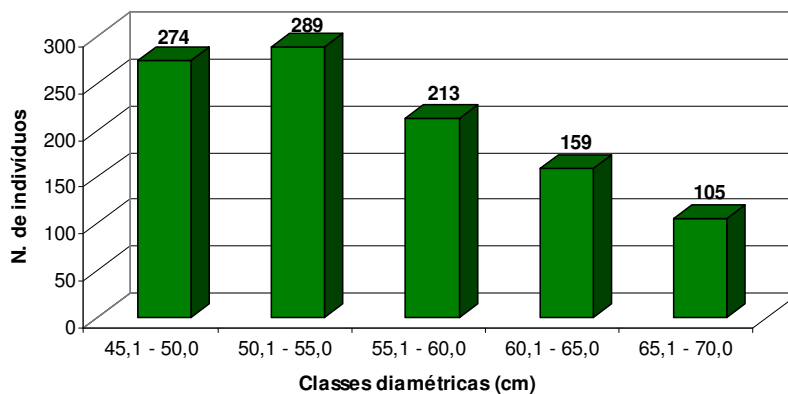


Figura 14 - Distribuição diamétrica das árvores de Sibipiruna (*Poincianella pluviosa*) avaliadas nas vias públicas de Maringá – PR (2010 - 2011)

Dentro do intervalo diamétrico pré-estabelecido para a mensuração dos indivíduos no cálculo do estoque de biomassa acumulada e carbono fixado pelas árvores de Sibipiruna implantadas nas vias públicas de Maringá – PR, verificou-se que 74,6% dos exemplares encontravam-se distribuídos no intervalo diamétrico de 45,1 a 60,0 cm e, apenas, 25,4% dos exemplares distribuídos no intervalo diamétrico de 60,1 a 70,0 cm.

A redução da concentração de indivíduos na classe diamétrica de 60,1 a 70,0 cm se deve ao fato das árvores desta classe estarem em fase de declínio, havendo, como consequência, uma taxa de supressão mais elevada neste intervalo, que visa, por parte do órgão público responsável, a prevenção de quedas e danos à população, uma vez que tais indivíduos apresentam um custo mais elevado na sua manutenção em relação aos benefícios ambientais gerados, o que justifica sua supressão e substituição por um novo exemplar.

A Figura 15, apresenta a distribuição das alturas totais dos indivíduos avaliados na arborização viária dos bairros analisados, no presente estudo.

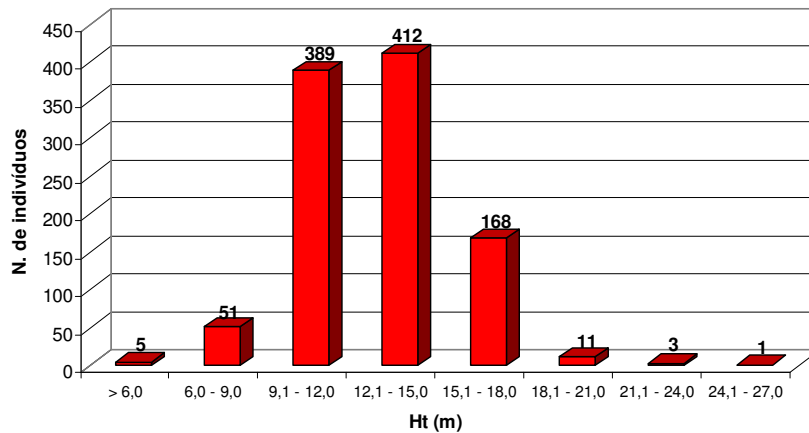
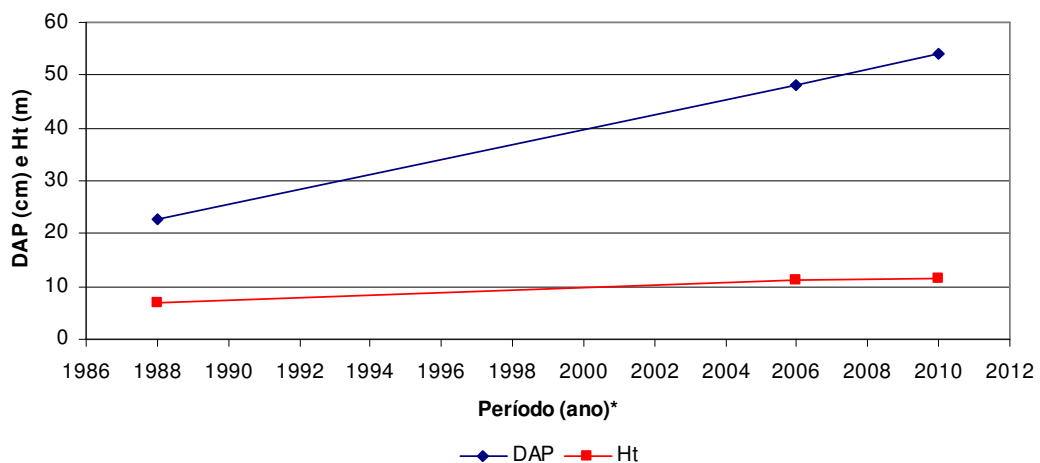


Figura 15 - Distribuição das alturas totais das árvores avaliadas nas vias públicas de Maringá – PR (2010-2011)

Em relação às alturas totais, observou-se que 0,4% dos indivíduos apresentaram alturas inferiores a 6,0 m. Tal fato se deve a exemplares implantados em solos extremamente compactados e podas de raízes e de copa de intensidade elevada, que prejudicaram o pleno desenvolvimento dos indivíduos em altura.

As alturas totais concentraram a maioria dos indivíduos (93,2%) entre 9,1 m e 18,0 m, sendo que as demais alturas corresponderam somente a 6,4% do número total de indivíduos mensurados.

A Figura 16 apresenta o comportamento do diâmetro a altura do peito (DAP) e altura total (h_t) médios da espécie (*Poincianella pluviosa*), na arborização viária de Maringá – PR, ao longo de 22 anos (1988 – 2010).



* Dados de DAP (cm) e ht (m) médios para espécie na arborização viária de Maringá, PR com base nos estudos de MILANO (1988) e SAMPAIO (2006).

Figura 16 - Comportamento do diâmetro a altura do peito (DAP) e altura total (h_t) médios da espécie *Poincianella pluviosa* na arborização viária de Maringá – PR ao longo de 22 anos (1988 – 2010)

Com base na Figura 16, observa-se que o crescimento em DAP dos indivíduos, desde a primeira medição realizada por Milano (1988) até a segunda realizada por Sampaio (2006), apresentou uma tendência de crescimento linear ascendente com a evolução da variável mensurada de 22,6 cm para 48,0 cm, representando um aumento de 25,4 cm no DAP. Na terceira ocasião (presente estudo), ainda se verificou, uma tendência linear ascendente no crescimento em DAP porém, menos acentuada que no período anterior, com um aumento de apenas 6,2 cm.

Em relação ao comportamento de crescimento em DAP dos indivíduos da espécie na arborização viária de Maringá verificou-se que, no período de 22 anos, o incremento médio anual (IMA) deste foi de $1,4 \text{ cm ano}^{-1}$, mesmo valor de incremento obtido em plantios mistos com 9 anos de idade, empregando a espécie no estado do Paraná (Rolândia), por Carvalho (2008). Tal fato demonstra que, embora com todas as agressões sofridas pelos indivíduos no meio urbano viário, tais como: solos pobres em nutrientes e matéria orgânica, podas (aéreas e radiculares), pragas, doenças e poluentes, a espécie, ainda, apresenta potencial para se desenvolver em níveis de crescimento aceitáveis, quando comparada a árvores da espécie em plantios.

O valor obtido no presente estudo, para o incremento em DAP, encontra-se acima ($1,4 \text{ cm ano}^{-1}$) dos valores reportados em literatura para árvores implantadas no meio viário nos Estados Unidos (Chicago), pois, em média, este incremento é de $1,1 \text{ cm ano}^{-1}$ (McPHERSON, 1994).

Quanto à altura total média dos exemplares, verifica-se um comportamento linear ascendente entre a primeira mensuração realizada por Milano (1988) e a segunda mensuração dos indivíduos feita por Sampaio (2006), onde ocorreu um crescimento médio de 4,3 m, ou seja, de 6,9 m para 11,2 m, correspondendo a um IMA em altura total de $0,2 \text{ m ano}^{-1}$.

Na terceira mensuração realizada neste estudo, verificou-se uma altura média de 11,6 m e o incremento médio anual em altura entre a segunda e a terceira medição foi de $0,1 \text{ m ano}^{-1}$, sendo o incremento médio, ao longo de todo o período, de $0,2 \text{ m ano}^{-1}$, o que demonstra a estabilização do crescimento em altura dos exemplares.

Tal fato se deve, principalmente, pela ocorrência das podas aéreas para conformação das copas dos indivíduos, destacando-se as podas de liberação da fiação, pois quando se compara estes valores com estudos de crescimento da espécie onde não ocorrem podas, ou estas são de baixo impacto sobre o comportamento fisiológico dos indivíduos da espécie, como o estudo realizado por Carvalho (2008), com plantios mistos, os exemplares aos 9 anos, já alcançavam alturas de 12,2 m.

Outro exemplo que corrobora com a hipótese das podas é o estudo realizado por Silva et al. (2010) que, analisando o potencial de interceptação da pluviosidade em árvores viárias implantadas no Câmpus da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, verificaram alturas de 13 m para exemplares de Sibipiruna, livres de qualquer tipo de poda aérea ou de raízes.

Embora com ações de manejo e condições ambientais adversas do meio urbano, Milano (1988) relatou que os indivíduos da espécie, na área estudada, apresentavam um incremento em DAP e altura total superior em 50,0% aos indivíduos de Sibipiruna da arborização viária de Curitiba – PR, fato que, segundo o autor, é atribuído às melhores condições edáficas e climáticas de Maringá, para a espécie.

Na Figura 17 apresentam-se a distribuição das alturas de bifurcação e do primeiro galho vivo encontradas nos exemplares selecionados como árvores amostra.

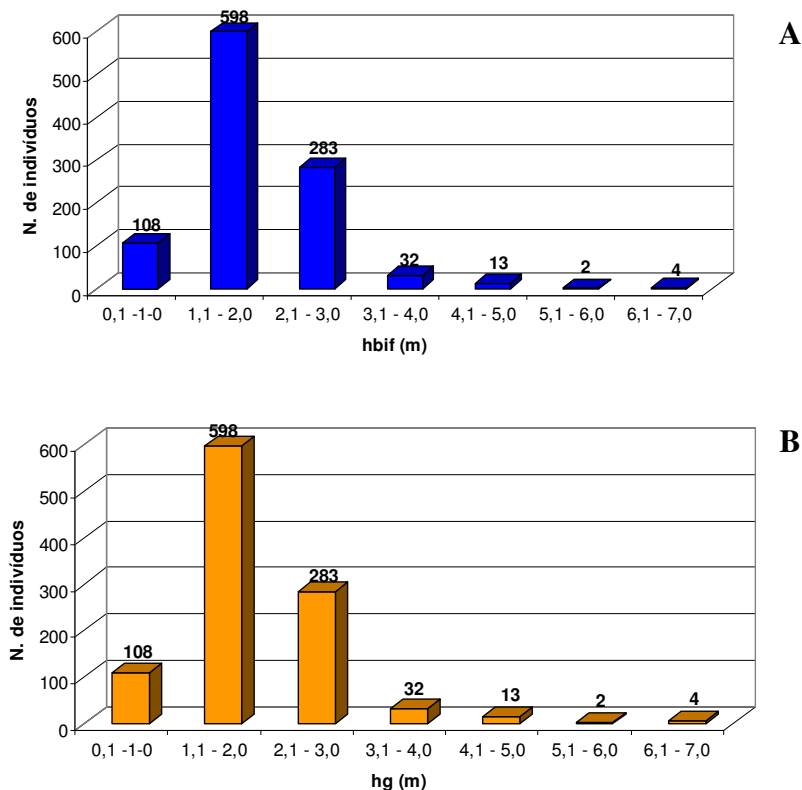


Figura 17 - Distribuição das alturas: A) de 1ª bifurcação e B) do primeiro galho vivo das árvores avaliadas nas vias públicas de Maringá – PR (2010 - 2011)

Observando a Figura 17 denota-se que 89,6% dos indivíduos não apresentaram alturas de bifurcação e nem de primeiro galho vivo inferiores a 1,10 m e 10,4% dos indivíduos apresentaram altura do primeiro galho vivo e bifurcação variando entre 0,10 m a 1,0 m.

O fato a que se deve a maioria dos exemplares apresentar alturas de bifurcação e de primeiro galho vivo a partir 1,10 m se refere ao programa de podas realizadas com a finalidade de levantamento de copa (evidenciada sua execução na Figura 21), pelo Setor de Arborização Urbana da Secretaria de Serviços Públicos da Prefeitura Municipal de Maringá, principalmente na área do centro, pela questão da modificação do padrão de iluminação pública no município, que se encontra implantado abaixo das copas das árvores, visando à redução do impacto das podas para o aumento da eficiência de iluminação das vias públicas, como pode ser observado na Figura 18.



Figura 18 - Padrão de iluminação pública adotado para as vias públicas de Maringá – PR

Cerca de 10,4% dos indivíduos avaliados apresentaram alturas de bifurcação no intervalo entre 0,1 m a 1,0 m. Isso se deve, provavelmente, a danos mecânicos sofridos ainda na fase de muda, principalmente vandalismo, onde o morador, no intuito de recuperar a muda, realiza uma poda drástica na altura onde ocorreu o dano, ou em alguns casos este corte é realizado ao nível do solo, sendo, posteriormente conduzidas todas as brotações, o que gera alturas de primeiro galho vivo e bifurcação extremamente baixas e inadequadas.

A distribuição das alturas de bifurcação e do primeiro galho vivo apresentaram-se igualitárias, sendo que 57,5% dos indivíduos mantiveram-se entre 1,1 a 2,0 m. Tal aspecto influenciou consideravelmente na redução da alocação biomassa do tronco e aumento considerável na biomassa de galhos.

De acordo com a metodologia adotada, na quase totalidade dos casos, a altura de bifurcação foi a mesma da altura do primeiro galho vivo, pois, quando a árvore bifurca, é exatamente nesse mesmo ponto que emite seus primeiros galhos, sendo esse o ponto adotado para corte de separação das frações tronco e galhos.

Analisando a Figura 19, observa-se que o intervalo de áreas de copas que concentrou o maior percentual de indivíduos, ou seja, 79,6%, foram de 66,1 m² a 180,0 m², equivalendo a 91.066,9 m² de cobertura arbórea viária de Sibipirunas neste intervalo, para os bairros mensurados.

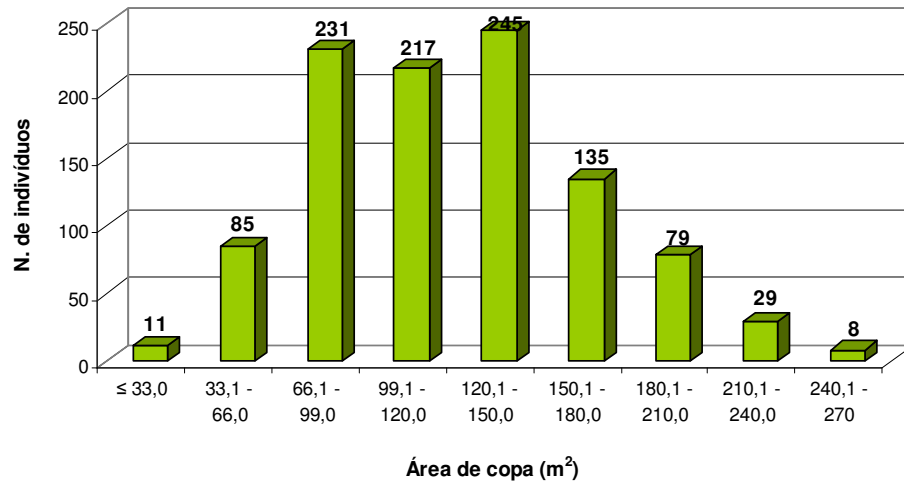


Figura 19 - Distribuição das áreas de copa das árvores avaliadas nas vias públicas dos bairros de Maringá – PR (2010-2011)

As demais áreas de copa representaram 20,4% dos indivíduos mensurados, que equivalem a 23.338,8 m² de cobertura arbórea da espécie nas vias públicas dos bairros inventariados, totalizando, aproximadamente, 114.405,7 m², o que corresponde a 7.627,0 m² por bairro de cobertura arbórea de Sibipirunas pertencentes ao intervalo diamétrico de 45,1 a 70,0 cm, implantadas nas vias públicas.

Na Figura 20 apresentam-se os aspectos das áreas livres (canteiros) destinados para o desenvolvimento das árvores amostras no inventário realizado em Maringá – PR.

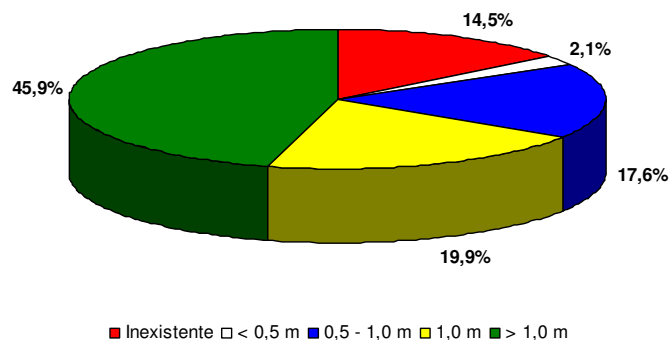


Figura 20 - Aspectos das áreas livres destinadas para o desenvolvimento das árvores avaliadas nas vias públicas dos bairros de Maringá – PR (2010-2011)

Com base na Figura 20, observa-se que 14,5% dos exemplares mensurados apresentavam área inexistente para desenvolvimento do seu sistema radicular, portanto com todo o espaço do seu sistema radicular concretado, sendo que tal situação se observa principalmente em calçadas recentemente reformadas. Além desses aspectos, verificou-se a realização de podas severas de raízes nestes exemplares. Todos os indivíduos avaliados nestas condições apresentavam-se localizados fora da área central da cidade, que apresenta somente áreas livres, com no mínimo, 1,0 m² ou acima desta dimensão.

Brazolin (2009) afirma que o espaçamento inadequado para o desenvolvimento do sistema radicular de árvores urbanas ou espaço totalmente pavimentado, aumenta consideravelmente a suscetibilidade ao ataque de pragas e doenças e, por conseguinte, de queda de árvores no meio urbano, pois nestas condições não se possibilita que ocorra uma adequada percolação da água, aeração, absorção de nutrientes e, conseqüentemente, o desenvolvimento do sistema radicular.

Em 2,1% dos exemplares, a área livre destinada para o desenvolvimento do sistema radicular foi inferior a 0,5 m², o que também se devia a construção de calçadas estreitas (1,75 m) e, conseqüentemente, à reforma do calçamento do passeio, fato que também se observou foi à poda de raízes mais superficiais dos exemplares.

As áreas livres com dimensões variando de 0,5 a 1 m² foram encontradas em 17,6% dos exemplares mensurados nas vias públicas, sendo que, nesse caso, as mesmas foram “construídas” em período recente, ou seja, em áreas que a árvore fora implantada anteriormente à construção do pavimento da calçada e relatada pelos moradores principalmente, como uma forma de “precaução às rachaduras”.

Volpe-Filik (2009), estudando a ocorrência de danos a calçamentos (trincas), em Piracicaba – SP, arborizados com a *Sibipiruna* verificou que 99,3% dos exemplares avaliados, em 15 bairros ocasionaram danos a calçadas variando de leves a pesados, com a destruição do calçamento.

Segundo a autora, o principal fator causador deste cenário era o tamanho da área livre para desenvolvimento dos exemplares, em medida de 0,9 m², ou seja, 30,0% da área de canteiro requerida para uma árvore de grande porte (3,0 m²), como a espécie estudada, sendo assim popularizando o “mito” entre os munícipes, de que os problemas causados ao calçamento seriam em função da espécie empregada e não o tamanho insuficiente da área livre, onde o indivíduo encontra-se implantado.

Segundo a referida autora, para que se evite tal situação, é imprescindível considerar o diâmetro do tronco (DAP) de qualquer espécie, quando adulta, para definição do tamanho da

área livre ideal que concilie o pleno desenvolvimento da árvore e a manutenção da integridade do calçamento.

O percentual de indivíduos implantados em áreas livres iguais ou superiores a 1,0 m² foi de 65,8%, sendo essencialmente composta por indivíduos localizados na área central da cidade ou frente a terrenos não edificados, em processo de edificação ou em áreas onde os moradores optavam por não pavimentar o passeio. Porém, nesse último caso, pelo solo exposto e o tráfego dos transeuntes e veículos, que elevam o grau de compactação e perda de solo, alguns exemplares já se encontravam com afloramentos de seu sistema radicular, mostrando que a simples ausência de pavimentação, em toda a calçada, não garante boas condições ao sistema radicular da espécie, em função da compactação causada pelo uso.

A Figura 21 apresenta os aspectos fitossanitários dos exemplares mensurados nas vias públicas de Maringá – PR.

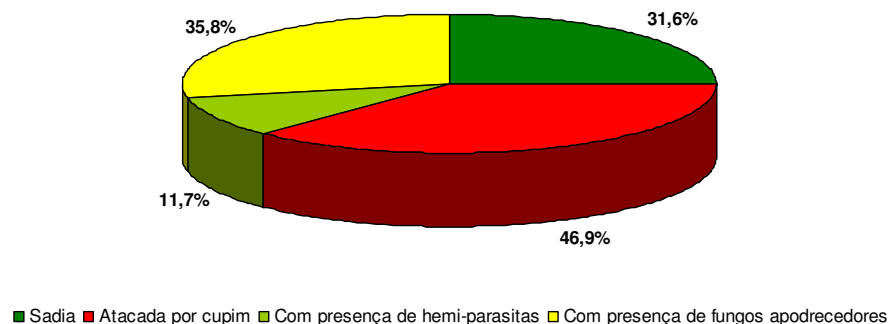


Figura 21 - Aspectos fitossanitários das árvores inventariadas nas vias públicas dos bairros inventariados no perímetro urbano de Maringá – PR (2010-2011)

Observa-se na Figura 21 que 31,6% dos indivíduos avaliados apresentaram-se sadios. Um aspecto relevante verificado foi a presença de plantas hemiparasitas em 11,7% dos indivíduos avaliados, sendo estas plantas, em sua totalidade, representada pela Figueira mata-pau (*Ficus guaranitica*), o que se deve a algumas avenidas da área central apresentarem seus canteiros centrais arborizados com esta espécie, que apresenta frutos muito atrativos a avifauna, por sua vez, servindo como dispersora da espécie, além de aumentar a ocorrência de exemplares de Sibipiruna com a presença desta hemiparasita.

Segundo Rotta, Oliveira e Araújo (2006), a infestação de plantas hemiparasitas pode ser considerada um fator relevante, pois compromete a arquitetura das árvores, interfere potencialmente no vigor das mesmas e, ainda, prolifera-se com facilidade, o que pode comprometer todo um programa de arborização de uma cidade.

A presença do ataque de cupins nos exemplares mensurados foi de 46,9%. Duarte et al. (2008) relatam que, somente na zona central da área urbana de Maringá – PR, conhecida como Zona 1, a incidência do ataque desta praga chega a 15,3% entre os exemplares da arborização viária, sendo a espécie preferencialmente atacada a Sibipiruna (*Poincianella pluviosa*), com uma incidência de 19,0% dos exemplares atacados. Os autores associam como fator à predisposição ao ataque dessa praga a predominância da espécie, dentro da composição da arborização viária desta área.

Laera (1998) ressalta que a realização de podas drásticas ou mal executadas, consagra-se como a principal forma de susceptibilização ao ataque de cupins, pois resultam em injúrias frequentes ao vegetal, com cortes inadequados de galhos, em proporções que não permitem a ocorrência de compartimentalização (cicatrização) do lenho, criando cavidades ou atrofiando as árvores, o que indica o perfil propício para o estabelecimento de colônias de cupins.

Em relação à ocorrência de fungos apodrecedores nos indivíduos avaliados, essa foi verificada em 35,8% dos indivíduos. Esse fator, associado à presença de cupins, foi responsável por ocaimento de troncos, em 8,9% dos exemplares (Figura 24).

Na Figura 22, são apresentados os principais tipos de podas que foram realizados nos indivíduos avaliados durante o inventário.

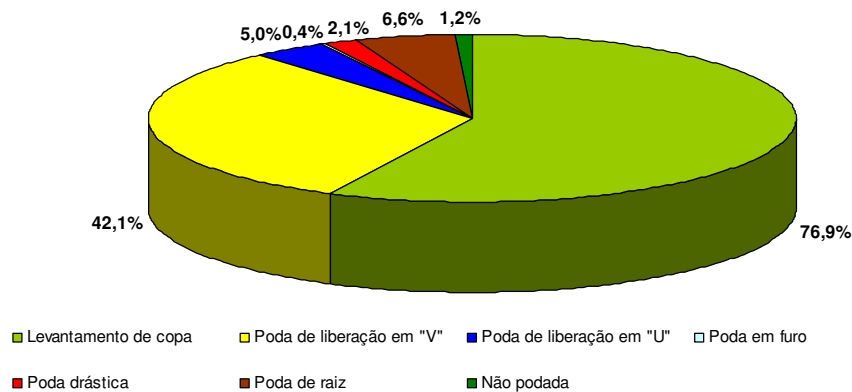


Figura 22 - Ocorrência de podas nas árvores inventariadas nas vias públicas do perímetro urbano dos bairros de Maringá – PR (2010-2011)

Com base na análise da Figura 22, observa-se que 1,2% dos indivíduos mensurados não foram podados, sendo estes localizados nos bairros residenciais fora da área central. A ocorrência de poda de levantamento de copa foi realizada em 76,9% dos indivíduos, sendo estas realizadas principalmente para aumento da eficiência da iluminação pública, como anteriormente ressaltado, e para possibilitar o acesso dos transeuntes nas calçadas e reduzir os conflitos com o tráfego de veículos.

A poda para liberação de fiação foi empregada em 47,5% dos indivíduos mensurados, sendo esta distribuída em formato de “V”, realizada em 42,1% dos indivíduos, a poda em formato de “U” foi verificada em 5,0% dos indivíduos e a poda em furo em 0,4% dos indivíduos.

As podas drásticas com supressão de 50,0% a 100,0% da copa foram realizadas em apenas 2,1% dos indivíduos mensurados, sendo que a ocorrência destas se concentrou nos bairros periféricos, principalmente nas Zonas Leste e Norte, devido ao manejo por parte do órgão público ser extremamente deficitário nestes locais, com muitos moradores tomando para si a atividade de realização da poda. Nesses casos, a falta de conhecimento técnico ocasionou a realização de poda da parte aérea dos indivíduos, de forma drástica.

A poda de raízes foi verificada em 6,6% dos indivíduos, sendo um dos fatores indutores ao desencadeamento da redução da área de copa (Figura 19), pela redução da biomassa foliar e qualidade de copa, como pode ser observado na Figura 23.

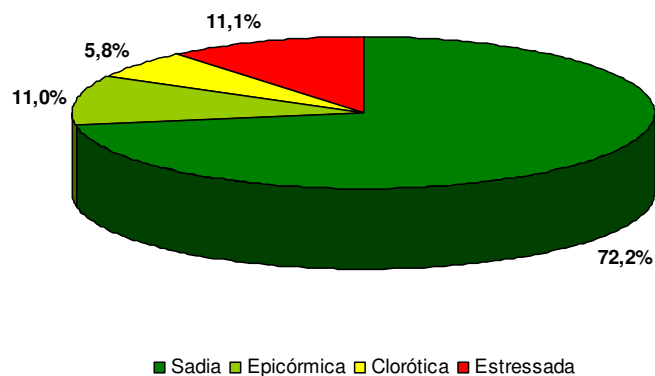


Figura 23 - Aspecto de qualidade de copa nas árvores inventariadas nas vias públicas do perímetro urbano de Maringá – PR (2010 - 2011)

Quanto à qualidade de copa dos exemplares, observou-se que 72,2% dos indivíduos apresentavam copa sadia ou vigorosa, enquanto que 11,0% dos exemplares apresentavam copas ditas epicórmicas, com grandes profusões de ramos ladrões, predominantemente em árvores podadas em forma de “V”. As podas ditas em “furo” ou “V” danificam consideravelmente a arquitetura e estabilidade da árvore, pois em uma árvore adulta, quanto maior a intensidade e menor a altura da poda (menor altura dos ramos), menor será a vida útil da árvore (CRESTANA et al., 2007).

Em 16,9% dos exemplares verificou-se a ocorrência de clorose e estresse da copa dos exemplares, devido às severas podas de raízes realizadas para a manutenção do sistema de

tubulações de água e esgoto, realizadas pela Companhia de Saneamento e também pela realização de podas da copa.

A prática da poda de raízes deve ser evitada, ao máximo, porque a mesma traz como consequências diretas a desestabilização da árvore e a abertura de uma área de contaminação para a incidência de pragas e patógenos, com consequente perda de vigor fisiológico e morte dos indivíduos (BRUN e SILVA FILHO, 2010).

Na Figura 24 apresenta-se a qualidade do tronco dos indivíduos mensurados no inventário das Sibipirunas maduras nas vias públicas de Maringá – PR.

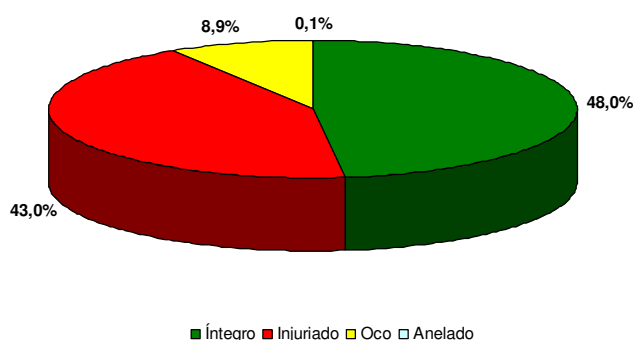


Figura 24 - Aspecto de qualidade de tronco nas árvores inventariadas nas vias públicas do perímetro urbano de Maringá – PR (2010-2011)

Em relação à qualidade do tronco dos indivíduos, verificou-se que 48,0% dos exemplares apresentaram seus troncos íntegros e 43,0%, troncos injuriados, com danos desde leves, como lesões na casca por vandalismos, como mais graves, com injúrias que prejudicavam a integridade do lenho e também a colocação de pregos para a sustentação de sacos de lixo ou lixeiras inteiras.

O ocoamento dos troncos foi encontrado em 8,9% dos indivíduos inventariados e se deve, basicamente, ao ataque de cupins e fungos apodrecedores, dado ao declínio fisiológico natural dos indivíduos, pois são exemplares que apresentam, em média, 30 anos ou mais de idade, uma vez que fazem parte do primeiro plano de arborização da área urbana, ou por declínio fisiológico oriundo por práticas errôneas de manejo dos indivíduos, como a poda drástica da copa ou sistema radicular.

A ocorrência de anelamento do tronco no perímetro inventariado foi observado em apenas 0,1% dos indivíduos, fato que se deve ao profundo sentimento de zelo da população urbana do município em relação à arborização.

Porém, embora com baixo percentual de anelamentos encontrados durante o presente inventário, observa-se um crescente sentimento de “rejeição” por parte da população à espécie pesquisada (Sibipiruna), devido à falta de um programa eficiente de manejo da espécie na área e conseqüente aumento da incidência de ocorrências de quedas e acidentes com danos à população; tal fato se evidencia em muitos bairros e loteamentos novos, implantados nos últimos 15 anos, não sendo encontrado nenhum exemplar da espécie implantado dentro do referido intervalo diamétrico estudado ou abaixo deste (indivíduos menores que 45,1cm).

4.1.1 Avaliação dendrométrica

Dentre os bairros levantados, como pode ser observado na Tabela 3, verificou-se que oito não apresentaram indivíduos de Sibipiruna nas vias públicas dentro do intervalo diamétrico estabelecido para avaliação (DAP entre 45,1 cm e 70,0 cm), igual intervalo estabelecido para as árvores amostra, que foram os seguintes: Jardim Andrade, Jardim São Francisco, Jardim Novo Horizonte V, Jardim Paulista II, Cidade Hannover, Jardim Santa Rosa, Jardim Ibirapuera e Parque Lagoa Dourada.

Tal decisão de restrição em relação ao DAP ocorreu para que se evitassem estimativas subestimadas ou superestimadas dos estoques de biomassa e carbono fixados nas árvores pelos modelos matemáticos testados, pois como os mesmos foram gerados com base em árvores amostra em tais diâmetros, outros diâmetros fora deste intervalo poderiam gerar estimativas imprecisas.

Em relação ao número de indivíduos inventariados no intervalo diamétrico estudado (45,1 cm a 70,0 cm), verificou-se que as zonas Norte e Leste, conjuntamente, representaram 87,4% do número total de indivíduos mensurados; a menor representatividade da espécie foi encontrada na Zona Sul, onde foram mensurados apenas 1,4% dos indivíduos, tendo as demais regiões (Centro e Oeste) representando, juntas 11,2%, dos indivíduos mensurados.

A predominância da localização de indivíduos mensurados nas zonas Norte e Leste se deve a estas zonas serem resultado de urbanizações antigas (superior a 30 anos) e integrantes do primeiro plano de urbanização do município, nos moldes de cidade jardim, proposto pela Companhia Melhoramentos Norte do Paraná (CMNP), onde empregou-se a Sibipiruna como umas das principais espécies para arborização urbana do município, nas referidas zonas.

Porém, nas urbanizações mais recentes (inferiores a 30 anos), nas Zonas Norte e Leste, tem se observado um fator preocupante que é a redução na implantação de novos exemplares da espécie.

Assim, em 05 bairros (21,7% da área inventariada) não foi encontrado nenhum exemplar implantado, sendo raros ou inexistentes, também, os exemplares com diâmetros inferiores ao intervalo considerado para o presente estudo, assim como observado na Zona Sul, onde em apenas 01 bairro (Jardim Novo Horizonte IV) obteve-se indivíduos aptos para mensuração, dentro do intervalo diamétrico estudado. Como já ressaltado, à crescente “rejeição” da população pela aceitação da espécie, nas vias públicas ocasionado pelo manejo errôneo dos exemplares e sua frequência elevada dentro do município.

Tabela 3 - Comparativo geral referente às condições dendrométricas de Sibipirunas maduras (DAP entre 45,1 cm e 70,0 cm) entre as diferentes zonas e bairros da área urbana do município de Maringá – PR, os dados são apresentados em frequência absoluta de ocorrência

Bairros	N. de árvores	Classes diamétricas (cm)					Altura total (m)							
		45,1 - 50,0	50,1 - 55,0	55,1 - 60,0	60,1 - 65,0	65,1 - 70,0	> 6,0	6,0 - 9,0	9,1 - 12,0	12,1 - 15,0	15,1 - 18,0	18,1 - 21,0	21,1 - 24,0	24,1-27,0
Zona Norte														
Chácara Alvorada	55	17	15	7	13	3		6	27	18	4			
Jardim Andrade	0													
Jardim Oásis	17	9	3	2	3			5	12					
Jardim São Francisco	0													
Jardim Vitória	101	25	30	23	11	12	1	9	59	28	4			
Parque das Palmeiras	125	36	42	16	13	18		9	64	50	2			
Vila Esperança II	255	60	72	52	37	34	4	10	81	114	45	1		
Total	553	147	162	100	77	67	5	39	243	210	55	1	0	0
Zona Sul														
Cidade Hannover	0													
Jd. Novo Horizonte IV	15	5	7	2	1				1	8	6			
Jd. Novo Horizonte V	0													
Jardim Santa Rosa	0													
Total	15	5	7	2	1	0	0	0	1	8	6	0	0	0
Zona Leste														
Cidade Alta	165	43	42	40	23	17		1	23	70	59	8	3	1
Farigot de Souza	164	37	40	47	28	12		9	68	67	19	1		
Jardim Cerro Azul	27	6	6	7	8				7	11	8	1		
Jardim Paulista II	0													
Parque Lagoa Dourada	0													
Parque Ibirapuera	0													
Total	356	86	88	94	59	29	0	10	98	148	86	10	3	1
Zona Oeste														
Jardim Ouro Cola	14	3	4	5	2				6	7	1			
Jardim Continental	6	4	1		1				5	1				
Total	20	7	5	5	3	0	0	0	11	8	1	0	0	0

Tabela 3 - Comparativo geral referente às condições dendrométricas de Sibipirunas maduras (DAP entre 45,1 cm a 70,0 cm) entre as diferentes zonas e bairros da área urbana do município de Maringá – PR, os dados são apresentados em frequência absoluta de ocorrência.

(conclusão)

Bairros	N. de árvores	Classes diamétricas (cm)					Altura total (m)							
		45,1 - 50,0	50,1 - 55,0	55,1 - 60,0	60,1 - 65,0	65,1 - 70,0	> 6,0	6,0 - 9,0	9,1 - 12,0	12,1 - 15,0	15,1 - 18,0	18,1 - 21,0	21,1 - 24,0	24,1-27,0
Zona Centro														
Cond. Hab. Itamarati	43	10	12	5	12	4			12	17	14			
Jardim Alamar	6	3	1		2				5	1				
Jardim Laudicéia	3	2		1					2		1			
Zona de Armazém I	44	14	14	6	5	5		2	17	20	5			
Total	96	29	27	12	19	9	0	2	36	38	20	0	0	0
Total Geral	1040	274	289	213	159	105	5	51	389	412	168	11	3	1

Situação semelhante é relatada por Monico (2001), em Piracicaba, SP onde a “Febre das Sibipirunas”, ocasionada pelo plantio desordenado e sem critérios técnicos realizados pela população, incentivada pela prefeitura, ocasionou uma rejeição generalizada da espécie pela população após sua fase adulta, pelos danos causados à infraestrutura das ruas, e como consequência, verificou-se a erradicação da espécie das vias públicas e a adoção pela população da “arbustificação” da arborização viária deste município, que tem provocado uma profunda falta de conforto climático nas vias do perímetro urbano.

O bairro Vila Esperança II, localizado na Zona Norte apresentou o maior número de indivíduos mensurados no inventário (24,5% dos indivíduos do censo), e também obteve indivíduos representados em todas as classes diamétricas, assim como os bairros Chácara Alvorada, Jardim Vitória, Parque das Palmeiras, Cidade Alta, Farigot de Souza, Condomínio Habitacional Itamarati e Zona de Armazém I.

Na classe diamétrica de 65,1 cm a 70,0 cm não houve representação de indivíduos em sete bairros (46,7%) onde ocorreram indivíduos com dimensões aceitáveis para mensuração, a saber Jardim Oásis (Zona Norte), Jardim Novo Horizonte IV (Zona Sul), Jardim Cerro Azul (Zona Leste), Jardim Ouro Cola (Zona Oeste), Jardim Continental (Zona Oeste), Jardim Alamar (Zona Centro), Jardim Laudicéia (Zona Centro). Tal fato se deve aos referidos bairros pertencerem às novas áreas urbanizadas, ou seja, loteadas a menos de 30 anos.

As alturas totais inferiores a 6,0 m se concentraram unicamente na Zona Norte, nos Bairros Jardim Vitória e Vila Esperança II, e como anteriormente mencionado (Figura 14), tal fato se deve a exemplares implantados em solos extremamente compactados e podas de raízes e de copa de intensidade elevada, que prejudicaram o pleno desenvolvimento dos indivíduos em altura.

A maior concentração de indivíduos (93,2%) em classes de altura foi entre 9,1 m e 18,0 m. Os indivíduos pertencentes às maiores classes de altura (1,4%), que corresponderam ao intervalo de 18,1 m até 27,0 m, foram todos mensurados no Bairro Cidade Alta e Vila Esperança II.

Os fatores que explicariam o maior crescimento, em altura, dos indivíduos, nestes bairros, seriam o menor número de intervenções de manejo, como podas, em relação, principalmente, aos indivíduos da área do centro que pelos constantes conflitos gerados com o mobiliário urbano e edificações são submetidos, com mais frequência, a esta prática, reduzindo o ritmo de crescimento das árvores.

Outro fator associado seria a pavimentação tardia das áreas de circulação de pedestres nas calçadas e a existência de várias áreas ainda não edificadas, o que permite um menor grau

de compactação do solo e maior disponibilidade de nutrientes aos exemplares, ao contrário da Zona Centro, que apresenta todas suas calçadas pavimentadas e vias asfaltadas, reduzindo drasticamente as possibilidades de uma nutrição adequada aos indivíduos nesta área e associada a outros estresses ambientais reduz seu desenvolvimento principalmente em altura.

Com base na Tabela 4 pode-se observar, como anteriormente comentado (Figura 16), que as alturas de bifurcações e galhos mantiveram-se iguais nos indivíduos mensurados, e que tal fato ocorre em função do manejo de podas realizados nos indivíduos.

Um fator que se ressalta seria a ocorrência de concentração considerável (8,9%) de indivíduos com baixas alturas (0,1 m a 1,0 m) de bifurcação e primeiro galho ocorridas na Zona Norte.

Em especial no Jardim Vitória (40,6% dos indivíduos do bairro) apresentam tal parâmetro, que se deve essencialmente a danos mecânicos na fase de muda, por ocorrência de vandalismo ou acidentes em serviços de carga e descarga de veículos e o morador, como forma de recuperar a muda, realiza podas drásticas na mesma e conduz todas as brotações, o que gera alturas de primeiro galho vivo e bifurcação extremamente baixas e inadequadas, posteriormente demanda uma grande necessidade de podas para adequação destes indivíduos ao espaço disponível para crescimento.

Os únicos bairros que não apresentaram indivíduos bifurcados na classe de 0,1 a 1,0 m foram Jardim Cerro Azul (Zona Leste) e Jardim Laudicéia (Zona Centro), isto se deve, a ambos os bairros apresentarem uma localização privilegiada no entorno do Bosque dos Pioneiros, sendo este um importante ponto turístico do município, conseqüentemente os bairros de seu entorno recebem uma “maior atenção” nas ações de manejo da arborização por parte do órgão público responsável.

A classe de 1,1 a 2,0 m para a altura de bifurcação e primeiro galho concentrou 57,5% dos indivíduos mensurados no inventário, o que se deve ao manejo na produção de mudas do viveiro municipal, que conduz as podas de formação de copa para os caracteres como a altura de bifurcação e primeiro galhos dos indivíduos a 1,8 m de altura.

As alturas de bifurcação e primeiro galho acima de 2,0 m concentraram 32,0% dos indivíduos mensurados no inventário e predominantemente pertenciam a áreas de urbanizações mais antigas do perímetro urbano como o caso da Zona Norte (Chácara Alvorada, Jardim Vitória, Parque das Palmeiras e Vila Esperança II), Zona Leste (Cidade Alta, Farigot de Souza e Jardim Cerro Azul), Jardim Novo Horizonte IV (Zona Sul) e também em todos os bairros da Zona Central.

Tabela 4 - Distribuição das alturas de bifurcação e primeiro galho mensurados nos indivíduos inventariados no perímetro urbano de Maringá – PR, os dados são apresentados em frequência absoluta de ocorrência

Bairros	Altura de bifurcação (m)							Altura do primeiro galho (m)						
	0,1 -1,0	1,1 - 2,0	2,1 - 3,0	3,1 - 4,0	4,1 - 5,0	5,1 - 6,0	6,1 - 7,0	0,1 -1,0	1,1 - 2,0	2,1 - 3,0	3,1 - 4,0	4,1 - 5,0	5,1 - 6,0	6,1 - 7,0
Zona Norte														
Chácara Alvorada	12	32	9	1			1	12	32	9	1			1
Jardim Oásis	8	9						8	9					
Jardim Vitória	44	48	8	1				44	48	8	1			
Parque das Palmeiras	24	80	19	2				24	80	19	2			
Vila Esperança II	5	156	73	11	4	2	1	5	156	73	11	4	2	1
Total	93	325	109	15	4	2	2	93	325	109	15	4	2	2
Zona Sul														
Jd. Novo Horizonte IV	1	9	5					1	9	5				
Total	1	9	5	0	0	0	0	1	9	5	0	0	0	0
Zona Leste														
Cidade Alta	3	64	85	10	2			3	64	85	10	2		
Farigot de Souza	2	127	34	1				2	127	34	1			
Jardim Cerro Azul		17	6	1	2		1		17	6	1	2		
Total	5	208	125	12	4	0	1	5	208	125	12	4	0	0
Zona Oeste														
Jardim Ouro Cola	1	12	1					1	12	1				
Jardim Continental	2	3	1					2	3	1				
Total	3	15	2	0	0	0	0	3	15	2	0	0	0	0
Zona Centro														
Cond. Hab. Itamarati	3	16	20	2	3		1	3	16	20	2	3		1
Jardim Alamar	2	4	1					2	4	1				
Jardim Laudicéia		3	1						3	1				
Zona de Armazém I	1	18	20	3	2			1	18	20	3	2		
Total	6	41	42	5	5	0	1	6	41	42	6	5	0	1
Total Geral	108	598	283	32	13	2	4	108	598	283	32	13	2	3

Em relação à cobertura arbórea dos indivíduos de Sibipiruna (*Poincianella pluviosa*) implantados nas vias públicas das zonas e bairros avaliados no inventários, como pode ser observado na Tabela 5, verifica-se que a Zona Norte representou 46,1% da cobertura arbórea mensurada, como anteriormente ressaltado, tal fato se deve a predominância de indivíduos de grandes dimensões na zona, principalmente localizados na Vila Esperança II.

As menores coberturas arbóreas observadas foram nas Zonas Sul e Oeste, que equivalem juntas a 3,1% do total de cobertura arbórea inventariada. A Zona Oeste apresenta uma cobertura arbórea da espécie estudada de 1.787,5 m² (1,6% do total), devido basicamente a dois fatores: primeiro, por ser uma área de urbanização relativamente nova (em torno de 20 anos) e limítrofe com o meio rural do município, sendo que ambos os bairros inventariados (Jardim Continental e Ouro Cola), foi encontrado aspectos rurais tanto na arborização viária como na paisagem do entorno; e também por ser uma área destinada, em quase sua totalidade, voltada para atividade industrial, portanto intrinsecamente caracterizada por escassa arborização viária.

A Zona Sul apresenta a menor cobertura arbórea dentro da área avaliada, equivalente a 1.700,4 m² (1,5% do total), devido seus bairros serem pertencentes a urbanizações novas (inferiores a 30 anos) e a maioria desses bairros loteados por estarem as margens do anel viário Prefeito Sincler Sambatti tiveram suas áreas usadas para fins de serviços de transporte de carga, que por sua vez caracterizam-se como locais com lotes de grandes dimensões e com arborização extremamente escassa ou inexistente no entorno deste, havendo apenas arborização viária nos bairros mais distanciados deste anel viário, como o caso do Jardim Novo Horizonte IV.

As demais Zonas (Leste e Centro) representaram 50,9% da cobertura arbórea inventariada, destacando-se em contraste dentro destas áreas densamente arborizadas com a espécie estudada, as pequenas coberturas arbóreas nos bairros: Jardim Cerro Azul (Zona Leste), Jardim Alamar e Laudicéia (ambos na Zona Centro), que se devem a estes bairros apresentarem-se como urbanizações relativamente novas dentro do perímetro urbano do município, entre 20 e 15 anos respectivamente, portanto não sendo possível encontrar muitos indivíduos aptos para mensuração dentro do intervalo considerado para o estudo (45,1 a 70,0 cm).

Tabela 5 - Panorama das áreas de copas (m²) dos indivíduos de Sibipiruna (*Poincianella pluviosa*) inventariados no perímetro urbano estudado de Maringá – PR, os dados são apresentados em frequência absoluta de ocorrência

Bairros	Cobertura arbórea (m ²)	Área de copa (m ²)								
		≤ 33,0	33,1 - 66,0	66,1 - 99,0	99,1 - 120,0	120,1 - 150,0	150,1 - 180,0	180,1 - 210,0	210,1 - 240,0	240,1 - 270
Zona Norte										
Chácara Alvorada	6.708,6			12	16	15	8	4	1	
Jardim Oásis	1.956,7		1	4	3	8	1			
Jardim Vitória	11.317,0	10	29	24	24	9	5			
Parque das Palmeiras	15.200,0		5	32	31	30	19	5	3	
Vila Esperança II	32.747,3	1	14	54	50	62	43	23	7	
Total	52.729,6	11	49	125	124	124	76	32	11	0
Zona Sul										
Jd. Novo Horizonte IV	1.700,4		1	5	3	3	3			
Total	1.700,4	0	1	5	3	3	3	0	0	0
Zona Leste										
Cidade Alta	20.654,1		12	36	30	42	25	13	6	1
Farigot de Souza	22.911,9		8	28	31	38	19	27	7	6
Jardim Cerro Azul	3.024,4		6	3	5	10	1	2		
Total	46.590,4	0	26	67	66	90	45	42	13	7
Zona Oeste										
Jardim Ouro Cola	1.183,8		4	5	4	1				
Jardim Continental	603,7			3	2	1				
Total	1.787,5	0	4	8	6	2	0	0	0	0
Zona Centro										
Cond. Hab. Itamarati	5.818,6		2	5	6	14	7	4	5	1
Jardim Alamar	605,8		1	2	2		1			
Jardim Laudicéia	290,2			2	1					
Zona de Armazém I	4.883,2		2	17	9	12	3	1		
Total	11.597,8	0	5	26	18	26	11	5	5	1
Total Geral	114.405,7	11	85	231	217	245	135	79	29	8

Com base nos indivíduos inventariados, observa-se que 1,1% destes (Tabela 5) apresentam áreas de copa inferiores a 33,0 m², o que se deve a estresses fisiológicos sofridos por podas drásticas tanto de copa como de raízes.

Todos estes exemplares encontram-se implantados na Zona Norte, nos bairros Jardim Vitória e Vila Esperança II, que são bairros mais afastados da Zona Centro e de baixo padrão econômico, e conseqüentemente com um manejo da arborização urbana bastante deficitário, por parte do órgão público responsável, quanto ao atendimento das solicitações da população e de equipes de funcionários disponíveis para o atendimento nas áreas periféricas, sendo assim, este serviço executado no caso das podas aéreas (de copa) pelos próprios moradores ou companhia de eletrificação, e nas podas de raízes executada pela Companhia de Saneamento sem nenhum critério técnico, e na maioria dos casos, reduzindo o vigor fisiológico dos indivíduos e desestabilizando-os, gerando risco de queda e danos a população.

Na classe de 33,1 m² a 66,0 m² de área de copa, observou-se que 8,2% dos indivíduos se concentravam na mesma, sendo que a maioria dos indivíduos, 56,5%, representados nesta, oriundos do Bairro Jardim Vitória (Zona Norte), o que evidencia que embora os estresses por questões de manejo (podas aéreas e radiculares) sofridos, os indivíduos estão recuperando suas copas.

O maior percentual de indivíduos (79,6%) concentraram suas áreas de copa entre 66,1 m² a 180,0 m², sendo os bairros da Zona Norte e Leste que apresentam o maior percentual (86,6%) de indivíduos com copas nestas dimensões, o que se deve, como anteriormente ressaltado, aos indivíduos nestas áreas não sofrerem podas tão frequentes como os da Zona Centro e também pelo menor grau de compactação e impermeabilização do solo nestes locais (menor grau de urbanização e impermeabilização, menor fluxo de pedestres, etc.) e menor concentração de poluentes, que são os principais fatores de estresse fisiológico no meio urbano.

As dimensões de copa de 180,1 a 240,0 m² foram encontradas somente nas Zonas Norte, Leste e Centro, representando 10,4% dos indivíduos mensurados.

Sendo a Zona Leste responsável por 5,3% de todos os indivíduos nestas dimensões, tal fato se deve principalmente, como anteriormente relatado, esta zona ser uma das mais periféricas do perímetro urbano do município, e, portanto, bastante carente tanto no manejo dos exemplares, como infraestrutura urbana básica, por exemplo cita-se o caso do Bairro Cidade Alta, onde coletaram-se as árvores amostra para quantificação da biomassa e teor de carbono orgânico, que recebeu somente sistema de esgotamento sanitário e asfaltamento a uma década apenas, tal fato fez com que os indivíduos sofressem menores agressões ao seu

sistema radicular pelas podas radiculares efetuadas pela Companhia de Saneamento, garantindo um maior desenvolvimento dos exemplares nesta região.

Em relação aos solos urbanos, particularmente ao longo das avenidas e ao redor das habitações, são geralmente bons exemplos de solos com conservação e manejo pobres. Os espaços livres de pavimentações, fundações, esgotos e escavações são ocupados para canalizações de água e gás, geralmente espalhados na superfície do solo. Apresentam normalmente, quantidades variáveis de nutrientes e pouca ou nenhuma matéria orgânica. Em geral, contêm quantidades limitadas de nitrogênio e potássio, podendo ainda ser deficientes em vários outros elementos essenciais (HIMELICK, 1975; DYER e MADER, 1986).

De acordo com Craul (1994), os principais problemas, entre vários comumente encontrados quando se faz o plantio e a manutenção da vegetação urbana, são: compactação, restrição do movimento de água e ar, presença de materiais antrópicos, espaço confinado e limitado para as raízes e ciclagem de nutrientes interrompida.

A ocorrência de indivíduos com áreas de copa entre 240,1 a 270,0 m² foi de 0,8%, sendo a Zona Leste que concentrou a maioria destes (87,5%) e a Zona Centro apenas 12,5%, o que está ligado diretamente a fatores, como anteriormente comentado, como manejo (podas), áreas livres (canteiros) e estresses fisiológicos como poluição ambiental, ocorrência de pragas e doenças, sendo estas podem ter verificadas suas ocorrências na Tabela 6.

4.1.2 Áreas livres e fitossanidade

Analisando a Tabela 6, verificou-se que a inexistência de áreas livres para desenvolvimento dos indivíduos é de 14,7% do total inventariados, sendo as zonas Norte e Leste as áreas com maiores percentuais de ocorrência, respectivamente 57,5% e 32,7%, o que se deve, como relatado (Figura 19) às reformas de calçamento efetuadas pelos moradores, sendo o Bairro Vila Esperança II (Zona Norte) que apresentou o maior percentual (32,0%) de ocorrências de áreas livres inexistentes, seguido do Bairro Farigot de Souza (Zona Leste) com 16,2%, diante deste cenário é crucial uma ação de cunho educacional técnico a população de como efetuar a construção e reforma de calçamentos por parte do órgão público responsável, uma vez que, não é mais possível em lotes já edificados a implantação de uma calçada e área livre adequada para o desenvolvimento dos indivíduos, e que nos lotes não edificados (baldios), situação bastante comum nestas duas zonas sejam implantadas amplas e com áreas livres adequadas a uma arborização de médio a grande porte.

Tabela 6 - Distribuição dos indivíduos de Sibipiruna (*Poincianella pluviosa*) mensurados no inventário dos bairros estudados em função da área livre disponível e fitossanidade geral, os dados são apresentados em frequência absoluta de ocorrência

Bairros	Área livre (m ²)					Fitossanidade			
	Inexistente	< 0,5	0,5 - 1,0	1,0	> 1,0	Sadia	Atacada por cupim	Com presença de hemi-parasitas	Com presença de fungos apodrecedores
Zona Norte									
Chácara Alvorada	10	1	2	10	32	12	31	8	24
Jardim Oásis	2		3	5	7	5	10		6
Jardim Vitória	13	2	15	19	52	41	42	3	26
Parque das Palmeiras	14	2	12	29	68	56	49	2	35
Vila Esperança II	49	5	41	43	117	57	126	84	104
Total	88	10	73	106	276	171	258	97	195
Zona Sul									
Jd. Novo Horizonte IV		1	6	2	6	5	4		7
Total	0	1	6	2	6	5	4	0	7
Zona Leste									
Cidade Alta	24	5	42	34	60	49	74	6	63
Farigot de Souza	25	4	35	36	64	51	89	3	59
Jardim Cerro Azul	1		10	8	8	6	12	7	10
Total	50	9	87	78	132	106	175	16	132
Zona Oeste									
Jardim Ouro Cola	4	1	4	3	2	6	5		5
Jardim Continental			1	1	4	3	3		3
Total	4	1	5	4	6	9	8	0	8
Zona Centro									
Cond. Hab. Itamarati	4		6	9	24	11	27	6	15
Jardim Alamar	1	1	1	2	1	3	4		
Jardim Laudicéia	1		1		1	2			1
Zona de Armazém I	3		4	6	31	22	12	3	14
Total	9	1	12	17	57	38	43	9	30
Total Geral	151	22	183	207	477	329	488	122	372

A ocorrência de áreas livres menores ou iguais a 0,5 m² se deu em 2,1% dos indivíduos inventariados, sendo predominante nas Zonas Norte (45,5%) e Leste (40,9%) devido a construção de calçadas estreitas (1,75 m) que não permitem a adoção de uma área livre adequada para o desenvolvimento radicular dos indivíduos e por conseguinte aumentando consideravelmente, como anteriormente comentado, a necessidade de reformas de calçadas e podas do sistema radicular, a maior ocorrência deste tipo de área livre foi verificada nos Bairro Vila Esperança II(22,7%), Cidade Alta (22,7%) e Farigot de Souza (18,2%).

As áreas livres com dimensões de 0,5 a 1m² representaram 17,6% dos indivíduos mensurados encontravam-se implantados nestas, sendo o bairro Cidade Alta (Zona leste) com o maior percentual de indivíduos (23,0%) implantados nestas áreas, o que por sua vez gera danos severos ao calçamento (trincas) e até mesmo danos a construções como muros e casas,

gerando uma grande demanda de pedidos de cortes de indivíduos neste bairro e consequentemente uma “rejeição” generalizada pela população do bairro pela espécie.

Para a área livre de 1,0 m² observou-se um percentual de 19,9% dos indivíduos mensurados implantados nestas, destacando-se as Zonas Norte e Leste respectivamente. As áreas livres maiores que 1,0 m² representaram 45,7% sendo a Zona Centro que apresentou o maior percentual (58,3%) dos indivíduos nestas condições. Como anteriormente ressaltado, se deve a localização privilegiada dos bairros, ocorre um maior zelo por parte do órgão público responsável quanto ao manejo da arborização viária.

Quanto às condições fitossanitárias dos indivíduos, verificou-se que 31,6% dos mesmos encontravam-se sadios, sendo a Zona Centro que apresentou o maior percentual (39,6%) de indivíduos sadios mensurados, seguida pela Zona Leste (37,1%), Zona Sul (33,3%), Zona Norte (30,9%) e o menor percentual foi encontrado na Zona Oeste (30,0%).

O fato da Zona Oeste apresentar o menor percentual de indivíduos sadios de Sibipiruna se deve a mesma ser uma área periférica, onde o manejo dos exemplares é realizado pelos moradores, resultando em áreas livres inadequadas, podas drásticas, etc., e no caso do Jardim Ouro Cola, se imprime mais uma fator para corroborar com o estresse fisiológico, que é a poluição, pois o mesmo localiza-se dentro de um distrito industrial, sendo o nome do próprio bairro alusivo a uma das primeiras empresas implantadas no local.

O ataque de cupins foi verificado em 46,9% dos indivíduos inventariados, sendo o maior percentual verificado na Zona Norte com 52,9% dos indivíduos atacados, destacando-se a Vila Esperança II, com o maior percentual de infestação, que somente na classe diamétrica de 45,1 a 70,0 cm equivaleu a 49,4%, o que se deve, como anteriormente ressaltado, a arborização viária deste bairro ser predominante de Sibipirunas, o que amplia a severidade do ataque de pragas e doenças sobre os indivíduos.

Os menores percentuais de ataques de cupins foram encontrados na Zona Sul (0,8%) e Oeste (1,6%), o que se deve a serem urbanizações mais novas (inferiores a 30 anos) e suas vias serem mais diversas em espécies arbóreas.

A ocorrência de plantas hemiparasitas nos indivíduos foi de 11,7%, destacando-se como anteriormente ressaltado, a principal espécie a Figueira mata-pau (*Ficus guaranitica*), sendo a Zona Norte que obteve 79,5% dos seus indivíduos parasitados, destacando-se mais uma vez a Vila Esperança II, com 32,9% dos indivíduos infestados por esta planta, que se deve ao emprego da mesma na arborização de vias públicas e canteiros centrais, sendo posteriormente disseminadas suas sementes pela avifauna urbana. Não se verificou a

ocorrência de plantas hemiparasitas nas Zonas Sul e Oeste, e a Zonas Centro e Leste a ocorrência foi respectivamente de 7,4% e 13,1%.

Os fungos apodrecedores foram observados em 35,8% dos exemplares, sendo que a Zona Leste apresentou o maior percentual (37,1% de indivíduos atacados), seguida da Zona Norte, com 35,3% e as demais Zonas (Oeste, Sul e Centro) juntas com 34,4% dos indivíduos infestados.

Conforme Klechowicz (2001), a presença de pragas e doenças em árvores é comum, porém nas áreas urbanas, pela baixa diversidade biológica, falta de inimigos biológicos naturais e condições de estresse a que estas árvores estão submetidas (poluição, espaço reduzido para o desenvolvimento, entre outros), podem ocorrer infestações de pragas e doenças, as quais, devido às características locais, podem ser difíceis de combater.

Com base nestes aspectos, Gonçalves e Paiva (2006) ressaltam que a diversidade biológica tem sido uma das principais formas de controle de pragas. Para tanto, é necessário o emprego de planos de gestão da arborização, onde se adotem critérios, como o de que uma única espécie não ultrapasse a 15,0% do número de indivíduos totais na composição paisagística de uma cidade.

4.1.3 Tipos de podas realizadas e qualidade de copa e troncos

Com base na Tabela 7, observa-se que dentro do intervalo diamétrico avaliado (45,1 a 70,0 cm), apenas 1,2% dos indivíduos nunca sofreram podas, que essencialmente são os implantados em lotes baldios (lotes não edificadas) e que não estavam sob fiação aérea, e 98,8% dos indivíduos avaliados já sofreram um ou mais tipos de poda.

Dentre os tipos de podas mais realizados está a poda de levantamento de copa realizada em 76,9% dos indivíduos mensurados, sendo a maior ocorrência nas Zonas Norte e Leste, respectivamente nos bairros Vila Esperança II (90,6%), Parque das Palmeiras (90,4%) e Farigot de Souza (76,2%).

Como anteriormente relatado, se deve a adequações dos exemplares ao novo padrão de iluminação pública rebaixado e também para liberação do fluxo do trânsito de veículos e pedestres nas calçadas, sendo mais intensas estas podas nos indivíduos que sofreram ações de vandalismo e após isto tiveram suas brotações conduzidas.

Tabela 7 - Panorama dos principais tipos de poda, qualidade de copa e troncos dos indivíduos mensurados no inventário do presente estudo na arborização viária de Maringá – PR, os dados são apresentados em frequência absoluta de ocorrência

Bairros	Tipos de podas realizadas nos indivíduos							Qualidade de Copa				Qualidade de tronco			
	Levantamento de copa	Poda de liberação em "V"	Poda de liberação em "U"	Poda em furo	Poda drástica	Poda de raiz	Não podado	Sadia	Epicórmica	Clorótica	Estressada	Íntegro	Injuriado	Oco	Anelado
Zona Norte															
Chácara Alvorada	47	21	1		3	7		40	5	2	8	23	25	7	1
Jardim Oásis	17	1						12	1	2	2	7	9	1	
Jardim Vitória	95	44	3		1	4	1	74	15	4	8	53	46	4	
Parque das Palmeiras	113	52	8		1	16		84	20	15	6	57	65	11	
Vila Esperança II	231	86	13	1	2	18	1	185	30	16	24	149	103	28	
Total	503	204	25	1	7	45	2	395	71	39	48	289	248	51	1
Zona Sul															
Jd. Novo Horizonte IV	5	10	1					13	1	1		7	7	2	
Total	5	10	1	0	0	0	0	13	1	1	0	7	7	2	0
Zona Leste															
Cidade Alta	80	81	3		2	6	7	123	14	6	22	74	73	23	
Farigot de Souza	125	74	8		5	7	2	121	10	10	23	76	85	8	
Jardim Cerro Azul	12	17	2	1	3	4	1	16	5	3	3	15	7	5	
Total	217	172	13	1	10	17	10	260	29	19	48	165	165	36	0
Zona Oeste															
Jardim Ouro Cola	7	6	2		2	1		12	1		1	8	4	2	
Jardim Continental	5	2	1						5		1	2	3	2	
Total	12	8	3	0	2	1	0	12	6	0	2	10	7	4	0
Zona Centro															
Cond. Hab. Itamarati	41	9			2			38	2	1	2	13	30		
Jardim Alamar	6	1						5	1			5	1		
Jardim Laudicéia	1	2	1						2		1	2	1		
Zona de Armazém I	15	32	9	2	1	6		28	2		14	31	9	4	
Total	63	44	10	2	3	6	0	71	7	1	17	51	41	4	0
Total Geral	800	438	52	4	22	69	12	751	114	60	115	522	461	93	1

As podas para liberação de fiação aérea corresponderam, nas zonas avaliadas, a 47,5% dos indivíduos inventariados, sendo destas o tipo de poda mais ocorrente de liberação em “V”, com 42,1% dos indivíduos apresentando este tipo de poda, o que se deve ao emprego totalitário do sistema convencional de eletrificação no período de implantação e manejo inicial de podas dos indivíduos.

As zonas Oeste, Norte e Leste apresentaram os bairros com os percentuais mais elevados de ocorrências deste tipo de poda, sendo: Jardim Ouro Cola (42,9%), Vila Esperança II (33,7%), Cidade Alta (49,1%) e Farigot de Souza (45,1%).

Klechowicz (2001), avaliando as principais causas de acidentes com árvores em Curitiba – PR, verificou que a grande causa era a realização da poda para liberação da fiação em “V” (40% das ocorrências), sendo que em todas as árvores que foi aplicada tal poda, esta foi realizada sem nenhum critério técnico, portanto somente tendo em mente a necessidade de eliminar o causador do problema, ou seja, a “árvore”.

A referida autora coloca ainda que este sistema de manejo “pró-rede” foi a principal fonte desencadeadora de mais de 30,0% dos acidentes que afetaram a própria rede, pois a poda de galhos realizados por mão-de-obra despreparada pode ser responsável por vários danos às árvores devido aos ferimentos resultados do corte dos galhos, que além da entrada de pragas e doenças gera o declínio dos exemplares e conseqüentemente a desestabilização destes.

A poda de liberação de fiação aérea em “U” foi observada em 5,0% dos indivíduos mensurados, sendo que as zonas de maior ocorrência deste tipo de poda foram: Zona Norte (48,1%), Leste (25,0%), Centro (19,2%) e demais Zonas (Oeste e Sul) representaram juntas 7,7%. A poda de liberação de fiação aérea em “furo”, muito comum em locais onde a fiação área é do tipo compacta, foi observada apenas em 0,4% dos indivíduos, sendo verificada apenas na Vila Esperança II (Zona Norte), Jardim Cerro Azul (Zona Leste) e Zona de Armazém I (Zona Centro), enquanto que nas Zonas Oeste e Sul não se verificou nenhuma ocorrência de poda deste tipo.

O baixo percentual de podas do tipo em furo se deve aos exemplares em grande parte do ciclo de desenvolvimento sob fiação convencional que permite apenas podas em “U” e “V”, sendo a troca deste sistema por uma fiação compacta ocorreu apenas quando os indivíduos já se apresentavam com suas copas conformadas neste tipo de poda. Os indivíduos que apresentaram este tipo de poda foram indivíduos jovens, pertencentes ao intervalo diamétrico inferior (45,1 cm) estudado, que foram implantados após a troca do sistema de fiação aérea convencional pelo compacto.

A poda drástica foi observada em 6,6% dos indivíduos mensurados, distribuídas nas Zonas Norte (1,3%), Leste (2,8%), Oeste (10,0%), Centro (3,1%) e na Zona Sul não houve ocorrências da realização deste tipo de poda.

O elevado percentual de exemplares podados drasticamente na Zona Oeste se deve a intervenção dos moradores no manejo da poda das árvores, enquanto que na Zona Centro a ocorrência da poda drástica nos indivíduos mensurados foi ocasionada em função da correção e realização de reparos em infraestruturas urbanas em razão de danos por fenômenos de ordem climática ocorridos nestes indivíduos.

A poda de raízes ocorreu em 6,6% dos indivíduos mensurados no inventário, onde as Zonas que mais apresentaram este tipo de poda foram: Norte (8,1%), Leste (4,8%), Oeste (5,0%) e Centro (6,3%), na Zona Sul não se observou a ocorrência de podas no sistema radicular em função da área ser urbanizada recentemente (inferior a 30 anos), os indivíduos implantados encontram-se jovens sem necessidade de tal prática, e também em razão das áreas novas de urbanização pela legislação municipal são obrigadas a serem entregues pelas loteadoras devidamente calçadas, com sistema de esgotamento sanitário e com a arborização viária implantada contribui consideravelmente para a redução ou até mesmo eliminação da prática de poda de raízes em novos loteamentos, ao contrário dos antigos como a Zona Norte, Oeste e Leste.

A Zona Centro apresentou um percentual de 6,3% dos indivíduos com sistema radicular podado em virtude essencialmente da reforma de calçadas, sendo estas concentradas totalmente no bairro Zona de Armazém I, que se caracteriza como uma área de intensa circulação tanto de pedestres como veículos, por estar nas imediações de uma das principais avenidas da área urbana a Avenida Brasil.

A poda de raízes, em termos fisiológicos para árvore, representa uma significativa perda de biomassa de raízes, uma vez que, à medida que os indivíduos vão atingindo grandes dimensões (maduros) e ocorre o conseqüente aumento no diâmetro de raízes, há como resultado um decréscimo acentuado na regeneração e um aumento na longevidade das raízes de maior diâmetro.

Outro fator que implica sobre a dinâmica de raízes de árvores urbanas é que fatores ambientais como aumento da temperatura do solo e períodos de déficit hídrico, maior número de floradas induzidos pela iluminação artificial, situação comum em áreas urbanas, resultam também em decréscimos severos na dinâmica de raízes (FREITAS, BARROSO e CARNEIRO, 2008)

Nesse sentido, Barros (2010) ressalta que as raízes atrofiadas pela poda irregular e a grande incidência de patógenos (cupins, pragas, doenças) facilitam a queda de centenas de árvores a cada chuva mais intensa. O impacto da queda destrói carros, telhados de casas, semáforos, redes de fiação, bloqueiam vias e colocam em risco a vida humana, sendo que as mesmas sibipirunas que doam sombra nos dias ensolarados são motivos de apreensão nos dias chuvosos.

Teodoro e Amorim (2009) relatam, em seu estudo sobre os impactos urbanos em Maringá – PR, que verificaram durante os anos de 1987 a 2006 a ocorrência de uma média de 93,8 registros de queda de árvores por mês no período de primavera e verão, sendo a principal causa de tais quedas as podas drásticas realizadas tanto nas copas para liberação da fiação como podas do sistema radicular associado à ocorrência de intensas chuvas e rajadas fortes de ventos.

A consequência direta das reformas de calçadas neste bairro (Zona de Armazém I) é que, além da desestabilização dos indivíduos, gerando risco de queda de exemplares e à população, ocorre a descaracterização do plano inicial de arborização viária do município, com amplas calçadas e canteiros com indivíduos arbóreos de grande porte, com a Sibipiruna formando túneis verdes, sendo substituído por calçadas com indivíduos concretados até sua base e com baixo vigor fisiológico, totalmente desestabilizados, aumentando assim a rejeição da população pela espécie, e por sua vez, causando o elevado número de pedidos de supressão na área.

Tal fato é comprovado por Sampaio (2006) que ressalta que em Maringá são feitos diariamente 20 a 30 pedidos de supressão de árvores viárias na Secretaria de Serviços Públicos e que este número vem aumentando, sendo que, em média, são suprimidas de 120 a 150 árvores por mês, e o replantio destas só ocorre em 32% dos pedidos deferidos.

Os indivíduos com qualidade de copa considerada sadia representaram um percentual de 72,2%, sendo a Zona Sul a que apresentou o maior percentual de indivíduos com a copa dita sadia (86,7%), o que se deve aos indivíduos apresentarem-se relativamente jovens, seguida da Zona Centro com 74,0%, Leste com 73,3%, Norte com 72,2% e o menor percentual de indivíduos a Zona Oeste com 60,0%.

Tal fato pode estar relacionado aos bairros da referida zona encontrarem-se localizados dentro de uma área predominantemente industrial, que conseqüentemente resulta numa grande concentração de poluentes atmosféricos que reduzem o potencial fotossintético e também pela grande ocorrência de podas drásticas realizadas pelos moradores e ocorrências de pragas como cupins, como anteriormente constatado na Tabela 6.

Conforme Takagi e Gyokusen (2004), as elevadas concentrações de poluentes na atmosfera urbana, além de alterações de morfologia de estruturas externas e predisposições a ataque de patógenos, tem provocado profundas alterações no comportamento fotossintético das árvores urbanas, pois estes autores, estudando os efeitos da poluição atmosférica em indivíduos de *Ilex retunda* implantados na arborização viária de Fukuoka, no Japão, verificaram que a atividade fotossintética de árvores expostas a maiores concentrações de óxidos nitrosos apresentava-se mais elevada, dadas alterações de condutância estomáticas produzidas pela maior disponibilidade de nitrogênio nestes locais, quando comparado às áreas onde a concentração de óxido nítrico (NO₂) apresentava-se mais baixa.

Segundo Harris (1992), as folhas, o tronco e os galhos são as principais partes de uma árvore que podem ajudar o pesquisador ou técnico a diferenciar uma árvore saudável de outra que sofreu algum distúrbio. Tronco e galhos podem apresentar baixo vigor quando apresentam poucas folhas, grande exsudação e orifícios.

A aparência da brotação, ramos ou galhos, no tronco principal pode indicar uma súbita mudança de condições ambientais, injúria estrutural, doenças ou podas drásticas.

Os efeitos fisiológicos visíveis ou sintomas de deficiências minerais indicam o resultado de alterações nos vários processos bioquímicos e fisiológicos internos. Geralmente, é difícil determinar com certeza qual nutriente produz cada um dos efeitos observados em virtude das complexas interações existentes.

Em geral, a deficiência mineral acarreta a redução tanto da síntese dos carboidratos como do respectivo transporte para os tecidos em crescimento, frequentemente, a fotossíntese e a respiração são afetadas (KRAMER e KOZLOWSKI, 1960).

Em relação à perda de qualidade da copa, observou-se que 11,0% dos indivíduos mensurados apresentavam copas ditas epicórmicas, sendo que a Zona Oeste apresentou o maior percentual de indivíduos epicórmicos (30,0%), seguido da Zona Norte (12,8%), Zona Leste (8,2%), Zona Centro (7,3%) e o menor percentual observado foi na Zona Sul (6,7%).

Os principais fatores que contribuem para este elevado percentual de indivíduos epicórmicos são as podas drásticas realizadas pelos moradores (10%) e também as podas de liberação de fiação em “V” (40,0%) realizadas para liberação da fiação convencional ainda existente em algumas áreas dos bairros que, conseqüentemente, além da epicormia resulta na redução da área de copa (Tabela 4) e capacidade de sombreamento dos indivíduos nesta zona.

Conforme Martins, Andrade e De Angelis (2010), as podas mais severas, tais como as podas drásticas, favorecem o aparecimento das brotações epicórmicas, devido ao desequilíbrio ocasionado entre a relação biomassa foliar e radicular, ocasionando como reação

compensatória a quebra da dormência das gemas epicórmicas, gerando brotações que levam ao aumento da necessidade da prática de poda, pois a ausência do controle de brotações gera, em pouco tempo, novos galhos a serem podados novamente, pois os mesmos são frágeis e suscetíveis a quedas devido a ações de fenômenos climáticos como chuvas e ventos, além de atingirem as fiações aéreas mais rapidamente.

A clorose de copa foi verificada em 5,8% dos indivíduos inventariados, sendo as Zonas Norte e Leste as que apresentaram os maiores percentuais deste tipo de copa, respectivamente 65,0% e 48,3%. Os menores percentuais observados foram nas Zonas Sul e Centro, que equivaleram juntas a 3,3%.

Na Zona Oeste não se verificou nenhuma ocorrência de indivíduos com copa dita clorótica. Como anteriormente ressaltado, a clorose se deve, nesse ambiente, às severas podas de raízes realizadas para a manutenção do sistema de tubulações de água e esgoto, realizadas pela companhia de saneamento.

Em termos fisiológicos, a clorose se caracteriza pelo amarelecimento das folhas, sobretudo as maduras, e até mesmo a sua queda prematura. O reflexo de tal situação é a inibição do crescimento vegetal, devido principalmente a deficiência de nitrogênio (N), fato que a longo prazo se pronuncia na formação de caules (troncos) delgados (finos) e lenhosos, isto devido a um acúmulo excessivo de carboidratos, que não podem ser usados na síntese de aminoácidos ou de outros compostos nitrogenados (TAIZ e ZIEGER, 2004).

Além destes aspectos, a deficiência nutricional, principalmente de N, ocasiona um crescimento tortuoso, chegando até nanismo e surgimento de escleromorfismo, pelo desenvolvimento interrompido, resultando em valores baixos na relação entre a parte aérea e sistema radicular e, em circunstâncias mais graves, o processo reprodutivo e a senescência são antecipados (LARCHER, 2000).

Entre os efeitos da clorose de copa no presente estudo, se observou a redução do crescimento em diâmetro em 51,7% dos indivíduos que apresentavam copa do tipo clorótica em relação ao padrão médio de diâmetro que é de 54,2 cm para área avaliada e a redução do crescimento em altura total foi verificada em 43,3% dos indivíduos que apresentavam copas deste tipo.

A ocorrência de copas do tipo estressada foi observada em 11,0% dos indivíduos mensurados, sendo sua distribuição nas Zonas Norte e Leste, que apresentaram os maiores percentuais de ocorrências, as duas juntas correspondendo a 83,4% dos indivíduos com copas nestas condições; as Zonas Oeste e Centro corresponderam a 16,5%; na Zona Sul não foi verificado nenhum exemplar com copa em tais condições.

O estresse fisiológico em espécies vegetais é entendido como um desvio significativo das condições ótimas para a vida e induz a mudanças e respostas em todos os níveis funcionais do organismo, as quais são reversíveis, a princípio, mas podem se tornar permanentes. Mesmo se uma condição de estresse é somente temporária, a vitalidade da planta torna-se cada vez menor conforme a duração do estresse, e no momento em que o limite de capacidade de ajuste da planta é alcançado, os distúrbios que antes não se manifestavam (distúrbios latentes) aparecem na forma de doenças crônicas ou injúrias irreversíveis (LARCHER, 2000).

As principais formas de estresse apresentadas pelos indivíduos, em especial nas Zonas Norte e Leste, caracterizava-se por uma acentuada redução visível na área de copa e conseqüentemente na biomassa foliar, pela folhagem rala e redução no tamanho dos folíolos em relação aos indivíduos saudáveis, também aparecimento de clorose nos folíolos maduros e coloração verde arroxeada nos escassos folíolos jovens, chegando a um percentual de 53,9% dos exemplares com copa estressada.

Entre os fatores de estresse possíveis para a ocorrência de tal situação destacam-se: poda de levantamento de copa (24,3%), poda de liberação de fiação aérea em “V” (20,9%), presença de cupins (19,1%), presença de fungos apodrecedores (13,9%), área livre (canteiro) inexistente (7,8%), poda de raízes (6,1%) e presença de plantas hemi-parasitas (5,2%).

Para a questão do estresse fisiológico nos exemplares maduros, além dos fatores do ambiente urbano, devemos considerar também o declínio fisiológico natural do ciclo de vida da árvore, principalmente na Zona Centro. Segundo Sampaio (2006), atualmente 30% das árvores da arborização viária de Maringá estariam no seu limite de vitalidade, pois as mesmas encontram-se com 30 a 40 anos de idade em média, sendo que em condições naturais (floresta nativa) as mesmas teriam uma perspectiva de vida de 80 a 100 anos, mas nas condições urbanas mais favoráveis, o limite de idade seria de 40 a 50 anos em média.

Em relação à qualidade do tronco dos indivíduos mensurados, verificou-se que 50,2% dos mesmos apresentavam-se íntegros, dando destaque para a Zona Centro com 53,1% dos indivíduos apresentando seus troncos íntegros, seguida da Zona Norte (52,3%), Oeste (50,0%) e Sul (46,7%), o menor percentual de indivíduos com tronco íntegro foi observado na Zona Leste com apenas 46,3% dos indivíduos nestas condições.

O baixo percentual de indivíduos com tronco íntegro na Zona Leste se deve principalmente à ocorrência de injúrias, pois como anteriormente relatado, nesta região é muito comum o emprego das árvores, por parte da população, para sustentação de lixeiras na frente de suas residências.

Dentro deste contexto, observou-se que 44,3% dos exemplares apresentaram seus troncos injuriados, sendo estas injúrias em sua grande maioria pelo uso indevido dos indivíduos como suporte, ou seja, poste vivo, que seja para sustentação de lixeiras, aros de basquete ou iluminação de residências, entre outros usos atribuídos pela população, o que demonstra uma visão equivocada da arborização viária por esta, que visualiza a arborização viária como parte do mobiliário urbano tendo apenas função de “serviços básicos urbanos”, e não como detentora de funções ambientais e psicológicas que garantem a melhoria de qualidade de vida à população urbana.

Esta visão antagônica da arborização viária como mobiliário urbano e não como parte integrante da paisagem pode estar relacionada ao processo de urbanização instaurado no Município, que se deu pelo modelo de cidades jardins, onde a companhia de colonização entregou uma cidade com arborização pronta, sem a participação da população, sendo assim a população não teve a oportunidade de participar do processo de seleção de espécies e implantação, sendo somente onerada, principalmente nas zonas periféricas, a fazer o manejo da arborização devido à “omissão” do órgão público responsável.

Assim, a população destas regiões passa a ter a visão da arborização viária como um “transtorno” que lhe foi imposto ao longo dos anos, e que terá que conviver com o mesmo até que o exemplar seja suprimido.

Tal situação é relatada por Barros (2010), que avaliando o potencial da arborização viária de Maringá – PR para fins turísticos ressalta que as condições sofríveis apresentadas por grande parte da arborização viária maringaense não são observadas somente por pesquisadores. Isso é ressaltado pelo fato de que os problemas se estendem em todo o perímetro urbano, com variações de regiões mais ou menos afetadas, e a população se torna cada vez mais ciente da precariedade da qualidade das árvores da cidade.

No entanto, essa consciência não é unânime em toda a população. É comum a presença de sacolas de lixos e outros resíduos urbanos na base das árvores, lugar não adequado para o depósito de materiais.

Conforme Pronsato (2005), a solução para tais situações é levar os moradores a perceber e questionar-se sobre o natural, pois parte da população que vive nas cidades só conhece o ambiente construído. A intervenção paisagística e a educação, realizadas de forma participativa, abrem possibilidades mais profundas para o desenvolvimento da criatividade, do cognitivo e da discussão democrática, criando lugares integrados ao cotidiano, legíveis, contribuindo para desvendar a dinâmica social impressa no lugar.

Porém, a participação da população deve se dar desde o início do processo de arborização, incluindo a obtenção dos dados e das informações necessárias do local, até as decisões finais do plano (onde, como, o que plantar), além da participação na manutenção da arborização (BUENO e SOUZA, 2002).

Os maiores percentuais de ocorrência de injúrias foram verificados na Zona Norte (53,8%), seguido pela Zona Leste (35,8%), Zona Centro (8,9%), e os menores percentuais foram verificados nas Zonas Sul e Oeste (3,0%).

Com base nestes aspectos, é de suma importância a realização de campanhas de educação ambiental e principalmente uma maior “atenção” por parte do órgão público responsável quanto ao manejo dos indivíduos nas zonas periféricas, principalmente Norte e Leste.

As zonas Sul e Oeste apresentaram baixos percentuais de indivíduos com troncos injuriados se deve, no caso da Zona Sul, por ser um bairro de elevado padrão econômico (classe média alta) e na Zona Oeste este resultado se deve ser uma área predominantemente industrial com baixa urbanização residencial.

A ocorrência de ocamento nos troncos dos indivíduos mensurados foi de apenas 8,9%, sendo 54,8% das ocorrências na Zona Norte, 38,7% na Leste e as demais Zonas (Centro, Sul e Oeste) representaram 10,8% dos exemplares com esta ocorrência.

O anelamento foi verificado em apenas 0,1% dos indivíduos, sendo tal situação ocorrida na Zona Norte em um único exemplar na Chácara Alvorada, tal situação ocorreu em um lote que estava em edificação, ou seja, tal “atitude” do morador era de provavelmente provocar a morte do indivíduo para posteriormente suprimi-lo e pavimentar toda calçada.

4.2 Quantificação da biomassa acumulada nos indivíduos mensurados

A biomassa ou fitomassa de espécies arbóreas caracteriza-se pela quantidade de energia e nutrientes provenientes da biota, acumulados nos tecidos vivos e mortos destas árvores, em interações com fatores ambientais do meio a qual se encontram implantadas (SALIS, 2004).

Por acumular, na estrutura carbônica das árvores, elementos poluentes nocivos à qualidade de vida, cresce a cada dia que passa o interesse pelos estudos de biomassa e conteúdo de carbono em florestas. Estas estocam carbono, tanto na biomassa acima como abaixo do solo, e representam mais carbono do que atualmente existe em relação ao estoque na atmosfera (SILVEIRA et al., 2008).

Em especial a arborização urbana, por também possuir esse potencial de estocar carbono em sua biomassa acima e abaixo do solo, e apresentar outros benefícios ambientais aos centros urbanos como, por exemplo, reduzir a poluição atmosférica e melhorar a qualidade do ar, amenizar o aquecimento de construções e demais infraestruturas urbanas, entre outros, tem apresentado um crescente interesse e demanda por estudos científicos, em escala mundial, sobre seu real potencial em sequestrar e armazenar carbono. Dá-se destaque para os estudos pioneiros realizados nos Estados Unidos, os quais têm se tornado importantes fontes para a compreensão do papel da arborização no sequestro e armazenamento de carbono no meio urbano (LIU e LI, 2011)

Como a determinação de todos os componentes (compartimentos) da biomassa de árvores em um povoamento, floresta nativa e principalmente em arborização urbana são praticamente inviáveis ou até mesmo impraticáveis, emprega-se, segundo Soares et al. (1996), a utilização de métodos estimativos que implicam, através da derrubada de algumas árvores, no ajuste de modelos e equações, para a estimativa da biomassa acumulada nessas formações arbóreas.

A alometria é a principal técnica, na área florestal, para obtenção de modelos e equações de estimativa de variáveis de difícil obtenção como a biomassa e carbono em árvores, usando variáveis de fácil medição, como a altura e DAP, através da análise de regressão (AMARAL et al., 2010).

Conforme Couto e Vetorazzo (1999), a escolha de equações para a estimativa da biomassa é uma fase importante no trabalho de inventário, já que qualquer erro de tendência na estimativa do peso por árvore terá reflexos na estimativa da população, causando uma sub ou sobre avaliação da produção.

Com base nestes aspectos, o presente item deste estudo teve por objetivo apresentar a construção dos modelos de estimativa para a quantificação de biomassa nas diferentes frações estudadas (folhas, galhos, casca e madeira do tronco) e também seu estoque no perímetro urbano de Maringá – PR, com base nos bairros inventariados (item 4.1).

4.2.1 Construção dos modelos matemáticos para quantificação do acúmulo de biomassa

Com base na análise da Tabela 8, verificou-se que todas as frações estudadas da biomassa das árvores amostras apresentaram distribuição normal e valores variando de 0,916 (fração folhas) a 0,967 (fração da madeira do tronco).

Tabela 8 - Avaliação da normalidade dos dados de acúmulo de biomassa das árvores amostra de Sibipiruna (*Poincianella pluviosa*) plantadas na arborização de Maringá-PR com base no teste de normalidade de Shapiro-Wilks (W), 2011

Fração	V. mínimo	Média	V. máximo	Desvio padrão	W
BF	29,5	185,3	460,6	114,4	0,9157*
BG	665,4	1.363,0	2.430,3	560,4	0,9449
BCT	3,1	9,8	14,8	3,3	0,9555
BMT	66,4	179,6	290,9	63,6	0,9673

*Valores baseados nas 24 árvores amostras, sendo $p > 0,05$ significativo, portanto os dados possuem normalidade de distribuição. BF = Acúmulo de biomassa na fração folhas (kg árvore⁻¹); V = Valor, BG = Acúmulo de biomassa na fração galhos (kg árvore⁻¹); BCT = Acúmulo de biomassa na fração casca do tronco (kg árvore⁻¹); BMT = Acúmulo de biomassa na fração madeira do tronco (kg árvore⁻¹).

A fração folhas apresentou o segundo maior desvio padrão (114,4 kg árvore⁻¹) dentre as frações da biomassa nas árvores amostras. Também se verificou um dos maiores intervalos entre os valores extremos (mínimos e máximos) obtidos entre as frações avaliadas, fato que se refere à falta de uniformidade no manejo de podas sobre os indivíduos que vieram a descaracterizar o formato natural das mesmas e principalmente interferir no vigor fisiológico das árvores e, conseqüentemente, na produção de biomassa foliar.

Ao passo que se observou que 87,5% dos indivíduos selecionados como árvores amostras apresentavam copa sadia ou vigorosa e com valores de cobertura de copa variando de 99,1 a 300,0 m², em outro extremo denotava-se que 12,5% das árvores amostras apresentavam copas cloróticas e estressadas, com coberturas inferiores a 99,1 m², em virtude das severas podas de raízes realizadas para a manutenção do sistema de tubulações de água e esgoto, realizadas pela companhia de saneamento.

O maior desvio padrão encontrado nas frações avaliadas no presente estudo nas árvores amostras foi observado na fração galhos, na ordem de 560,4 kg árvore⁻¹, que se deve predominantemente à falta de um manejo padronizado das podas e por atos de vandalismo, uma vez que as árvores amostras, como relatado na metodologia foram abatidas em um bairro periférico da Zona Leste (Cidade Alta), e o manejo dos indivíduos, em sua maior parte, é realizado pelos próprios moradores do bairro.

Tal resultado reflete diretamente a realidade das árvores amostras, onde, num grupo de 24 árvores abatidas, as distribuições das alturas de bifurcação e do primeiro galho vivo apresentaram-se igualitárias, sendo que 50,0% dos indivíduos mantiveram-se entre 1,1 a 2,0 m, influenciando consideravelmente na redução da alocação biomassa do tronco e aumento conseqüente da variabilidade da biomassa da fração dos galhos.

Além deste aspecto, como anteriormente ressaltado, em 4,2% dos indivíduos abatidos, apresentaram-se alturas de bifurcação e primeiro galho vivo inferiores a 1,0 m de altura, devido a danos mecânicos (vandalismo) em sua fase jovem, o que levou o morador a conduzir sua “rebrotar”, originando uma altura para a primeira bifurcação e galho vivo iguais a 0,5 m.

A fração madeira do tronco apresentou o terceiro maior desvio padrão (63,6 kg árvore⁻¹) entre as frações avaliadas, o que se deve, como anteriormente comentado para a fração galho, em virtude do procedimento metodológico que considera como ponto de caracterização da fração o ponto de inversão morfológica (bifurcação) da copa, o que incorre em uma grande variação nos valores de acúmulo (66,4 a 290,9 kg árvore⁻¹) da biomassa desta fração, tanto nas árvores amostras, como em todo o perímetro urbano avaliado.

A fração casca do tronco, nas árvores amostra, apresentou o menor desvio padrão (3,3 kg árvore⁻¹) entre as frações avaliadas; isso se deve pelo fato da casca ser um tecido predominantemente morto e, no caso em especial da espécie estudada, apresentar um padrão fissurado (Carvalho, 2008), que se caracteriza como uma distribuição igualitária, não se desprendendo facilmente do tronco, e, conseqüentemente não sofrendo grandes variações como as demais frações.

A Tabela 9 apresenta a análise de correlação entre as variáveis dendrométricas mensuradas e as frações da biomassa para a construção e seleção dos modelos de regressão com base no procedimento *Stepwise*.

Tabela 9 - Análise de correlação entre as variáveis dendrométricas mensuradas e as frações da biomassa para a construção dos modelos matemáticos de acúmulo de biomassa de Sibipiruna (*Poincianella pluviosa*) com base no procedimento *Stepwise*

Fração	Variáveis mensuradas					
	DAP	h _t	h _{bif}	h _g	h _{copa}	A _{copa}
Biomassa folha	0,08	-0,24	0,28	0,32	-0,35	0,04
Biomassa galho	0,80	0,21	0,09	0,05	0,19	0,38
Biomassa casca	0,47	0,08	0,29	0,23	0,00	0,09
Biomassa madeira	0,55	0,21	0,35	0,29	0,13	0,12

Onde: DAP = diâmetro a altura do peito; h_t = altura total; h_{bif} = altura da 1ª bifurcação; h_g = altura do primeiro galho vivo; h_{copa} = altura de copa; A_{copa} = Área de copa.

Em relação às correlações obtidas para as frações folhas e casca do tronco, as mesmas não foram fortes (significativas) com as variáveis dendrométricas independentes. Dentro deste cenário, optou-se por trabalhar na construção dos modelos matemáticos com as variáveis com correlações moderadas (0,30 a 0,49).

Para a fração galhos, observou-se uma correlação bastante significativa (0,80) com o DAP e a partir de tal variável fez-se a construção do modelo matemático para a estimativa dessa fração.

Assim como a fração galhos, a fração madeira do tronco também obteve correlação significativa (0,55) com a variável DAP. Com base nestes aspectos, a Tabela 10 apresenta os modelos selecionados para a estimativa de biomassa dos indivíduos de Sibipiruna (*Poincianella pluviosa*) implantados nas vias públicas dos bairros avaliados, no inventário em Maringá –PR.

Tabela 10 - Modelos de regressão selecionados pelo procedimento *Stepwise* para estimativa da biomassa nas diferentes frações avaliadas para Sibipiruna (*Poincianella pluviosa*) implantadas na arborização viária dos bairros avaliados no inventário em Maringá –PR

Modelo	Coefficientes	R ²	F	S _{yx} %
$B_f = b_0 + b_1 \cdot \ln h_{\text{copa}}$	b0 = 652,98 b1 = -187,32	0,34	2,6	56,4
$B_g = b_0 + b_1 \cdot d^2$	b0 = 262,86 b1 = 0,292	0,64	12,9	22,2
$B_c = b_0 + b_1 \cdot 1/d^2$	b0 = 15,42 b1 = -170.508,85	0,48	5,8	26,8
$B_m = b_0 + b_1 \cdot d^2$	b0 = 45,24 b1 = 0,0367	0,55	8,6	29,2

Onde: B_f = biomassa de folha; B_g = biomassa de galho; B_c = biomassa de casca do tronco; B_m = biomassa de madeira do tronco; d = diâmetro a altura do peito; h_{copa} = altura de copa; R² = coeficiente de determinação; F = valor de F da equação; S_{yx}% = Erro padrão da estimativa percentual.

O modelo para a fração folhas apresentou um coeficiente de determinação (R²) relativamente baixo, de 0,34, assim como na fração casca do tronco, que obteve um valor, de 0,48.

Esses modelos gerados pela técnica de *stepwise* para Sibipiruna, em ambiente urbano, quando comparados com modelos de estimativa de biomassa citados na literatura, para as mesmas frações, em espécies florestais sob condições de plantios e florestas nativas, relatam valores de coeficientes de determinação na ordem de 0,87; 0,98 e 0,97 (folha, galhos e madeira do tronco) para Bracatinga (*Mimosa scabrella*) (Urbano et al., 2008); e de 0,97; 0,97; 0,90 (folha, galho e madeira) em Uva-do-japão (*Hovenia dulcis*) (VALÉRIO et al., 2007).

Embora os coeficientes de determinação encontrados apresentarem valores relativamente baixos, Peper, McPherson e Mori (2001) enfatizam que tal situação é bastante comum no meio urbano, onde as podas, nos exemplares, não obedecem a um plano criterioso na intensidade e altura da realização, o que acaba, por sua vez, originando desconfigurações na arquitetura original da árvore e uma alta variabilidade em algumas variáveis mensuradas,

tais como altura do primeiro galho vivo e bifurcação e, principalmente, altura total, o que gera baixos coeficientes de determinação para modelos matemáticos empregando tais variáveis.

O baixo coeficiente de determinação para a fração da casca do tronco (0,48) está relacionado diretamente ao ritmo de crescimento e estresses oriundos da aplicação de práticas de manejo em intensidades errôneas, como podas drásticas de 100,0% da copa ou de raízes de grandes dimensões.

Isso também pode estar associado a altos graus de compactação e impermeabilização de solo, que modificam o ritmo de crescimento dos indivíduos, pois os valores para o DAP encontrados no bairro para as árvores amostra variaram de 45,1 cm a 70,0 cm, embora a idade de todas as árvores seja a mesma, de 30 anos, a grande amplitude entre o maior e o menor diâmetro demonstra a influência de condições diferenciadas de estresses enfrentados por cada indivíduo.

Neste sentido, McHale et al. (2009) argumentam que os ambientes urbanos podem afetar o crescimento da árvore, alocação de nutrientes e fenologia; além disso, as variáveis que influenciam a árvore urbana em seu crescimento podem variar de uma cidade para outra ou de uma árvore para outra, de modo que as relações alométricas desenvolvidas também podem mudar.

A fração galhos apresentou o modelo matemático para sua predição com maior valor do coeficiente de determinação entre as frações avaliadas, que foi de 0,64.

Em relação aos erros percentuais das estimativas encontrados nos modelos gerados, a fração folhas foi a que apresentou o maior valor, de 56,4%. Tal fato se deve, principalmente, à grande variabilidade de formatos de copas apresentados em função das diferentes intensidades de podas aplicadas nos exemplares, como anteriormente citado.

Segundo Rezende et al. (2006), em estudos para a quantificação de biomassa em ecossistemas naturais, a diversidade das formas de copas das espécies é uma das principais fontes de variação (erro) nas estimativas dos modelos matemáticos de regressão gerados para esta finalidade.

Outro fator que influenciou consideravelmente a variação no erro percentual da estimativa na fração folhas foi a realização recente da poda de raízes em 12,5% das árvores amostra, em função da reforma das calçadas e também para a manutenção da rede subterrânea de distribuição de água tratada e esgotamento sanitário realizada pela companhia de saneamento. Essas árvores apresentavam, visivelmente, suas copas estressadas e cloróticas.

O principal impacto da poda de raízes, em nível fisiológico, no indivíduo, é que a raiz está totalmente ligada ao crescimento da copa, sendo que, após a poda das raízes, ocorre uma

redução no crescimento foliar, assim como após a poda da copa, ocorre uma redução no crescimento das raízes. Esse comportamento se deve às mudanças nas prioridades de sintetização e alocação de hormônios, como a auxina, citocinina e nutrientes necessários para o desenvolvimento destes órgãos (VELASCO e LIMA, 2005).

No modelo de regressão selecionado para a fração galhos, o erro padrão da estimativa percentual (22,2%) apresentou-se abaixo dos limites encontrados para espécies e formações florestais naturais citados na literatura, que variam de 36,0% a 70,5% (RATUCHNE, 2010; SOCHER, 2004; URBANO et al., 2007; BARBEIRO, VIEIRA e SANQUETTA, 2009).

As frações do tronco, como a madeira e casca, apresentaram erros padrões de 29,2% e 26,8% respectivamente. Tais valores encontram-se acima dos valores citados na literatura que variam de 11,5% a 17,6% (URBANO et al., 2007; BARBEIRO, VIEIRA e SANQUETTA, 2009; VALÉRIO et al., 2007).

Tal fato se deve, principalmente, às baixas alturas de bifurcação da copa ocasionadas por vandalismos sobre as árvores na fase inicial de desenvolvimento, no local de plantio, e também à prática de podas drásticas prematuras. Isso se comprova com base nos 16,7% dos indivíduos selecionados como árvores amostra que apresentaram bifurcação na altura do DAP ou abaixo do mesmo.

Segundo Lacerda et al. (2009), o emprego de modelos matemáticos onde a variável preditora é o DAP tende a inflacionar o erro padrão da estimativa percentual, quando muitos indivíduos tendem a ramificar antes ou na altura de 1,3 m, devido ao DAP ser subestimado em relação ao volume da copa do indivíduo.

Além deste aspecto, Lima, Oliveira e Machado (1996) ressaltam que espécies arbóreas e arbustivas que bifurcam próximas à base e apresentam multi-fustes, nem sempre retos, dificultam a estimativa precisa da biomassa desta fração.

Na Figura 25 é apresentada a comparação entre os valores observados (reais) de biomassa aérea nas frações das árvores de Sibipiruna (*Poincianella pluviosa*) implantadas em vias públicas do Bairro Cidade Alta, Maringá - PR com os valores estimados pelos modelos matemáticos selecionados em relação as suas variáveis principais, com base nas árvores amostra.

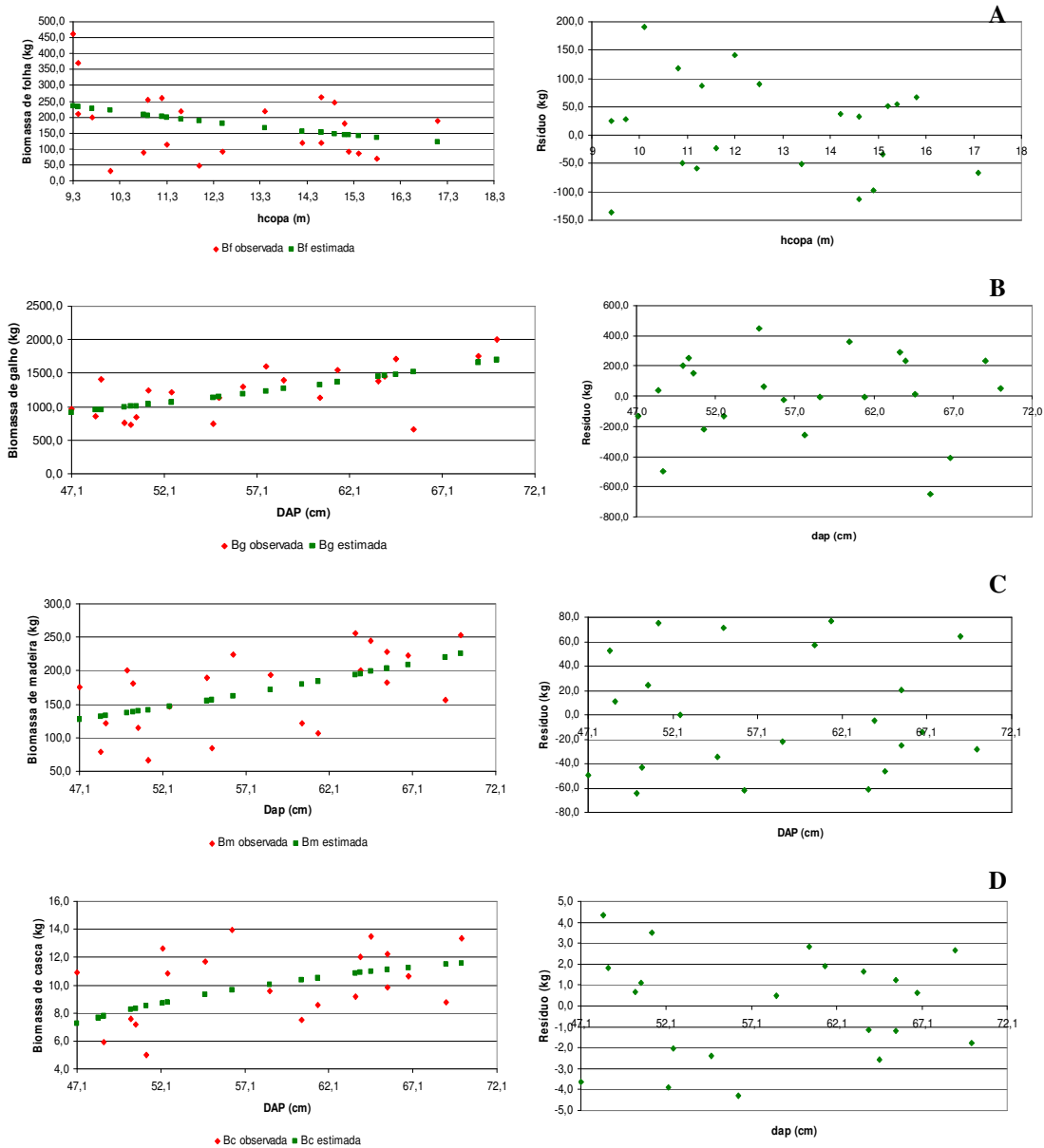


Figura 25 - Comparação dos valores observados (reais) e estimados pelos modelos matemáticos selecionados em relação as suas variáveis principais, e “plotter” de resíduos da biomassa aérea nas frações de Sibipiruna (*Poincianella pluviosa* (Benth.) L. P. Queiróz) implantadas em vias públicas do Bairro Cidade Alta, Maringá - PR com base nas árvores amostra: A) folhas, B) galhos, C) madeira do tronco e, D) casca do tronco.

Com base na Figura 25a, verifica-se que o comportamento da biomassa da fração folhas observada e estimada tende a apresentar uma redução no acúmulo de biomassa de folhas à medida que ocorre um aumento em altura de copa, o que reflete diretamente o comportamento fisiológico natural de indivíduos de grandes dimensões (45,1 a 70,0 cm) que a medida que vão se tornando senis tende a reduzir o acúmulo de tecidos folhosos, e concentrando os maiores acúmulos nos tecidos lenhosos.

Os resíduos gerados para a estimativa da biomassa de fração folhas denotou-se um padrão de superestimação que se deve em função dos diferentes regimes de intensidade de poda aplicada sobre as árvores amostras utilizadas para a construção do modelo, principalmente podas para a liberação de fiação nos formatos de “V” que representam 33,3% do tipo de poda aplicada sobre as árvores amostras e também representam um fator de redução da biomassa acumulada nas folhas de copas das árvores.

Na fração galhos, representada pela Figura 25b, denota-se um comportamento crescente do acúmulo de biomassa observado e estimado em função do aumento do diâmetro à altura do peito (DAP), que é a variável preditora. Tal comportamento é esperado em função do presente estudo trabalhar com indivíduos maduros, e como anteriormente comentado para a fração folhas, os mesmos apresentam suas prioridades de alocação (acúmulo) de biomassa neste estágio fisiológico voltado para as frações lenhosas.

Em relação aos resíduos do modelo matemático gerado para a fração galhos, observa-se que o mesmo obteve o melhor ajuste entre as frações, produzindo poucos valores sub ou superestimados para o acúmulo de biomassa.

Para as frações do tronco (casca e madeira) (Figuras 25 c e d) denotou-se um comportamento igual à fração galhos em função a variável preditora, à medida que ocorre um aumento no diâmetro à altura do peito (DAP), verifica-se também um aumento no acúmulo de biomassa nestas frações em virtude da modificação das prioridades de alocação de biomassa nos exemplares. Em relação aos resíduos gerados pela estimativa, verificou-se que os mesmos apresentaram um comportamento disperso, variando de -23,8 kg a 55,7 kg na madeira e de -3,9 kg a 4,3 kg para a casca.

Essa variabilidade, segundo Rezende et al. (2006), é uma representatividade real da natureza, uma vez que modelos que consideram a inclusão de árvores de grandes diâmetros tendem a obter um aumento na sua variabilidade de dados.

4.2.2 Acúmulo de biomassa nos indivíduos mensurados no perímetro urbano

A Tabela 11 apresenta a quantidade de biomassa estocada nas diferentes frações das árvores de Sibipiruna (*Poincianella pluviosa* (Benth.) L. P. Queiróz) implantadas na arborização viária de Maringá – PR.

Tabela 11 - Quantidade de biomassa estocada nas diferentes frações das árvores de Sibipiruna (*Poincianella pluviosa* (Benth.) L. P. Queiróz) implantadas na arborização viária de Maringá – PR

Fração	Quantidade de Biomassa	
	(Mg)	(%)
Folha	234,0	13,8
Média por bairro	15,6	-
Desvio padrão (S)	16,0	-
Coefficiente de variação (CV%)	102,4	-
Galho	1.287,3	75,9
Média por bairro	85,8	-
Desvio padrão (S)	95,9	-
Coefficiente de variação (CV%)	111,8	-
Casca do tronco	9,5	0,6
Média por bairro	0,6	-
Desvio padrão (S)	0,7	-
Coefficiente de variação (CV%)	111,0	-
Madeira do tronco	166,5	9,8
Média por bairro	11,0	-
Desvio padrão (S)	12,3	-
Coefficiente de variação (CV%)	111,1	-
Biomassa Total	1.696,4	-
Média por bairro	113,1	-
Desvio padrão (S)	124,5	-
Coefficiente de variação (CV%)	110,1	-

Com base na Tabela 11 verifica-se que, para o perímetro urbano avaliado em Maringá – PR, o valor médio de acúmulo de biomassa para a fração folhas foi de 15,6 Mg bairro⁻¹.

Com base nas faixas para classificação do coeficiente de variação (CV%) (Tabela 1), o coeficiente de variação da fração de 102,4% foi caracterizado como médio; esta variabilidade se explica devido às grandes dimensões e idades dos indivíduos, uma vez que a maioria (94,1%) dos indivíduos possuem de 30 a 50 anos, e, portanto os mesmos encontram-se em uma fase onde todas as reservas são convertidas para a formação de tecidos lenhosos como galhos, casca e madeira do tronco, e os tecidos folhosos tem sua formação reduzida e garantida apenas para sua manutenção.

Outro fator que interfere consideravelmente, aumentando a variabilidade da biomassa na fração folhas, é o manejo de podas empregado sobre os indivíduos, pois um mesmo indivíduo sofre durante seu ciclo de desenvolvimento, mais de um tipo de poda e em diferentes intensidades de aplicação entre indivíduos, resultando em desconfigurações na arquitetura natural dos indivíduos e conseqüentemente na variação elevada na biomassa acumulada nesta fração.

Quando comparados os valores do coeficiente de variação para a fração folhas com valores descritos na literatura para formações florestais, verificam-se valores variando de 43,9% (Floresta Estacional Decidual (Itaara – RS) Vogel, 2005), 56,3% (*Eucalyptus benthamii* (Guarapuava - PR) Silva et al., 2004), 48,0% (*Mimosa scabrella* (Curitiba – PR) Machado et al., 2006). Os valores de coeficientes de variação apresentados no presente estudo encontram-se acima dos valores citados na literatura em virtude dos indivíduos, como anteriormente ressaltado, encontrarem-se maduros e principalmente pela falta de padronização das práticas de manejo realizadas sobre os exemplares.

Para a fração galhos verificou-se a maior média de acúmulo de biomassa, que foi de 85,8 Mg bairro⁻¹, e também se observou o valor mais elevado (111,8%) para os coeficientes de variação entre as frações estudadas da biomassa aérea.

Isso se deve à grande variabilidade apresentada pelas baixas alturas de bifurcações dos exemplares em função da despadronização das mudas e manejo dos exemplares, associado a questão metodológica em que se considerou como fração madeira do tronco até o ponto de inversão morfológica. Porém, com base na Tabela 1, na classificação desta variável estatística, o referido valor se encontra dito como médio.

Em termos de literatura, os valores de coeficientes de variação para a fração galhos da biomassa de indivíduos arbóreos para formações florestais variam desde 70,7% (*Mimosa scabrella* (Curitiba – PR) Machado et al., 2006), 77,3% (*Araucaria angustifolia* (Quedas do Iguaçu – PR) Schumacher et al., 2011) a 81,8% (*Eucalyptus benthamii* (Guarapuava - PR) Silva et al., 2004), sendo que todos os autores citados afirmam que é esta fração a que apresenta a maior variabilidade em termos de acúmulo.

As frações casca e madeira do tronco da biomassa aérea da espécie estudada apresentaram, respectivamente, valores médios de acúmulo de 9,5 e 165,6 Mg bairro⁻¹, e seus coeficientes de variação foram de 111,0% e 111,1%, respectivamente, sendo classificados como médios, de acordo com a Tabela 1.

Para a fração casca do tronco, em estudos de acúmulo de biomassa em formações florestais, encontram-se valores de coeficientes de variação que variam de 53,4% (*Araucaria angustifolia* (Quedas do Iguaçu – PR) Schumacher et al., 2011) a 114,7% (*Eucalyptus benthamii* (Guarapuava - PR) Silva et al., 2004), o que demonstra que a referida fração, no presente estudo, apresenta-se dentro do comportamento de variabilidade de acúmulo para a referida fração em espécies florestais.

A fração madeira do tronco, quando comparada com os valores descritos para formações florestais que variam de 17,9% (*Mimosa scabrella* (Curitiba – PR) Machado et al.,

2006), 38,9% (Floresta Estacional Decidual (Itaara – RS) Vogel, Schumacher e Trüby, 2006), 54,7% (*Araucaria angustifolia* (Quedas do Iguaçu – PR) Schumacher et al., 2011), 92,8% (*Sclerolobium paniculatum* (Planaltina – DF) Oliveira et al., 2008) a 108,8% (*Eucalyptus benthamii* (Guarapuava - PR) Silva et al., 2004), apresentou-se acima dos referidos valores, o que se deve à falta de padrão técnico no manejo de podas dos exemplares, principalmente nos bairros periféricos, gerando baixas alturas de bifurcação e pontos de inversão morfológica nos indivíduos, reduzindo o estoque de biomassa nesta fração, e aumentando sua variabilidade entre indivíduos e entre bairros, como anteriormente relatado.

A biomassa total média acumulada no perímetro urbano avaliado em Maringá – PR foi de 113,1 Mg bairro⁻¹, e seu respectivo coeficiente de variação foi de 110,1%, o que, de acordo com a Tabela 1, de classificação de coeficiente de variação para a biomassa da espécie estudada, classifica-se como médio.

Em comparação com os valores de literatura para formações florestais, verificam-se valores que variam de 47,9% (Floresta Ombrófila Mista (General Carneiro - PR) Amaral et al., 2010), 53,3% (Floresta Estacional Decidual (Itaara – RS) Vogel, Schumacher e Trüby, 2006) a 157,7% (*Pouteria reticulata* (Manaus – AM) Andrade e Higuchi, 2009), portanto a variabilidade apresentada no presente estudo apresenta-se dentro dos limites encontrados para espécies florestais.

Conforme vários autores, a ocorrência de coeficientes de variação (CV%) elevados em espécies arbóreas se deve às condições de localização e implantação, variações ambientais e principalmente de manejo empregado sobre os indivíduos (HIGUCHI et al., 2003; MIRANDA, 2002; ANDRADE e HIGUCHI, 2009).

Por meio do censo dos indivíduos componentes da arborização viária dos bairros avaliados em Maringá - PR, compreendidos no intervalo diamétrico de 45,1 a 70,0 cm, foram mensurados 1040 indivíduos, que por sua vez estocaram em suas frações uma quantidade de biomassa total de 1.696,4 Mg. A relação de acúmulo de biomassa para a espécie, na arborização viária do perímetro urbano do município foi: galhos > folhas > madeira > casca.

Tal relação de acúmulo de biomassa acima do solo apresentou-se inversa às relações conhecidas na literatura para espécies empregadas para fins de reflorestamento e encontradas em formações florestais nativas, onde o padrão da relação de acúmulo se dá da seguinte forma: madeira > galho > folha > casca (VIEIRA, SANQUETTA e BARBEIRO, 2009; SILVA et al., 2004; BRUN, 2004).

O elevado percentual (75,9%) de concentração de biomassa na fração galhos, como várias vezes ressaltadas ao longo deste trabalho, se deve em função do manejo de podas

empregado sobre os exemplares, uma vez que todo exemplar sofre várias podas durante seu desenvolvimento, desde o período de viveiro, através de podas de formação e condução, que modificam sua forma, a tornando específica, propiciando a formação de copas mais densas, ramificadas e mais altas em relação às espécies florestais conduzidas para fins de produção, considerando que a poda para fins de produção madeireira visa somente à retirada de ramos para produção de madeira livre de nós, não interferindo na forma específica da árvore e no crescimento do tronco.

Enquanto que, no meio urbano, segundo Velasco (2003), a poda é utilizada para adequar a planta ao interesse do homem que habita a cidade, sendo, desta forma, executada para corrigir os conflitos existentes entre as árvores e os equipamentos e/ou edificações da cidade.

A ocorrência das podas no meio urbano em intensidades pesadas, como as podas drásticas ou para liberação de fiação, como anteriormente ressaltado, propiciam um maior desenvolvimento e acúmulo de biomassa na copa dos exemplares, pois se observarmos na Tabela 8, a copa é responsável por 89,7% do estoque total da biomassa na arborização viária da espécie na área avaliada.

Tal dado torna-se um importante fator para repensar o planejamento do manejo e intensidade de poda nos exemplares, pois segundo Milano e Dalcin (2000), devido ao desequilíbrio entre copa e sistema radicular provocado pela poda, a árvore, como medida compensatória, gera a quebra a dormência das gemas epicórmicas, através da formação de grandes profusões de brotações epicórmicas, uma vez que tais ramos se caracterizam por possuírem uma ligação deficiente com sua base e de crescimento extremamente rápido.

Um exemplo bastante elucidativo de tal comportamento pode ser visualizado através do estudo Sampaio et al. (2005) que, avaliando o efeito da poda de copa na produção de biomassa de árvores de Pau-rosa (*Aniba roseodora* Ducke), em plantios na região amazônica para fins da extração de óleos essenciais, verificaram que a poda garantiu um aumento de biomassa de copa de 41,8% das árvores submetidas a tal prática de manejo em relação às árvores não podadas, revelando que a poda estimulou maior produtividade de galhos e folhas, vindo a copa destas árvores representar 85,5% da biomassa total estocada acima do solo.

Conforme Marek (2008), a redução média da área de copa em operações de poda para liberação de fiação de energia em sistema convencional, em árvores de grande porte como a Sibipiruna, em Maringá – PR, é de 5 m² nas podas em formato de “V” e “U”, isto significa uma redução média de 4,4% da área da copa.

Considerando a área de copa média aferida na arborização viária nos bairros avaliados do perímetro urbano da referida cidade, que é de 114,7 m², e como 47,1% dos indivíduos da área avaliada, já passou por pelo menos uma poda deste tipo, pode-se estimar aproximadamente uma remoção de 66,8 Mg de biomassa de copa na área avaliada por poda somente com esta finalidade, não sendo contabilizadas as podas de levantamento de copa ou realizadas pelos próprios moradores, sendo desta 10,3 Mg de folhas e 56,5 Mg de galhos removidos.

Ainda conforme esta autora, em áreas da cidade de Maringá – PR, onde se adotou o sistema de fiação compacta, o impacto sobre as árvores com a poda de manutenção foi significativamente diminuído, uma vez que se remove apenas 1 m² de copa, o que equivale a cerca de 0,9% da área da copa.

Considerando uma área de copa média de 114,7 m² na área de estudo, e como 0,4% dos indivíduos da área avaliada já passou por pelo menos uma poda deste tipo, o impacto na biomassa de copa dos indivíduos localizados sob fiação, caso adotada a técnica, causaria uma redução de apenas 0,4 Mg de biomassa de copa por poda na área avaliada, sendo removidos apenas 0,06 Mg de folhas e 0,36 Mg de galhos pela poda realizada, em cada árvore.

Outro fator relevante em relação às modificações fisiológicas no padrão de acúmulo de biomassa nos indivíduos avaliados, ocasionadas pela prática da poda, seria a alteração no comportamento de declínio dos indivíduos, pois segundo Larcher (2000), nas espécies arbóreas decíduas e semidecíduas, o crescimento das partes lenhosas cessa quando a massa de folhas atinge menos de 1,0%.

Porém, no meio urbano de Maringá, a espécie estudada, devido as constantes podas para conformação dos indivíduos ao meio, principalmente de liberação de fiação aérea, não tem denotado este comportamento, uma vez que, tanto a biomassa de folhas, pela constante ativação das gemas epicórmicas para o restabelecimento da folhagem, como o incremento diamétrico, que se encontra ainda positivo e ascendente (Figura 15) na ordem 1,4 cm ano⁻¹, demonstram que a espécie, embora em vários trabalhos realizados na arborização viária de Maringá – PR (Milano (1988); Sampaio (2006); De Angelis et al. (2007)) a mesma estaria em declínio pela idade avançada dos indivíduos estudados que varia de 30 a 50 anos, ainda apresenta vitalidade e continua reagindo aos estresses fisiológicos que lhes são ainda impostos pelo meio urbano.

A biomassa do tronco representou 10,4% do total, sendo representada por 9,8% de madeira e 0,6% pela biomassa de casca.

O pequeno percentual de representação da fração madeira na biomassa total, como ressaltado anteriormente, se deve às baixas alturas de bifurcação, pois em metodologias de quantificação de biomassa aérea acumulada, que consideram o ponto de inversão morfológica como limite para caracterização da fração madeira, gera pequenas alturas de fuste (tronco) com uma grande proporção de biomassa de galhos, como observados nos estudos de Vogel (2005) e Caldeira (2003), em formações florestais nativas (Floresta Estacional Decidual (Itaara – RS) e Floresta Ombrófila Mista Montana (General Carneiro – PR) respectivamente) que empregaram tal definição para caracterizar como madeira do tronco tal limite, encontrando uma relação inversa de alocação de biomassa como no presente estudo.

Um fator importante a ser considerado em relação à biomassa destas frações refere-se a sua destinação após a supressão das árvores, pois atualmente a Prefeitura municipal destina tal resíduo para uso como lenha, fato que, para um planejamento do emprego da arborização viária como forma de mitigação de emissões de dióxido de carbono (CO₂) torna-se totalmente ineficaz, pois praticamente todo o carbono sequestrado e convertido em material lenhoso no tronco e galhos grossos é novamente emitido pela queima.

A diferenciação entre o comportamento de compartimentalização da biomassa em diferentes usos, no caso para arborização viária e fins de produção florestal, pode ser observada na Tabela 12.

Tabela 12 - Comparativo dos percentuais de distribuição da biomassa em diferentes espécies florestais da Família Fabaceae

Espécies	Frações (%)				Condição	Referências
	Folha	Galho	Casca	Madeira		
Sibipiruna (<i>Poincianella pluviosa</i> Benth.)	13,8	75,9	0,6	9,8	Arborização viária	Este estudo
Acácia-negra (<i>Acacia mearnsii</i> De Wild.)	18,2	20,7	11,6	49,5	Floresta plantada	CALDEIRA et al. (2001)
Bracatinga (<i>Mimosa scabrella</i> Benth.)	5,4	9,2	- ¹	85,4	Condução de regeneração natural	BAGGIO e CARPANEZZI (1997)
Jurema-preta (<i>Mimosa tenuiflora</i> Poiret.)	12,8	50,4	-	36,8	Floresta plantada	ARAÚJO, LEITE e PAES (2004)
Leucena (<i>Leucena leucocephala</i> De Wit.)	5,0	47,0	-	48,0	Área invadida	ALEIXO et al. (2008)

¹Estudos onde não houve a separação entre as frações casca e madeira do tronco, estando às mesmas somadas.

Ao analisarmos a Tabela 12, comprova-se mais uma vez o efeito do manejo de podas sobre a alocação de biomassa, uma vez que o percentual de representação da fração folhas em plantios de Acácia-negra (*Acacia mearnsii*), manejada para a produção de compensados,

tanino e cavacos para celulose, sem emprego de podas durante sua condução, é 7,9% maior em relação à sibipiruna.

Quando comparada a produção de biomassa de folhas desse estudo com a Bracatinga (*Mimosa scabrella*), observa-se que a espécie estudada (*Poincianella pluviosa*) apresentou uma produção maior desta fração na ordem de 8,4%, ressalta-se que embora a primeira espécie não tenha sofrido a prática de poda, pois destina-se a produção de lenha e é conduzida a regeneração natural dos indivíduos após o corte, a menor produção de biomassa de folha se deve à alta densidade de indivíduos na mesma área, gerando grande competição por espaço para o desenvolvimento, situação contrária ao observado na arborização viária, onde se verificam espaçamentos entre indivíduos entre 15,0 e 20,0 m, em geral.

A mesma condição é verificada comparativamente entre a espécie deste estudo e Leucena (*Leucena leucocephala*) em relação à produção de biomassa de folhas, onde se verifica uma superioridade de produção de 8,8% da Sibipiruna contra a Leucena, o que se deve também à elevada competição por espaçamento, pois a Leucena encontra-se em condições de alto adensamento por ser uma área onde a espécie se desenvolveu por processo de invasão biológica com um grande número de indivíduos por área.

Em relação ao comparativo com a espécie Jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*) observa-se que a espécie estudada (*Poincianella pluviosa*) apresentou uma pequena superioridade de apenas 1,0% em produção de biomassa de folhas.

Na fração galhos, observa-se também que a Sibipiruna apresenta um percentual superior de representação de 57,1% em relação à Acácia-negra e 66,7% em relação à Bracatinga, o que deve essencialmente a condições da forma de implantação/condução das árvores, principalmente densidade de indivíduos por unidade de área, propiciando uma menor competição entre os indivíduos por recursos, principalmente luz e espaço, que então tendem a desenvolver copas mais frondosas que espécies em condições de povoamento ou florestas naturais.

Outro fator que colabora para superioridade em produção de biomassa de galhos na espécie estudada no presente trabalho, em relação às demais Fabaceae listadas é a prática da poda, que como ressaltado anteriormente, ativa as gemas epicórmicas gerando grandes profusões de galhos.

A fração galhos das espécies Jurema-preta e Sibipiruna apresentaram comportamentos semelhantes em relação a parâmetros de produção de biomassa de galhos, sendo a sibipiruna superior a estas em apenas 25,5% e 28,9%, respectivamente, tal proximidade se deve aos sistemas de manejos das espécies, pois como a Sibipiruna e a Jurema-preta receberam fortes

intensidades de supressão de suas copas, por podas ou condução de rebrota para produção de lenha, no caso da segunda espécie mencionada, ocasiona a formação de uma grande profusão de ramos e galhos, que resulta numa grande quantidade de acúmulo de biomassa nesta fração, como também ocorre na *Leucena* que apresenta caráter arbustivo.

Para as frações formadoras do tronco, como madeira e casca, a *Acácia-negra* apresentou-se superior aos valores encontrados para a *Sibipiruna*, respectivamente em 38,3% e 11,0%.

Tal fato, como anteriormente ressaltado, se deve a realização da prática de poda que altera o crescimento da árvore em altura e o aumento das dimensões destas frações, em detrimento de um maior desenvolvimento das frações da copa pela estimulação das gemas epicórmicas e a perda da dominância apical, o que não vem a ocorrer nos plantios de *Acácia-negra*, onde a prática é abolida, pois os principais produtos gerados se encontram nestas frações.

A fração casca do tronco, nos trabalhos com as espécies *Bracatinga*, *Jurema-preta* e *Leucena* foram aferidas juntamente com a madeira do tronco, portanto não sendo possível estabelecer comparações com o presente estudo.

Porém, na fração madeira do tronco, todas as três espécies mencionadas acima se mostraram superiores à espécie estudada em acúmulo de biomassa desta fração, devido, como anteriormente ressaltado, ao manejo dos indivíduos na arborização viária, pelas sucessivas podas realizadas ao longo do ciclo de crescimento.

Em termos da representatividade das zonas do perímetro urbano no potencial de acúmulo de biomassa em suas frações e no total, verificou-se, como esperado, a superioridade da Zona norte no acúmulo desta (Figura 26), com representatividade média acima de 50%, pois a referida zona, como anteriormente ressaltado, é uma área de urbanização antiga (superior a 30 anos) e conseqüentemente sua arborização viária apresentando tal perfil, além da distância entre exemplares ser de, em torno de 20,0 m, tendo possibilitado um crescimento mais acentuado dos exemplares e maiores acúmulos de biomassa, além, é claro, de um maior número de indivíduos em relação às demais zonas.

A Zona Leste apresentou a segunda maior representatividade, acima de 30,0% no potencial de acúmulo de biomassa para *Sibipiruna*, dentro do perímetro urbano avaliado em Maringá, dado ser a segunda Zona com maior número de indivíduos implantados mensurados. Porém, verificou-se nesta zona de urbanização a maior diferença de proporcionalidade de acúmulo na biomassa de copa, onde a fração galhos obteve uma superioridade de 4,5% em relação ao acúmulo de biomassa de folhas, o que se deve a ocorrência de podas drásticas e de

raízes realizadas tanto por moradores como pela companhia de saneamento, que resultam no stress fisiológico da copa, reduzindo drasticamente a folhagem das árvores como estratégia de recuperação da ação destas práticas, e também na grande profusão de ramos ladrões que incrementam no acúmulo da fração galhos.

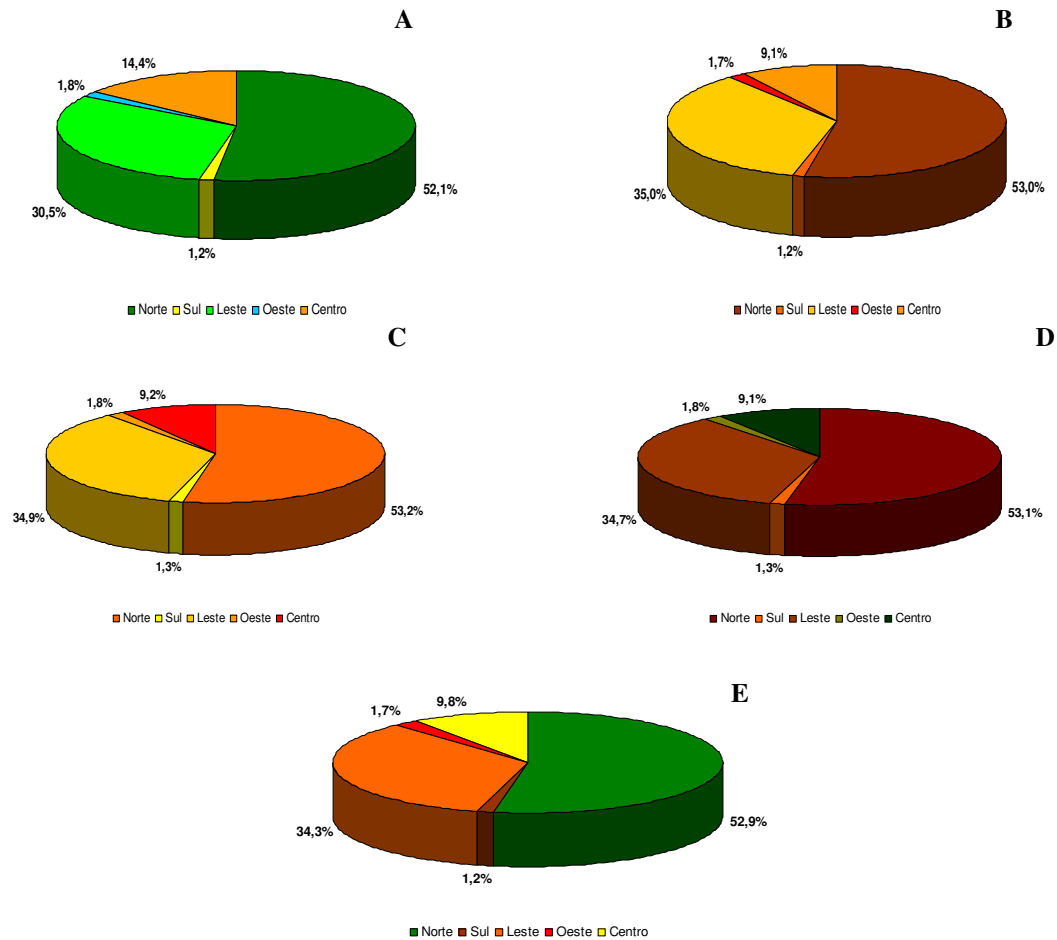


Figura 26 - Distribuição dos compartimentos da biomassa acumulada nos indivíduos de Sibipiruna (*Poincianella pluviosa*) implantados nas diferentes zonas do perímetro urbano de Maringá – PR: A) folhas, B) galhos C) madeira, D) casca do tronco e E) biomassa total

A Zona Centro, em termos de acúmulo de biomassa total no perímetro avaliado, representou 9,8% desta. Embora tendo apresentado realidades distintas entre os bairros selecionados para comporem o perímetro avaliado no inventário dos indivíduos para a quantificação de biomassa e carbono sendo: dois bairros (Condomínio Habitacional Itamarati e Zona de Armazém I) pertencentes ao primeiro plano de urbanização do município (superior a 50 anos) e dois bairros (Jardim Alamar e Laudicéia) pertence a urbanização recente (inferior a 30 anos), verificou-se um comportamento inverso ao observado na Zona Leste, quanto a biomassa de copa (folhas e galhos), ou seja, uma superioridade no acúmulo de biomassa da

fração folhas de 5,3% em relação ao acúmulo de galhos, que se deve a baixa ocorrência de podas drásticas (0,1%) e de raízes (0,6%) em relação aos demais bairros do perímetro avaliado, e quando realizada a prática de poda nesta zona esta é, em sua predominância, do tipo de levantamento de copa, que representa um baixo impacto no acúmulo de biomassa na fração folhas e na qualidade da copa dos indivíduos.

Os menores acúmulos de biomassa total foram observados nas Zonas Sul e Oeste, que foram respectivamente de 1,2% e 1,7%, que se devem essencialmente por serem áreas de urbanização recente dentro do perímetro urbano do município (inferior a 30 anos), portanto, apresentando poucos indivíduos aptos para medição com base no intervalo diamétrico arbitrado de 45,1 a 70,0 cm.

Na Tabela 13 é apresentada a distribuição da biomassa aérea acumulada em indivíduos de Sibipiruna (*Poincianella pluviosa*) implantados nas vias públicas dos bairros inventariados de Maringá – PR.

Tabela 13 - Distribuição da biomassa aérea acumulada (Mg) em indivíduos de Sibipiruna (*Poincianella pluviosa*) implantados nas vias públicas dos bairros inventariados de Maringá – PR

Bairros	N. de árvores	Quantidade de biomassa (Mg)				Biomassa Total
		Folhas	Galhos	Casca	Madeira	
Zona Norte						
Chácara Alvorada	55	12,6	66,9	0,5	8,7	88,6
Jardim Oásis	17	4,3	17,9	0,1	2,5	24,9
Jardim Vitória	101	22,6	123,4	0,9	16,9	162,9
Parque das Palmeiras	125	28,2	150,7	1,1	19,6	199,6
Vila Esperança II	255	54,0	323,6	2,4	41,2	421,3
Total	553	121,8	682,6	5,1	88,9	897,4
Zona Sul						
Jd. Novo Horizonte IV	15	2,9	15,6	0,1	2,1	20,7
Total	15	2,9	15,6	0,1	2,1	20,7
Zona Leste						
Cidade Alta	165	30,5	206,5	1,5	26,5	265,0
Farigot de Souza	164	35,6	203,1	1,5	26,1	266,3
Jardim Cerro Azul	27	5,3	40,4	0,3	4,9	50,9
Total	356	71,3	450,0	3,3	57,4	582,1
Zona Oeste						
Jardim Ouro Cola	14	2,9	16,2	0,1	2,1	21,4
Jardim Continental	6	1,3	5,9	0,1	0,8	8,2
Total	20	4,2	22,2	0,2	3,0	29,5
Zona Centro						
Cond. Hab. Itamarati	43	22,0	54,6	0,4	7,0	84,0
Jardim Alamar	6	1,3	7,0	0,1	0,9	9,3
Jardim Laudicéia	3	0,7	3,1	0,03	0,4	4,2
Zona de Armazém I	44	9,8	52,3	0,4	6,8	69,2
Total	96	33,8	116,9	0,9	15,1	166,7
Total Geral	1040	234,0	1.287,3	9,5	166,5	1.696,4

Com base na Tabela 13, observa-se que, para a fração folhas, foram acumuladas 234,0 Mg em todos os bairros avaliados do perímetro urbano de Maringá – PR, equivalendo a uma quantidade média de 15,6 Mg bairro⁻¹ de biomassa de folha acumulada na arborização viária implantada com a espécie estudada.

O bairro avaliado que apresentou o maior acúmulo de biomassa em folhas foram a Vila Esperança II (Zona Norte), que representou 23,1% de toda biomassa de folha acumulada nos bairros avaliados, fato que se deve ao referido bairro ser arborizado predominantemente com a espécie e pertencer ao primeiro plano de arborização viária do perímetro urbano de Maringá. Outro fator associado seria as grandes áreas de copas entre 66,1 m² até 240,0 m², pelo grande intervalo entre exemplares, como anteriormente ressaltado e também pelo menor grau de compactação e impermeabilização do solo nestes locais e poluentes que são os principais fatores de estresse fisiológico no meio urbano.

O menor acúmulo de biomassa de folhas foi verificado no Jardim Laudicéia, na Zona Centro, com apenas 0,3%, o que se deve a este bairro ser um loteamento recente, inferior a 30 anos, portanto com menos indivíduos implantados da espécie, pelo início do processo de rejeição da mesma pela população, e também pelo intervalo diamétrico arbitrado para a realização do presente estudo, que cerceou a entrada de indivíduos para as medições.

A fração galhos apresentou um acúmulo de biomassa total no perímetro urbano de Maringá – PR de 1.287,3 Mg, com uma quantidade média de 85,8 Mg bairro⁻¹ de biomassa de galhos acumulada nos indivíduos de Sibipiruna implantadas nas vias dos bairros avaliados.

Como na fração folhas, o bairro Vila Esperança II apresentou o maior acúmulo, representando 25,1% do total desta fração no perímetro urbano avaliado, o que se deve como é a realidade de todos os bairros avaliados no perímetro periférico, a realização de podas drásticas nos exemplares e em alturas inadequadas, gerando uma grande profusão de ramos e galhos, que incrementam consideravelmente o acúmulo nesta fração.

O menor acúmulo de biomassa da fração galho, como nas folhas, também se observou no bairro Jardim Laudicéia, que representou apenas 0,05% desta. Tal fato se deve ao pequeno número de exemplares, como anteriormente ressaltado, mas também pela localização do bairro em área da Zona Centro e anterior ao processo de modificação do sistema de fiação elétrica, que era de “cruzeta” e exigia, para a liberação da fiação, o emprego de podas de liberação de fiação em formato de “V”, que impacta consideravelmente na redução da copa dos exemplares, principalmente da biomassa de galhos.

A fração casca obteve um acúmulo de 9,5 Mg, sendo uma quantidade média por bairro de 0,6 Mg bairro⁻¹. O bairro que obteve maior potencial de acúmulo foi o bairro Vila Esperança II, que representou 25,2% do total acumulado de cascas para o perímetro urbano de Maringá – PR, que se deve aos fatores anteriormente explanados nas frações folhas e galhos.

O bairro Jardim Laudicéia, como nas demais frações (folhas e galhos), também apresentou o menor acúmulo, representando para cascas apenas 4,2% do total acumulado para o perímetro urbano avaliado.

Na fração madeira do tronco verificou-se o mesmo comportamento ao observado nas demais frações componentes da biomassa total acima do solo na espécie estudada, onde se obteve um acúmulo de 166,5 Mg, sendo uma quantidade média por bairro de 11,1 Mg bairro⁻¹, ficando o maior acúmulo concentrado no Bairro Vila Esperança II, que representou 24,2% do total nesta fração.

O menor acúmulo foi observado principalmente nos bairros da Zona Centro, como o Jardim Laudicéia (0,2%) e o Jardim Alamar (0,5%) e na Zona Oeste, verificou-se tal

comportamento no Bairro Jardim Continental (0,5%). O principal fator explica tal resultado são as baixas alturas de bifurcação apresentadas pelos indivíduos avaliados, que nestes bairros, como se observou no inventário (item 4.1) nestes bairros, acima de 75,0% dos exemplares apresentam alturas de bifurcação variando desde 0,1 a 2,0 m; e também em função da metodologia empregada considerar como madeira do tronco desde a base da árvore acima do solo até seu ponto de inversão morfológica, condicionante que, nestes bairros, levou a um baixo acúmulo de madeira do tronco em detrimento de um maior acúmulo de biomassa de galhos, além do fato da existência de poucos exemplares com as dimensões consideradas pelo presente estudo.

Nos bairros avaliados, verificou-se o maior acúmulo de biomassa total, assim como nas demais frações, na Vila Esperança II, de 421,3 Mg, representando 24,8% do valor acumulado na biomassa total. Tal situação, como anteriormente relatado, se deve ao referido bairro apresentar a maior frequência de indivíduos mensurados (255) dentro do perímetro avaliado.

O menor acúmulo de biomassa total, em situação idêntica as demais frações, ocorreu no Bairro Jardim Laudicéia, com apenas 4,2 Mg, que representou apenas 0,2% do total acumulado para esta fração.

Em relação à biomassa total acumulada no perímetro avaliado, foi obtido um valor de 1.696,4 Mg, que representa 1,3 Mg ha⁻¹. Para todo o perímetro urbano de Maringá – PR, o valor total acumulado de biomassa total para a espécie estudada, no intervalo diamétrico de 45,1 a 70,0 cm, é de 16.673,8 Mg.

4.2.3 Influência do meio urbano, manejo e vigor sobre o acúmulo de biomassa

Conforme Biondi (1995), no ambiente os fatores abióticos (temperatura, umidade, vento, precipitação, etc.) são muitas vezes inter-relacionados com os fatores bióticos (insetos, fungos, parasitas, etc.) gerando, dependendo do grau de severidade, injúrias e até mesmo doenças e declínio do indivíduo, o que torna a análise da influência destes fatores sobre as árvores urbanas bastante complexa.

Em relação ao tamanho da área livre, como pode ser observado na Tabela 14, a fração folha não sofreu influência (efeito) significativa, tal fato pode estar relacionado aos exemplares apresentarem grandes dimensões (45,1 – 70,0 cm de diâmetro) e apresentarem-se em ciclo fisiológico maduro, em alguns casos, indivíduos em estágio de senilidade, onde a produção de biomassa foliar encontra-se estabilizada, ou seja, mantém-se apenas para a

continuidade das atividades fotossintéticas essenciais, não sendo necessário grandes aportes de produção de folhas, como em indivíduos jovens, onde o tamanho da área livre é essencial para o pleno desenvolvimento do sistema radicular, e também maior oxigenação do solo e entrada de nutrientes, e conseqüentemente formação de tecidos foliares.

Conforme Larcher (2000), as espécies arbóreas passam por uma fase de crescimento onde é pequena a massa de caules e raízes, que é dependente dos assimilados produzidos pelas folhas, durante a fase jovem da planta, o que leva a uma produção primária alta e a um excedente de substâncias orgânicas. Porém, com o envelhecimento, caminha-se para a fase madura, na qual o componente “biomassa” se mantém, primeiramente positivo, e mais tarde, tende a um valor nulo. Portanto, quanto maior o porte da árvore, mais desfavorável se torna a relação entre os tecidos verdes (folhas) e não-verdes (madeira, casca e galhos), resultando num ganho fotossintético suficiente apenas para repor a folhagem e manter a respiração de uma enorme massa de caules, ramos e raízes em crescimento.

Para as frações galhos, madeira do tronco e biomassa total, o efeito da área livre foi significativo positivamente para o tamanho de 1 m^2 , com uma representatividade de 96,2%, 96,4% e 96,2%, respectivamente, da variabilidade destas frações e uma correlação de 0,99.

Na fração casca o efeito da área livre também se apresentou significativo positivamente, porém para áreas livres maiores que 1 m^2 , com uma representatividade de 95,8% da variabilidade desta fração e uma correlação de 0,99.

Diante de tais resultados, se confirma a importância da implantação de áreas livres de grandes dimensões para o pleno desenvolvimento de árvores urbanas, uma vez que, esta garante uma maior proporção de solo apto para o desenvolvimento das raízes, ciclagem e absorção de nutrientes e conseqüentemente acúmulo de biomassa pelos indivíduos, além da redução da intensidade de ocorrência de rachaduras em calçadas.

A constatação acima pode ser corroborada com o estudo realizado por Bortoleto, Silva Filho e Lima (2006), que avaliando as prioridades de manejo da arborização viária da Estância de Águas de São Pedro – SP, constataram que ocorreu uma relação direta entre a ausência de áreas livres para as raízes, afloramento e indicação da ação de manejo de ampliação do canteiro, pois a área livre foi determinante nos problemas de afloramentos de raízes na arborização viária da referida área, o que leva a ações de remodelamento de canteiro, empregando áreas livres de no mínimo $1,0 \text{ m}^2$ a $2,0 \text{ m}^2$ por árvore ou estabelecimento de faixas verdes na extensão da calçada.

Tabela 14 - Análise da influência do parâmetro de implantação de tamanho da área livre sobre o acúmulo de biomassa e suas frações nos indivíduos de Sibipiruna (*Poincianella pluviosa*) com distribuição diamétrica de 45,1 a 70,0 cm implantados na arborização viária de Maringá – PR

F	R _{yy}	R ² _{yy}	Tamanho de área livre (m ²)									
			Inexistente		< 0,5		0,5 – 1,0		1,0		> 1,0	
			C. ang.	p	C. ang.	P	C. ang.	p	C. ang.	p	C. ang.	p
BF	0,9833	0,9669	0,2918	0,3820 ns (0,2%)*	-2,7354	0,2044 ns (0,7%)	0,2048	0,4637 ns (0,02%)	0,4395	0,2850 ns (1,3%)	0,2156	0,1918ns (94,5%)
BG	0,9993	0,9996	1,7081	<0,0001 (3,2%)	-2,1419	0,1474 ns (0,4%)	1,6137	<0,0001 (0,4%)	1,1758	0,0015 (96,2%)	1,1414	<0,0001 (0,3%)
BCT	0,9992	0,9984	0,0137	0,0016 (3,4%)	-0,0126	0,5310 ns (0,01%)	0,0111	0,0019 (0,3%)	0,0077	0,0704 ns (3,4%)	0,0085	0,0003 (95,8%)
BMT	0,9999	0,9998	0,1948	<0,0001 (1,2%)	-0,1307	0,2875 ns (0,0%)	0,1897	<0,0001 (0,4%)	0,1594	<0,0001 (96,4%)	0,151	<0,0001 (2,0%)
BT	0,9996	0,9992	2,2189	0,0003 (1,2%)	-5,0441	0,0727ns (1,2%)	2,018	0,0002 (0,3%)	1,787	0,0048 (96,2%)	1,5122	<0,0001 (2,2%)

F = Fração; BF = Biomassa de folhas; BG = Biomassa de galhos; BMT = Biomassa de madeira do tronco; BCT = Biomassa de casca do tronco; BT = Biomassa total; R_{yy} = Coeficiente de correlação múltipla; R²_{yy} = Coeficiente de determinação múltipla; C. ang.= Coeficiente angular da regressão linear múltipla; p = Valor da probabilidade de erro (p<0,05); ns = Valores não valores em negrito são significativos a 5% de probabilidade de erro; * = Percentual de representação da variável no valor do coeficiente de determinação da regressão múltipla. Para os modelos de regressão linear múltipla que avaliaram os efeitos do parâmetro não foi considerado o valor do intercepto nos mesmos, uma vez que este não foi significativo a condicionante do valor da probabilidade de erro.

O efeito da prática das podas sobre o comportamento de acúmulo de biomassa nas frações estudadas (Tabela 15) foi significativo e positivo sobre os indivíduos, sendo a poda de levantamento de copa a que obteve maior significância, com uma representatividade de variabilidade da fração de 93,2% na fração folhas, 92,8% na fração galhos, 92,7% na fração casca do tronco e 93,1% na fração biomassa total e correlações de 0,98 a 0,99.

Tal fato se relaciona pela poda de levantamento de copa ser entre os tipos avaliados, a de menor impacto sobre a fisiologia, crescimento e conseqüentemente o acúmulo de biomassa.

Os demais tipos de poda não apresentaram efeitos significativos sobre as frações mencionadas anteriormente devido, principalmente, as idades avançadas dos exemplares, uma vez que se considerou um intervalo diamétrico de 45,1 a 70,0 cm, portanto, sendo indivíduos adultos, com mais de 20 anos, onde a realização dos outros tipos de poda tem uma frequência de realização baixa atualmente, pois os exemplares já se apresentam conformados ao espaço urbano, principalmente na Zona Centro, necessitando somente de retirada de galhos para levantamento de copa, que como pode ser observado na Tabela 7 apresenta-se como a mais frequente.

A fração madeira foi a única fração que não apresentou significância e variabilidade representativa para o efeito da poda sobre seu acúmulo, pois foi observado um valor de p significativo ($p < 0,0001$) para a poda de levantamento, porém a representatividade deste tipo de poda sobre a variabilidade do acúmulo da fração foi de apenas 6,1%, o que demonstra uma influência pequena da mesma sobre o comportamento de acúmulo, enquanto que na poda em formato de “V”, a representatividade da variabilidade desta prática sobre o acúmulo da fração foi 93,0%, mas o valor de p não foi significativo ($p = 0,8824$).

Tal questão se deve como as demais frações, à influência dos grandes diâmetros e idades dos indivíduos, pois como a altura de bifurcação (principalmente) e o crescimento em altura encontram-se estabilizados (Figura 15) o efeito da poda não impactou sobre o acúmulo de biomassa na fração madeira do tronco, sendo que, caso o presente estudo fosse realizado com indivíduos mais jovens e classes diamétricas inferiores, que se encontram em pleno crescimento vegetativo, as podas viriam a influenciar significativamente sobre o comportamento de acúmulo de biomassa nesta fração.

A Tabela 15 apresenta as relações de interdependência (efeitos) da prática da poda sobre o acúmulo de biomassa nos indivíduos mensurados.

Tabela 15 - Análise da influência do manejo de podas sobre o acúmulo de biomassa e suas frações nos indivíduos de Sibipiruna (*Poincianella pluviosa*) com distribuição diamétrica de 45,1 a 70,0 cm implantados na arborização viária de Maringá – PR

F	R _{yy}	R ² _{yy}	Tipo de poda realizada												Não podada	
			Levant.		Lib. “V”		Lib. “U”		Furo		Drástica		Raiz		C. ang.	p
			C. ang.	p	C. ang.	p	C. ang.	p	C. ang.	p	C. ang.	p	C. ang.	p		
BF	0,982	0,963	0,219	0,0106 (93,2%)*	0,0703	0,8134ns (2,2%)	-0,1808	0,8944ns (0,04%)	1,3823	0,6989ns (0,1%)	0,8176	0,4518ns (0,3%)	-0,2366	0,6396ns (0,4%)	0,6739	0,7862ns (0,1%)
BG	0,999	0,998	1,1426	<0,0001 (92,8%)	-0,1045	0,7869ns (6,1%)	2,9904	0,1127ns (0,1%)	3,6138	0,4289ns (0,02%)	2,4744	0,0961ns (0,1%)	0,1894	0,7641ns (0,1%)	15,3205	0,0014 (0,7%)
BCT	0,995	0,998	0,0085	<0,0001 (92,7%)	-0,0009	0,7971ns (6,7%)	0,0219	0,1865ns (0,03%)	0,0378	0,3640ns (0,03%)	0,0186	0,1547ns (0,1%)	0,001	0,8578ns (0,1%)	0,1108	0,0047 (0,7%)
BMT	0,999	0,998	0,141	<0,0001 (6,1%)	0,0073	0,8824ns (93,0%)	0,3476	0,1417ns (0,1%)	0,3141	0,5844ns (0,0%)	0,2618	0,1543ns (0,1%)	0,0277	0,7306ns (0,1%)	1,8042	0,0021 (0,6%)
BT	0,999	0,998	1,5135	<0,0001 (93,1%)	-0,0367	0,9536ns (5,8%)	3,2227	0,2709ns (0,1%)	5,2683	0,4784ns (0,0%)	3,5753	0,1332ns (0,1%)	-0,024	0,9813ns (0,1%)	17,9928	0,0080 (0,5%)

F = Fração; BF = Biomassa de folhas; BG = Biomassa de galhos; BMT = Biomassa de madeira do tronco; BCT = Biomassa de casca do tronco; BT = Biomassa total; R_{yy} = Coeficiente de correlação múltipla; R²_{yy} = Coeficiente de determinação múltipla; Levant. = Poda de levantamento; Lib. “V” = Poda de liberação em “V”; Lib. “U” = Poda de liberação em “U”; Furo = Poda em furo; Raiz = Poda em raiz; Não podada = indivíduo que não sofreu a intervenção de poda; C. ang. = Coeficiente angular da regressão linear múltipla; p = Valor da probabilidade de erro (p<0,05); ns = Valores não significativos a 5% de probabilidade de erro; * = Percentual de representação da variável no valor do coeficiente de determinação da regressão múltipla. Para os modelos de regressão linear múltipla que avaliaram os efeitos do parâmetro não foi considerado o valor do intercepto nos mesmos, uma vez que este não foi significativo a condicionante do valor da probabilidade de erro.

Na Tabela 16, quanto a influência da fitossanidade geral dos indivíduos sobre o acúmulo de biomassa e suas frações, verifica-se que todas as frações avaliadas apresentaram correlações altamente significativas, na ordem de 0,99 e coeficientes de determinação variando de 0,97 a 0,99, sendo que entre os itens de fitossanidade avaliados, verificou-se que todas as frações estabeleceram relações significativas positivas (valores de p variando de 0,0456 a $< 0,0001$) e representatividades de 95,2% para a fração folhas, 97,9% para a fração galhos e casca do tronco, 97,8% para a fração madeira do tronco e de 98,1% para a biomassa total com o ataque de cupins.

A relação positiva de efeito do ataque de cupins sobre o acúmulo de biomassa se deve em virtude do grau de injúria causado pelo mesmo, que ao atacar e destruir o lenho dos indivíduos provoca como reação fisiológica sobre a árvore, a indução de formação de tecidos como folhas e raízes para a manutenção das atividades fisiológicas dos indivíduos e sua sobrevivência, embora em muitos casos decrépita, comumente encontrada na Zona Centro.

Conforme Duarte et al. (2008), a principal espécie de cupins que tem atacado a arborização viária de Maringá – PR, em especial a Sibipiruna, é *Nasutitermes corniger*, que são cupins arborícolas, que constroem seu ninho em árvores e através das visíveis galerias ao longo do tronco da árvore, buscam alimentos através da degradação de raízes e celulose dos troncos das árvores atacadas, sendo como anteriormente relatado, o principal fator que predispõe a espécie ao ataque de cupins na área urbana é a elevada densidade de indivíduos dentro da composição florística do meio urbano.

Em outros municípios paranaenses encontram-se situações semelhantes de ataques de cupins, por exemplo, Albertin et al. (2011), avaliando a arborização viária de Nova Esperança – PR, também na região noroeste, verificaram que a Sibipiruna (*Poincianella pluviosa*) foi a espécie que apresentou o maior percentual de ataques de cupins, ocorrendo em 25% dos exemplares, sendo os principais fatores para o ataque, a elevada idade dos indivíduos e também a alta frequência da espécie na composição, que chega até 63,4%.

Segundo Queiróz e Garcia (2007), os órgãos públicos devem privilegiar uma maior diversidade de espécies, evitando aglomerações de indivíduos taxonomicamente próximos. Outro fator relevante é o estado fitossanitário da árvore, que pode influenciar na escolha dos insetos praga, uma vez que, árvores menos vigorosas ou doentes apresentam maior incidência e intensidade de ataques.

Tabela 16 - Análise da influência da fitossanidade geral sobre o acúmulo de biomassa e suas frações nos indivíduos de Sibipiruna (*Poincianella pluviosa*) com distribuição diamétrica de 45,1 a 70,0 cm implantados na arborização viária de Maringá – PR

F	R _{yy}	R ² _{yy}	Fitossanidade							
			Sadia		Atacada por Cupim		Presença de Hemip.		Presença de Fungos	
			C. ang.	p	C. ang.	p	C. ang.	p	C. ang.	p
BF	0,986	0,971	0,2366	0,0456 (0,7%)	0,5022	0,0118 (95,2%)	0,1498	0,1114ns (0,9%)	-0,3492	0,1527ns (0,3%)
BG	0,999	0,998	1,3188	< 0,0001 (1,4%)	0,6316	0,0306 (97,9%)	0,2769	0,0618ns (0,1%)	1,4179	0,0022 (0,5%)
BCT	0,999	0,998	0,0097	< 0,0001 (1,2%)	0,0054	0,0271 (97,9%)	0,0027	0,0345 (0,2%)	0,0091	0,0102 (0,4%)
BMT	0,999	0,999	0,1757	< 0,0001 (1,6%)	0,0808	0,0170 (97,8%)	0,0323	0,0541 (0,1%)	0,1778	0,0010 (0,4%)
BT	0,999	0,998	1,74	< 0,0001 (1,3%)	1,2216	0,0039 (98,1%)	0,4632	0,0223 (0,1%)	1,2537	0,0194 (0,3%)

F = Fração; BF = Biomassa de folhas; BG = Biomassa de galhos; BMT = Biomassa de madeira do tronco; BCT = Biomassa de casca do tronco; BT = Biomassa total; R_{yy} = Coeficiente de correlação múltipla; R²_{yy} = Coeficiente de determinação múltipla; Sadia = Indivíduo sadio; Atacada por cupim = Indivíduo apresentando ataque por cupins; Presença de Hemip. = Indivíduo com infestação de ervas-de-passarinho; Presença de fungos = Indivíduo com podridões de madeira no tronco; C. ang. = Coeficiente angular da regressão linear múltipla; p = Valor da probabilidade de erro (p<0,05); ns = Valores não significativos a 5% de probabilidade de erro. * = Percentual de representação da variável no valor do coeficiente de determinação da regressão múltipla. Para os modelos de regressão linear múltipla que avaliaram os efeitos do parâmetro não foi considerado o valor do intercepto nos mesmos, uma vez que este não foi significativo a condicionante do valor da probabilidade de erro.

Para a qualidade de copa (Tabela 17), verificou-se que a copa vigorosa apresentou-se com influência significativa e positiva para todas as frações de biomassa avaliadas (valores de p variando de 0,0011 a $< 0,0001$) e representatividades de 95,7% para folhas, 99,6% para galhos e madeira do tronco, 99,4% para a casca do tronco e de 99,7% para a biomassa total e com correlações de 0,98 a 0,99.

Tais dados confirmam os resultados obtidos no inventário, ou seja, a presença de indivíduos com áreas de copa superiores a 66,1 m² e também com a relação de efeito (influência) do ataque de cupins (Tabela 16), pois os indivíduos, como forma de reação fisiológica ao estresse gerado pelo ataque da praga e perda de tecidos no tronco, passam a aumentar a produção de biomassa de copa (folhas e galhos), portanto entrando novamente em estado vegetativo de crescimento.

Tabela 17 - Análise da influência da qualidade de copa sobre o acúmulo de biomassa e suas frações nos indivíduos de Sibipiruna (*Poincianella pluviosa*) com distribuição diamétrica de 45,1 a 70,0 cm implantados na arborização viária de Maringá – PR

F	R_{yy}	R^2_{yy}	Qualidade de copa							
			Copa vigorosa		Copa epicórmica		Copa clorótica		Copa estressada	
			C. ang.	p	C. ang.	p	C. ang.	p	C. ang.	p
BF	0,983	0,966	0,3597	0,0011 (95,7%)*	-0,2792	0,4166 ns (0,0%)	0,2014	0,6600ns (0,2%)	-0,4065	0,2027ns (0,6%)
BG	0,999	0,999	1,2835	< 0,0001 (99,6%)	1,3758	0,0020 (0,2%)	0,8824	0,0768ns (0,0%)	1,1985	0,0025 (0,1%)
BCT	0,999	0,998	0,0091	< 0,0001 (99,4%)	0,0115	0,0111 (0,2%)	0,0060	0,2526ns (0,0%)	0,0102	0,0124 (0,2%)
BMT	0,999	0,999	0,1635	< 0,0001 (99,6%)	0,1698	< 0,0001 (0,2%)	0,1286	0,0054ns (0,0%)	0,1535	< 0,0001 (0,1%)
BT	0,999	0,999	1,8167	< 0,0001 (99,7%)	1,2802	0,0280 (0,2%)	1,2161	0,1005ns (0,0%)	0,9494	0,0616ns (0,0%)

F = Fração; **BF** = Biomassa de folhas; **BG** = Biomassa de galhos; **BMT** = Biomassa de madeira do tronco; **BCT** = Biomassa de casca do tronco; **BT** = Biomassa total; R_{yy} = Coeficiente de correlação múltipla; R^2_{yy} = Coeficiente de determinação múltipla; **C. ang.** = Coeficiente angular da regressão linear múltipla; **p** = Valor da probabilidade de erro ($p < 0,05$); **ns** = Valores não significativos a 5% de probabilidade de erro. * = Percentual de representação da variável no valor do coeficiente de determinação da regressão múltipla. Para os modelos de regressão linear múltipla que avaliaram os efeitos do parâmetro não foi considerado o valor do intercepto nos mesmos, uma vez que este não foi significativo a condicionante do valor da probabilidade de erro.

Em relação à qualidade do tronco (Tabela 18), verificou-se que a fração folhas obteve uma relação (efeito) positiva significativa com a qualidade de tronco injuriado (valor de $p=0,0015$), onde se obteve uma correlação desta fração com o fator na ordem de 0,98 e uma representação da variabilidade da mesma em função do tronco injuriado de 95,7%.

A influência da presença de injúrias no tronco sobre o acúmulo de biomassa de folhas se deve, assim como o ataque de cupins, a reações fisiológicas dos indivíduos ao dano nos tecidos lenhosos do tronco, principalmente no aumento do acúmulo de tecidos foliares para a produção de substâncias para a cicatrização das lesões oriundas das injúrias.

Conforme Seitz (1996), a cicatrização de lesões demanda grandes quantidades de açúcares e substâncias antibióticas e intensa atividade de células parenquimáticas, do câmbio e parênquima floemático para o recobrimento das lesões. Neste sentido, os indivíduos tendem a ativar o metabolismo vegetativo, principalmente na produção de biomassa foliar para o alavancamento do processo, uma vez que, quanto mais ativo o metabolismo dos indivíduos, mais rápido é o processo de compartimentalização e cicatrização das lesões.

Para as demais frações (galhos, casca e madeira do tronco e biomassa total) observaram-se correlações (0,99) e efeitos significativos positivos ($p<0,0001$) com a qualidade de tronco íntegro, com a representação da variabilidade da variável sobre o acúmulo de biomassa nas frações sendo de 97,2% para os galhos, 97,5% para a casca do tronco, 97,1% para a madeira do tronco e 96,1% para a biomassa total.

Tal resultado era esperado, uma vez que um tronco íntegro garante o pleno desenvolvimento do indivíduo devido a realização de suas funções fisiológicas de transporte de seiva para copa e para raízes, e posterior acúmulo de reservas.

Tabela 18 - Análise da influência da qualidade de tronco sobre o acúmulo de biomassa e suas frações nos indivíduos de Sibipiruna (*Poincianella pluviosa*) com distribuição diamétrica de 45,1 a 70,0 cm implantados na arborização viária de Maringá – PR

F	R_{yy}	R^2_{yy}	Qualidade de tronco							
			Íntegro		Injuriado		Oco		Anelado	
			C. ang.	p	C. ang.	p	C. ang.	p	C. ang.	p
BF	0,985	0,970	0,1654	0,0689ns (1,0%)*	0,321	0,0015 (95,7%)	-0,2548	0,3291ns (0,3%)	1,1542	0,7477ns (0,0%)
BG	0,999	0,998	1,0595	<0,0001 (97,2%)	1,2694	<0,0001 (2,4%)	1,3292	0,0037 (0,2%)	0,8042	0,8746ns (0,0%)
BCT	0,999	0,998	0,0086	<0,0001 (97,5%)	0,0087	<0,0001 (2,1%)	0,0083	0,0256 (0,2%)	0,0208	0,6496ns (0,0%)
BMT	0,999	0,999	0,1317	<0,0001 (97,1%)	0,1684	<0,0001 (2,6%)	0,1623	0,0024 (0,2%)	0,1844	0,7514ns (0,0%)
BT	0,999	0,998	1,365	<0,0001 (96,9%)	1,7673	<0,0001 (2,8%)	1,248	0,0285 (0,1%)	2,0339	0,7729ns (0,0%)

F = Fração; **BF** = Biomassa de folhas; **BG** = Biomassa de galhos; **BMT** = Biomassa de madeira do tronco; **BCT** = Biomassa de casca do tronco; **BT** = Biomassa total; R_{yy} = Coeficiente de correlação múltipla; R^2_{yy} = Coeficiente de determinação múltipla; **C. ang.** = Coeficiente angular da regressão linear múltipla; **p** = Valor da probabilidade de erro ($p < 0,05$); **ns** = Valores não significativos a 5% de probabilidade de erro. * = Percentual de representação da variável no valor do coeficiente de determinação da regressão múltipla. Para os modelos de regressão linear múltipla que avaliaram os efeitos do parâmetro não foi considerado o valor do intercepto nos mesmos, uma vez que este não foi significativo a condicionante do valor da probabilidade de erro.

4.3 Estoque de carbono nos indivíduos mensurados no perímetro urbano

Historicamente, em termos globais, a população tem se concentrado em grandes centros urbanos, consumindo assim a maior parte da energia produzida para atender as demandas de transporte, indústria e comércio, e principalmente para atividades de aquecimento e arrefecimento (DUBEUX e LA ROVERE, 2007).

Um dos importantes gases de efeito estufa que provocam o aquecimento global e as mudanças climáticas é o dióxido de carbono (CO_2), que é especialmente liberado na atmosfera pelo uso de combustíveis fósseis (AIDIN e ÇUKUR, 2012).

Neste sentido, Hutyra et al. (2011) argumentam que a criação e expansão das cidades é tipicamente associada com as emissões significativas de carbono através da remoção da vegetação, a adição de superfícies impermeáveis e aumentos no uso de combustível fóssil locais.

A análise das modificações ocasionadas pelos seres humanos sobre as funções dos ecossistemas e a valoração das funções e serviços ambientais nos ecossistemas urbanos, como o potencial de sequestro de CO_2 por árvores urbanas, pode ajudar os planejadores a conservar e criar cidades mais sustentáveis e, conseqüentemente, a promoção e melhoria da qualidade de vida da população (STRONBACH e HAASE, 2012).

Nestes termos, áreas urbanas arborizadas podem minimizar muito dos impactos ambientais do crescimento urbano, melhorando o ambiente físico, através da moderação das ilhas de calor, hidrologia e qualidade do ar, reduzindo os níveis de ruído e principalmente a demanda de energia para arrefecimento nas cidades, pois tende a reduzir as temperaturas pelo sombreamento gerado e absorção direta de gases do efeito estufa, principalmente o CO_2 , influenciando, a nível local e global, no comportamento das mudanças climáticas (ESCOBEDO e NOWAK, 2009; SOARES et al., 2011).

Para uma efetiva quantificação do potencial de fixação de C pelas árvores urbanas é necessário o desenvolvimento de técnicas de monitoramento próprias para as mesmas, formação de profissionais qualificados para levantamentos de C nos órgãos públicos e parcerias com universidades ou institutos de pesquisa, realização contínua de inventários para conhecimento do patrimônio arbóreo e suas condições, e por fim, o desenvolvimento de equações alométricas próprias para árvores urbanas (POUDYAL, SIRY e BROKWER, 2011; STRONBACH, ARNOLD e HAASE, 2012).

Com base nestes aspectos, o referido item tem por objetivo quantificar o potencial de indivíduos de Sibipiruna (*Poincianella pluviosa*) implantados nas vias públicas de Maringá, PR em estocar carbono (C) em sua biomassa.

4.3.1 Caracterização do teor e estoque de carbono nas árvores amostras

A Tabela 19 apresenta o comportamento dos teores e quantidades de carbono alocados nas árvores amostras de Sibipiruna (*Poincianella pluviosa*) coletadas na arborização viária do Bairro Cidade Alta em Maringá – PR.

Tabela 19 - Teores e quantidades de carbono alocados nas árvores amostra de Sibipiruna (*Poincianella pluviosa* (Benth.) L.P. Queiróz) implantados na arborização viária do Bairro Cidade Alta em Maringá – PR

Fração	Teor (g kg ⁻¹)			Quantidade (kg árv. ⁻¹)		
	Méd.	Mín.	Máx.	Méd.	Mín.	Máx.
Valores reais obtidos com base nas árvores amostra						
Folha	457,0 b*	412,0	534,0	84,5 b*	12,8	199,5
Galho	462,2 b	421,0	600,0	635,2 a	293,0	1458,2
Casca do tronco	433,9 c	362,0	534,0	4,2 c	1,4	7,9
Madeira do tronco	557,5 a	490,7	629,5	99,7 b	36,5	147,8
Média/Total	477,7	420,9	576,1	823,6	416,7	1617,9

* Médias não seguidas pela mesma letra, na coluna, diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade de erro.

Verificou-se que a fração que apresentou o maior acúmulo de carbono em termos de teores médios foi a madeira (557,5 g kg⁻¹), o que se deve, em grande parte, pela avançada idade dos exemplares, como anteriormente comentado para a compartimentalização da biomassa (Tabela 23), as espécies arbóreas, à medida que tendem ao seu estado de maturidade fisiológica e de senescência, passam a inverter sua prioridade de alocação de biomassa e nutrientes, ou seja, não mais priorizam os tecidos foliares para o alavancamento do crescimento, pois o mesmo encontra-se estabilizado ou em fase de estabilização e concentra a maior alocação do elemento nos tecidos lenhosos para a formação de reservas.

Outro fator que favorece a fração no maior teor de carbono é sua própria constituição química, pois segundo Klock et al. (2005), em geral, a madeira, tanto de folhosas como coníferas, apresenta-se constituída por 50,0% ou mais de carbono, sendo este distribuído em torno de 44,0% nas moléculas de celulose, 60,0% na lignina e podendo estar presente, também, em alguns extrativos.

Em relação aos teores de carbono para a fração madeira do tronco em espécies arbóreas da família Fabaceae, relatados em literatura, verificou-se que a Sibipiruna, na arborização viária de Maringá, manteve-se superior em 116,3 a 136,6 g kg⁻¹, respectivamente para a Canela do brejo (*Machaerium paraguariense*) com um teor de 441,2 g kg⁻¹ de C em condição de Floresta Estacional Decidual secundária em Santa Tereza – RS (Brun, 2007), para Bracatinga (*Mimosa scabrella*) com teor de 437,4 g kg⁻¹ de C nos indivíduos amostrados aos 17 anos em condição de agrofloresta (Machado et al., 2006) e Acácia-negra (*Acacia mearnsii*) com teor de 421,3 g kg⁻¹ de C em condição de povoamento aos 4 anos de idade (SAIDELLES et al., 2009).

A superioridade do teor de carbono na fração madeira do tronco encontrado nas árvores amostra da espécie estudada na arborização viária de Maringá foi verificada até mesmo nos valores máximos e mínimos apresentados, uma vez que o valor mínimo observado foi de 490,7 g kg⁻¹ de C e o máximo foram de 629,5 g kg⁻¹ de C.

A segunda fração que apresentou o maior teor de C foi galhos (462,2 g kg⁻¹), o que se deve à sua constituição lenhosa, assim como a madeira. Os teores de carbono para a fração em arbóreas da família Fabaceae, relatados em literatura, também são superiores em 48,2 a 294,5 g kg⁻¹ de C, respectivamente, sendo para as espécies *Peltophorum dubium* (Canafístula) e *Caesalpinia leiostachya* (Pau-ferro) implantados na arborização viária de Brasília – DF, onde os teores relatados por Vale, Sarmento e Almeida (2005) são respectivamente de 167,7 e 174,3 g kg⁻¹.

Para espécies em condições de floresta nativa e povoamentos também os valores dos teores encontrados no presente estudo foram superiores, sendo que para a Canela do brejo (*Machaerium paraguariense*) foi relatado um teor de 396,1 g kg⁻¹ de C em condição de Floresta Estacional Decidual secundária em Santa Tereza – RS (Brun, 2007), para Bracatinga (*Mimosa scabrella*) um teor de 443,6 g kg⁻¹ de C nos indivíduos amostrados aos 17 anos em condição de agrofloresta (Machado et al., 2006) e Acácia-negra (*Acacia mearnsii*) com teor de 414,0 g kg⁻¹ de C em condição de povoamento aos 4 anos de idade (SAIDELLES et al., 2009).

Em relação aos valores mínimos e máximos de teores de C para a fração, houve uma variação de 462,2 a 600,0 g kg⁻¹ de C, sendo o fator que denota atenção nessa variabilidade é o valor extremo máximo, que representa que 60,0% do material formador da biomassa de galhos da árvore amostra é composta por C, um padrão fora do habitual relatado para Fabáceas arbóreas.

Esta superioridade do teor de C nas frações dos tecidos lenhosos (galhos e madeira) da espécie estudada em relação às demais espécies arbóreas Fabaceae apresentadas nos parágrafos anteriores se explica, conforme Gurevitch, Scheiner e Fox (2009), pelo fato de que espécies arbóreas plantadas em locais com níveis elevados de CO₂, como é geralmente o ambiente urbano, apresentam um aumento substancial nas taxas fotossintéticas e no crescimento destas, e redução da perda de água pelas árvores, embora existindo fatores estressantes, como limitação da disponibilidade de nutrientes no solo.

A fração folhas apresentou também, juntamente com a fração galhos, o segundo maior teor médio de C entre as frações estudadas, que foi de 457,0 g kg⁻¹, sendo que a referida fração encontra-se acima dos teores relatados em literatura para as espécies Canela do brejo (*Machaerium paraguariense*), com um teor relatado de 454,9 g kg⁻¹ de C em condição de Floresta Estacional Decidual secundária em Santa Tereza – RS (Brun, 2007) e Acácia-negra (*Acacia mearnsii*) com teor de 455,8 g kg⁻¹ de C em condição de povoamento aos 4 anos de idade (Saidelles et al., 2009), mas porém com o seu referido teor abaixo do citado para Bracatinga (*Mimosa scabrella*), de 467,3 g kg⁻¹ de C nos indivíduos amostrados aos 17 anos em condição de agrofloresta (Machado et al., 2006), o que vem a demonstrar uma variabilidade em termos comparativos de -10,3 a 2,1 g kg⁻¹ de C.

A superioridade do teor de C na fração folhas da Bracatinga (*Mimosa scabrella*) em relação à espécie estudada se deve a termos de idade das árvores, condições de solo e manejo das mesmas, principalmente pela menor intensidade e número de práticas de poda em agrofloresta, que é um fator de estresse principalmente para frações formadoras da copa, como é o caso das folhas, interferindo diretamente no metabolismo das árvores e no teor de carbono alocado por estas, principalmente quando se tem podas mais frequentes e intensas, como no meio urbano.

A fração casca do tronco apresentou o menor teor de carbono, de 433,9 g kg⁻¹, sendo os valores relatados em literatura para Fabaceae arbóreas para a fração de 441,0 g kg⁻¹ de C para Canela do brejo (*Machaerium paraguariense*) em condição de Floresta Estacional Decidual secundária em Santa Tereza – RS (Brun, 2007), para e Acácia-negra (*Acacia mearnsii*) em condição de povoamento aos 4 anos de idade (Saidelles et al., 2009) com um teor de 406,8 g kg⁻¹ e para Bracatinga (*Mimosa scabrella*) aos 17 anos em condição de agrofloresta (Machado et al., 2006), com teor de 459,1 g kg⁻¹ de C.

Comparando os teores de carbono alocados na fração casca entre a espécie estudada e outras Fabaceae, ocorre uma variabilidade de -25,2 a 27,1 g kg⁻¹, o que se deve a características morfológicas próprias das espécies em seu padrão botânico e também deste tecido (Tabela 8), que conforme Souza (2003), a quantidade de tecidos da casca formados por um indivíduo depende da profundidade da periderme instalada, pois esta fração é resultante dos tecidos mortos na superfície da planta, originados pela instalação da periderme.

Observando a variabilidade dos valores de teores de C médios alocados nas frações estudadas (433,9 (casca do tronco) a 557,5 g kg⁻¹ (madeira do tronco)), ressalta-se que é extremamente errôneo e arbitrário calcular o potencial de estoque de carbono para árvores urbanas com base em fatores de conversão de C igual 0,5, ou seja, considerar que todas as frações tenham seus tecidos constituídos por 50,0% de carbono, pois nestas condições estão se gerando estimativas de estoque irreais, e dependendo da fração pode-se estar sub ou superestimando os valores estocados em percentuais muito elevados.

Em relação às quantidades de carbono obtidas para as árvores amostras, conforme a Tabela 19 denotou-se uma inversão na ordem de prioridades de alocação, sendo que para os teores, verificava-se: Madeira do tronco > Galhos > Folhas > Casca do tronco. No momento que se calculou a quantidade de carbono estocado, que é um produto do teor de C pela biomassa acumulada, em função da superioridade da fração galhos em termos de acúmulo de biomassa, esta fração veio a superar a madeira, resultando na seguinte seqüência de alocação: Galho > Madeira do tronco > Folhas > Casca do tronco.

Tal fato se deve, como várias vezes ressaltado no presente estudo, à parâmetros metodológicos adotados no estudo e também associado a despadronização dos critérios de estabelecimento de altura de bifurcação apropriados e podas precoces aplicadas nos indivíduos.

Os valores máximos e mínimos de C acumulados nas árvores amostras observados para fração galhos foram de 293,0 a 1458,2 kg árvore⁻¹, sendo os valores com maior variabilidade (1.165,0 kg árvore⁻¹) entre as frações estudadas.

A fração madeira do tronco, como anteriormente relatado, apresentou a segunda maior quantidade de C entre as frações estudadas nas árvores amostras e obteve valores mínimos e máximos variando de 36,5 a 147,8 kg árvore⁻¹ representando uma variabilidade de 111,3 kg árvore⁻¹, sendo esta uma variabilidade ocasionada, assim,

como na fração galhos, em virtude do padrão metodológico adotado no estudo e do manejo de podas aplicado sobre os indivíduos.

A fração folhas representou a terceira fração com maior quantidade de C estocada nas árvores amostras, sendo os valores mínimos e máximos variando de 12,8 a 199,5 kg árvore⁻¹, representando uma variabilidade de 186,7 kg árvore⁻¹.

A variabilidade, nesta fração, se deve principalmente também à prática da poda tanto aérea, mas principalmente pela prática da poda de raízes realizada nos exemplares pela companhia de saneamento, que vem se caracterizando como um dos principais fatores de estresse fisiológico e de perda de qualidade de copa nos indivíduos (Tabela 7).

Comprovadamente, pela literatura, é observado que a poda de raízes é uma das principais fontes de variabilidade no acúmulo de biomassa e até mesmo carbono e outros nutrientes essenciais, pois a consequência direta da perda de raízes pela poda ocorre no sentido de maior probabilidade de estresse hídrico, crescimento reduzido das folhas e aumento substancial da deficiência de nitrogênio, gerando clorose generalizada na copa e, por conseguinte, reduzindo sua atividade fotossintética (BIONDI, 1995).

A fração casca do tronco apresentou a menor quantidade de carbono estocado nas árvores amostras e, por conseguinte, a menor variação nos valores mínimos e máximos observados, que foram de 1,4 a 7,9 kg árvore⁻¹, representando uma variabilidade de 6,5 kg árvore⁻¹. Esse fato se deve, como anteriormente ressaltado, às características morfológicas próprias da fração e do padrão botânico da espécie estudada.

4.3.2 Construção dos modelos matemáticos para quantificação do estoque de carbono

Com base na análise da Tabela 20, verificou-se que todos os valores de carbono acumulado nas frações estudadas das árvores amostras apresentaram distribuição normal e valores variando 0,914 (carbono da fração galhos) a 0,975 (carbono da fração da casca do tronco).

Tabela 20 - Avaliação da normalidade da distribuição dos dados de acúmulo de carbono das árvores amostra de *Poincianella pluviosa* implantadas na arborização de Maringá-PR com base no teste de normalidade de Shapiro-Wilks (W), 2011

Fração	V. mínimo	Média	V. máximo	Desvio padrão	W
CF	20,5	84,5	199,4	51,0	0,9304 ¹
CG	293,0	635,2	1.458,2	266,8	0,9143
CCT	1,7	4,2	7,9	1,5	0,9746
CMT	36,5	99,7	147,8	33,8	0,9398

¹Valores baseados nas 24 árvores amostras sendo $p > 0,05$ significativo, portanto os dados possuem distribuição normal. CF = Quantidade de carbono orgânico acumulado na fração folhas (kg árvore⁻¹); CG = Quantidade de carbono orgânico acumulado na fração galhos (kg árvore⁻¹); CCT = Quantidade de carbono orgânico acumulado na fração casca do tronco (kg árvore⁻¹); CMT = Quantidade de carbono orgânico acumulado na fração madeira do tronco (kg árvore⁻¹).

O carbono acumulado na fração folhas apresentou o segundo maior desvio padrão (51,0 kg árvore⁻¹) dentre as frações estudadas nas árvores amostras, onde também se verificou um dos maiores intervalos entre os valores extremos (mínimos e máximos) obtidos entre as frações avaliadas. Tal fato se refere, como verificado também para o comportamento da biomassa da fração, à falta de uniformidade no manejo de podas sobre os indivíduos.

O maior desvio padrão encontrado nas frações avaliadas no presente estudo nas árvores amostra foi observado na fração galhos, na ordem de 266,8 kg árvore⁻¹, o que se deve, predominantemente, a falta de um manejo padronizado das podas e por atos de vandalismo, uma vez que o manejo dos indivíduos em sua maior parte é realizado pelos próprios moradores do bairro.

A fração madeira do tronco apresentou o terceiro maior (33,8 kg árvore⁻¹) desvio padrão entre as frações avaliadas, o que se deve, como anteriormente comentado para a biomassa das frações da copa (folhas e galhos), ao procedimento metodológico que considera como ponto de caracterização da fração o ponto de inversão morfológica (bifurcação) da copa, incorrendo em uma grande variação nos valores de acúmulo (36,5 a 147,8 kg árvore⁻¹) do carbono nesta fração.

A fração casca do tronco, nas árvores amostra, apresentou o menor desvio padrão (1,5 kg árvore⁻¹) entre as frações avaliadas, assim como ocorreu no comportamento das frações da biomassa.

Na Tabela 21 apresenta-se a análise de correlação entre as variáveis dendrométricas mensuradas e as frações analisadas para a construção dos modelos de

regressão para obtenção da quantidade de carbono acumulado na espécie no perímetro urbano de Maringá – PR.

Tabela 21 - Análise de correlação entre as variáveis dendrométricas mensuradas e as frações analisadas para o acúmulo de carbono orgânico na biomassa, para a construção dos modelos de regressão com base no procedimento *Stepwise*

Fração	Variáveis mensuradas					
	DAP	h_t	h_{bif}	h_g	h_{copa}	A_{copa}
Carbono folha	0,08	-0,22	0,33	0,37	-0,31	0,04
Carbono galho	0,55	0,30	0,08	0,06	0,27	0,32
Carbono casca	0,38	-0,10	0,36	0,32	-0,20	0,23
Carbono madeira	0,41	0,22	0,28	0,23	0,14	0,22

Onde: DAP = diâmetro a altura do peito; h_t = altura total; h_{bif} = altura da 1ª bifurcação; h_g = altura do 1º primeiro galho vivo; h_{copa} = altura de copa; A_{copa} = Área de copa.

Em relação às correlações obtidas para as frações folhas, casca e madeira do tronco, as mesmas não foram fortes (significativas) com as variáveis dendrométricas independentes. Dentro deste cenário, optou-se por trabalhar na construção dos modelos matemáticos com as variáveis com correlações fracas moderadas (0,30 a 0,49).

A fração galhos foi a única fração onde se observou uma correlação significativa (0,55) com o DAP e a partir de tal variável fez-se a construção do modelo matemático para a estimativa do carbono acumulado nessa fração.

Em termos de significância das correlações das variáveis dendrométricas com o carbono acumulado, observa-se um panorama diferenciado em relação às correlações estabelecidas entre as quantidades de biomassa nas frações avaliadas e estas variáveis (Tabela 9) observam-se correlações com valores menos significativos do que as correlações obtidas para biomassa, algo que pode estar associado à maturidade fisiológica dos indivíduos, devido os mesmos encontrarem-se em modificação do comportamento de alocação de carbono devido a senilidade.

Com base nas correlações, a Tabela 22 apresenta os modelos selecionados para a estimativa do carbono acumulado nas frações avaliadas nos indivíduos de Sibipiruna (*Poincianella pluviosa*) implantados nas vias públicas dos bairros avaliados no inventário em Maringá –PR.

Tabela 22 - Modelos de regressão selecionados pelo procedimento *Stepwise* para estimativa do carbono acumulado nas diferentes frações avaliadas para Sibipiruna (*Poincianella pluviosa*) implantadas na arborização viária dos bairros avaliados no inventário em Maringá –PR

Modelo	Coefficientes	R ²	F	S _{yx} %
$C_f = b_0 + b_1.h_g^3$	b0 = 61,331 b1 = 1,948	0,15	3,8	56,4
$C_g = b_0 + b_1.d^3$	b0 = 233,921 b1 = 0,002	0,31	9,9	35,7
$C_c = b_0 + b_1.ln d^3 h_b$	b0 = -14,557 b1 = 1,461	0,24	7,0	32,5
$C_m = b_0 + b_1.d^2 h_t$	b0 = 61,379 b1 = 0,0008	0,16	4,0	29,8

Onde: C_f = Carbono de folha; C_g = Carbono de galho; C_c = Carbono de casca do tronco; C_m = Carbono de madeira do tronco; h_g = altura do primeiro galho; d = diâmetro a altura do peito; h_t = altura total; h_b = altura de bifurcação; R² = coeficiente de determinação; F= valor de F da equação; S_{yx}% = Erro padrão da estimativa percentual.

Os modelos para o carbono acumulado nas frações folhas e madeira do tronco apresentaram os menores coeficientes de determinação (R²), que foram de 0,15 e 0,16, que se devem, como anteriormente relatado para a biomassa das referidas frações e na distribuição de normalidade das quantidades de carbono estocadas nas árvores amostras, à falta de uniformidade nas práticas de poda tanto para a fração folhas e como para madeira do tronco.

As frações galhos e casca do tronco obtiveram os maiores valores de coeficientes de determinação na ordem de 0,31 a 0,40, respectivamente.

Estes valores superiores para este parâmetro, encontrado nas referidas frações, como anteriormente relatado, se deve, no primeiro caso (galhos), assim como ocorre na biomassa e também para o carbono acumulado, ao procedimento metodológico adotado para caracterização das frações galho e madeira do tronco.

No caso da fração casca do tronco, se deve a padrões morfológicos próprios da fração e respectivamente da espécie.

Esses modelos gerados pela técnica de *stepwise* para Sibipiruna em ambiente urbano, quando comparados com modelos de estimativa de biomassa citados na literatura, para as mesmas frações, em espécies florestais sob condições de plantios e florestas nativas, relatam valores de coeficientes de determinação maiores aos observados no presente estudo, na ordem de 0,85; 0,97; 0,97 e 0,99 (folha, galhos, casca e madeira do tronco) para Acácia-negra (*Acacia mearnsii*) (Saidelles et al., 2009); e de 0,51; 0,74; 0,89 (folha, galho e madeira do tronco) em Seringueira (*Hevea* sp.)

(Fernandes et al., 2007) e para Canela-do-brejo (*Machaerium paraguariense*) verificou-se valores de 0,87 (folhas); 0,96 (galhos), 0,88 (casca) e 0,99 (madeira) (BRUN, 2004).

Os valores menores de coeficientes de determinação encontrados no presente estudo, como anteriormente ressaltado para a biomassa e normalidade de dados, se deve à desuniformidade de manejo sobre as árvores.

Em relação aos erros percentuais das estimativas encontrados nos modelos gerados, a fração folhas foi a que apresentou o maior valor, de 56,4%. Tal fato se deve, principalmente, à grande variabilidade de formatos de copas apresentados em função das diferentes intensidades de podas aplicadas nos exemplares ao longo do período, tanto aéreas como radiculares, como anteriormente citado para a biomassa.

Quando comparados os valores dos erros percentuais para a fração, obtidos e relatados em modelos matemáticos desenvolvidos para quantificação de carbono em espécies florestais na literatura, verificam-se erros variando de 10,4% para Acácia-negra (*Acacia mearnsii*) (Saidelles et al., 2009), 42,6% para Bracatinga (*Mimosa scabrella*) (Urbano et al., 2008), sendo estas espécies implantadas em condição de plantio.

No modelo de regressão selecionado para a fração galhos, o erro padrão da estimativa percentual foi o segundo maior, ou seja, de 35,7%. Na literatura relatam-se valores que variam de 3,3% para Acácia-negra (*Acacia mearnsii*) (Saidelles et al., 2009) a 24,8% para Bracatinga (*Mimosa scabrella*) (URBANO et al., 2008).

O principal fator no aumento do erro padrão da estimativa percentual para a quantificação de carbono na fração galhos, encontrado no presente estudo, como anteriormente ressaltado para a biomassa e normalidade dos dados de acúmulo de carbono, se dá em virtude do procedimento metodológico adotado, que considerou como ponto de caracterização da fração madeira do tronco até o ponto de inversão morfológica (bifurcação) e a realização prematura de podas, principalmente drásticas ou de correção de injúrias sofridas pelos indivíduos, que resultam na grande profusão de galhos e redução do crescimento do tronco.

As frações do tronco, como a madeira e casca, apresentaram os menores erros padrões percentuais da estimativa, variando de 29,8% e 32,5%, respectivamente.

Em relação a erros padrões para modelos matemáticos para estimativa do carbono acumulado na fração madeira do tronco, os valores encontrados no presente estudo encontram-se acima dos valores citados na literatura para espécies arbóreas da família Fabaceae em condições de plantio, que variam de 1,5% a 19,9% (SAIDELLES et al., 2009; URBANO et al., 2008;).

Na Figura 27 é apresentada a comparação entre os valores observados (reais) de carbono nas frações das árvores de Sibipiruna (*Poincianella pluviosa* (Benth.) L. P. Queiróz) implantadas em vias públicas do Bairro Cidade Alta, Maringá - PR com os valores estimados pelos modelos matemáticos selecionados em relação as suas variáveis principais, com base nas árvores amostra.

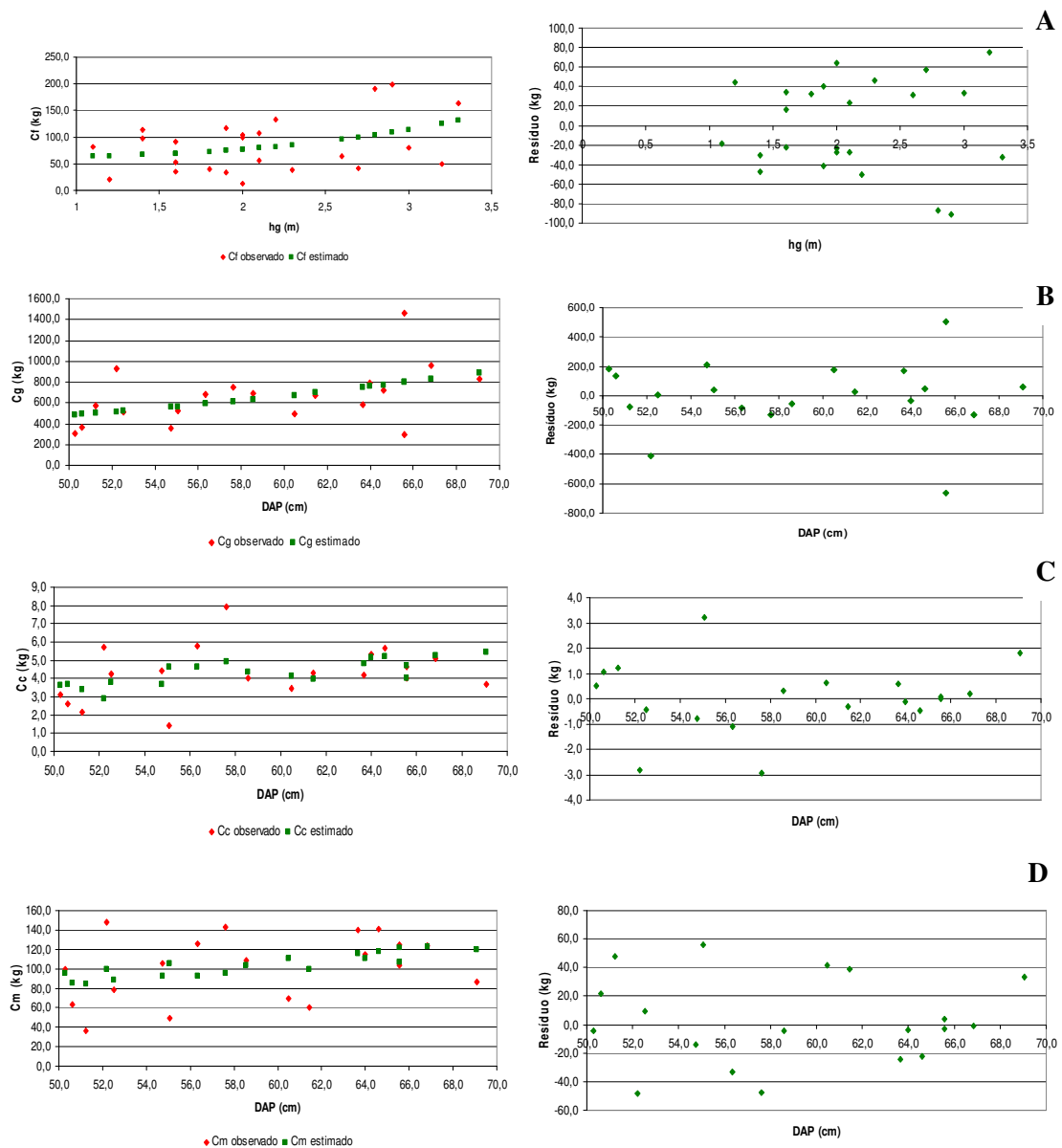


Figura 27 - Comparação dos valores observados (reais) e estimados pelos modelos matemáticos selecionados em relação as suas variáveis principais, e “plotter” de resíduos do carbono estocado nas frações estudadas de Sibipiruna (*Poincianella pluviosa*) implantadas em vias públicas do Bairro Cidade Alta, Maringá - PR com base nas árvores amostra: A) folhas, B) galhos C) madeira e D) casca do tronco

Com base na Figura 27a, verifica-se que o comportamento do estoque de carbono na fração folhas observada e estimada tende a apresentar um aumento no estoque de C nas folhas à medida que ocorre um aumento na altura do primeiro galho

vivo, o que reflete diretamente na questão de manejo de podas dos indivíduos e inversão de prioridade de alocação de C desta fração para frações de formação de tecidos lenhosos, ou seja, por serem indivíduos maduros os principais tipos de poda realizados são de levantamento de copa que eleva a altura do primeiro galho vivo, o que, por conseguinte resulta em uma copa mais reduzida em termos de folhagem.

Os resíduos gerados para a estimativa do estoque de carbono na fração folha obteve comportamento semelhante aos resíduos das estimativas do acúmulo de biomassa nesta fração, devido como anteriormente relatado para a biomassa que se deve em função dos diferentes regimes de intensidade de poda aplicada sobre as árvores amostras utilizada para a construção do modelo.

Na fração galhos, representada pela Figura 27b, também se verificou um comportamento crescente do estoque de carbono nesta fração, assim como a biomassa, observado e estimado em função do aumento do diâmetro à altura do peito (DAP) em virtude do presente estudo trabalhar com indivíduos maduros, que apresentam suas prioridades de alocação (acúmulo) de biomassa neste estágio fisiológico voltado para as frações lenhosas.

Em relação aos resíduos do modelo matemático gerado para a fração galhos observa-se que o mesmo obteve o segundo melhor ajuste entre as frações produzindo poucos valores sub ou superestimados para o estoque de carbono nesta fração.

Para as frações do tronco casca e madeira (Figuras 27 c e d), assim como para a biomassa nestas frações, obteve-se um comportamento igual a fração galhos em função a variável preditora, a medida que ocorre um aumento no diâmetro à altura do peito (DAP), com um aumento no estoque de carbono nestas frações em virtude da modificação das prioridades de alocação de biomassa nos exemplares. Em relação aos resíduos gerados pelas estimativas, verificou-se que os mesmos apresentaram os melhores ajustes, quando comparados com os modelos gerados nas outras frações.

4.3.3 Estoque de carbono nos indivíduos mensurados no perímetro urbano

A Tabela 23 apresenta a quantidade de carbono estocada nas diferentes frações das árvores de Sibipiruna (*Poincianella pluviosa* (Benth.) L. P. Queiróz) implantadas na arborização viária de Maringá – PR.

Tabela 23 - Quantidade de carbono estocada nas diferentes frações das árvores de Sibipiruna (*Poincianella pluviosa*) implantadas na arborização viária de Maringá – PR

Fração	Quantidade de Carbono (Mg)	Representação na constituição da biomassa da fração (%)
Folha	76,0 (10,3%)	
Média por bairro	5,1	
Desvio padrão (S)	6,5	32,5
Coefficiente de variação (CV%)	127,8	
Galho	566,7 (77,1%)	
Média por bairro	37,8	
Desvio padrão (S)	46,9	44,0
Coefficiente de variação (CV%)	124,0	
Casca do tronco	3,8 (0,5%)	
Média por bairro	0,3	
Desvio padrão (S)	0,3	40,0
Coefficiente de variação (CV%)	118,3	
Madeira do tronco	89,2 (12,1%)	
Média por bairro	5,9	
Desvio padrão (S)	7,4	53,9
Coefficiente de variação (CV%)	125,0	
Carbono Total	734,9	
Média por bairro	49,0	
Desvio padrão (S)	61,0	43,3
Coefficiente de variação (CV%)	124,6	

Com base na Tabela 23, verifica-se que para o perímetro urbano avaliado em Maringá – PR, o valor médio de acúmulo de carbono para a fração folhas foi de 5,1 Mg bairro⁻¹ e sua representatividade na composição da biomassa desta foi de 32,5%, com base nas faixas para classificação do coeficiente de variação (CV%) (Tabela 2), o coeficiente de variação da fração de 127,8% foi caracterizado como médio, esta variabilidade se explica, como anteriormente mencionado para a biomassa, devido as grandes dimensões e idades dos indivíduos, pois a maioria possui de 30 a 50 anos e ocorre a conversão das reservas para a formação de tecidos lenhosos como galhos, casca e madeira do tronco e a falta de padronização e aplicação correta da técnica de podas aéreas e radiculares.

Para a fração galhos, verificou-se que a maior média de acúmulo de carbono, assim como de biomassa, de 37,8 Mg bairro⁻¹ e sua representatividade na composição da biomassa desta fração foi de 44,0% do material constituinte, com um coeficiente de variação de 124,0% o que com base na Tabela 2 pode ser classificado como médio.

As frações casca e madeira do tronco apresentaram, respectivamente, valores médios de acúmulo de carbono de 0,3 e 5,9 Mg bairro⁻¹ e sua representatividade na

composição da biomassa destas frações foram de 43,9% e 53,0% do material constituinte, com seus coeficientes de variação sendo de 118,3% e 125,0%, respectivamente, classificados como médios de acordo com a Tabela 2.

A fração casca apresentou o menor coeficiente de variação entre as quantidades acumuladas de carbono no presente estudo, fato que se deve, como anteriormente relatado para biomassa (Tabela 11) e normalidade dos dados das quantidades de carbono (Tabela 20) se deve a fatores inerentes à espécie e também por esta fração ser um tecido morto em sua constituição, sem circulação de carboidratos após sua completa formação.

O carbono total médio acumulado ou estocado pela Sibipiruna no perímetro urbano avaliado em Maringá-PR foi de 49,0 Mg bairro⁻¹ e sua representatividade média na composição da biomassa desta fração foi de 43,0% do material constituinte, e seu respectivo coeficiente de variação foi de 124,6%, o que de acordo com a Tabela 2, pode ser classificado como médio.

A relação de acúmulo (estoque) de carbono na espécie, apresentada na Tabela 23, na arborização viária do perímetro urbano do município foi de: galhos > madeira do tronco > folha > casca do tronco. Esta relação, quando comparada com a de acúmulo de biomassa apresentada na Tabela 11 onde se verifica uma relação de acúmulo desta da seguinte forma: galhos > folhas > madeira do tronco > cascas do tronco, apresentou inversão nas prioridades de alocação nos indivíduos.

Tal fato comprova, mais uma vez, em termos práticos, que os indivíduos avaliados encontram-se maduros (adultos), ou seja, tendem a priorizar seus carboidratos para a formação de tecidos de reserva, como os tecidos de origem lenhosa e manutenção da biomassa já estocada, ao invés da alocação do carbono estocado para a formação de tecidos de captação (folhagem, por exemplo) como se observa no comportamento de indivíduos mais jovens, como relatado anteriormente (Tabela 19) nos teores de carbono para as frações estudadas.

Tal relação de acúmulo de carbono apresentou-se inversa a algumas relações conhecidas na literatura, em termos da ordem de importância da contribuição das frações galhos e madeira do tronco e folhas e casca do tronco para espécies empregadas para fins de reflorestamento e encontradas em formações florestais nativas onde o padrão da relação de acúmulo se dá da seguinte forma: *Pinus taeda* com 23 anos em plantio (General Carneiro – PR (Watzlawick, Sanquetta e Caldeira, 2005): madeira do tronco > galho > casca do tronco > folhas (acículas); Acácia-negra com 4 anos em

plantio (*Acacia mearnsii*, Arroio dos Ratos – RS (Saidelles et al., 2009)): madeira do tronco > galho > casca do tronco > folhas; Canela-do-brejo em Floresta Estacional Decidual secundária (*Machaerium paraguariense*, Santa Tereza – RS (Brun, 2007)): madeira do tronco > galho > casca do tronco > folhas; Seringueira com 12 anos em plantio (*Hevea* sp., Oratório – MG (Fernandes et al., 2007)): madeira do tronco > galho > folhas; *Eucalyptus grandis* com 6 anos em plantio (Viçosa – MG (Paixão et al., 2006)): madeira do tronco > casca do tronco > galho > folhas e Teca com 5,5 anos em plantio (*Tectona grandis*, Santo Antônio de Laverger – MT (Almeida, Campelo Júnior e Finger, 2010)): madeira do tronco > galho > folhas.

A inversão do padrão de acúmulo de carbono no presente estudo em relação ao comportamento de várias espécies florestais relatadas na literatura, quanto a fração galhos obter superioridade em relação à madeira do tronco se deve ao padrão metodológico adotado para limites de caracterização de tais frações e dos regimes e tipos de podas aplicados nos indivíduos, como anteriormente relatado para a biomassa e quantidade de carbono acumuladas nas árvores amostra (Tabelas 19).

Outra inversão que chama atenção nos padrões de acúmulo de carbono nas frações folhas e casca do tronco do presente estudo, é quando comparado com os padrões citados nas literaturas citadas acima, para as espécies Pinus (*Pinus taeda*), Acácia-negra (*Acacia mearnsii*), Canela-do-brejo (*Machaerium paraguariense*) e Eucalipto (*Eucalyptus grandis*), onde a fração casca do tronco supera a fração folhas em acúmulo de carbono, e no presente estudo ocorre situação inversa, com as folhas superando cascas do tronco no potencial de acúmulo, o que comprova as constatações anteriormente levantadas no acúmulo de biomassa (Tabela 11), teor e quantidade de carbono nas árvores amostras (Tabela 19) que o potencial de acúmulo, tanto de biomassa como carbono na fração casca, é um fator morfológico intrínseco de cada espécie em função do padrão de formação da periderme, de espessura e fissuramento desta.

Outra questão que influi consideravelmente no predomínio da fração folhas sobre a fração casca, no presente estudo, quando comparada com as espécies acima citadas, se dá na forma de implantação das árvores, como anteriormente relatado para a biomassa da fração folhas (Tabela 12), pois, devido às árvores urbanas apresentarem espaçamentos amplos em relação aos espaçamentos encontrados em plantios e florestas nativas, garante-se um desenvolvimento mais amplo da copa, e associado ainda também

ao ambiente urbano o regime de podas empregado que proporciona a proliferação de ramos ladrões e folhagem.

O acúmulo de carbono na fração galhos representou 77,1% do carbono total estocado nos indivíduos mensurados dentro do perímetro urbano avaliado, assim como a biomassa desta fração, os principais fatores que colaboram para esta alta representatividade da fração é o regime e os tipos das podas empregados sobre os indivíduos, como relatado em vários pontos deste trabalho.

Além da fração galhos, outra fração que tem seu acúmulo afetado pela intensidade, tipo e regime de podas é as folhas, que representam 10,3% do carbono total acumulado, sendo assim as frações formadoras da copa (galhos e folhas) representam 87,4% do carbono total estocado na espécie, na área avaliada.

Dado a importância da prática da poda tanto sobre o acúmulo de biomassa como o comportamento de estoque de carbono nos indivíduos de Sibipiruna avaliados na área amostrada, a Tabela 24 apresenta simulações do impacto dos diferentes tipos de poda sobre o acúmulo de carbono nas frações da copa destes indivíduos.

Tabela 24 - Simulação de impacto dos diferentes tipos de poda sobre o acúmulo de carbono nas frações da copa de indivíduos de Sibipiruna (*Poincianella pluviosa* (Benth.) L. P. Queiroz) com diâmetros de 45,1 a 70,0 cm implantados na arborização viária de Maringá – PR

Tipo de poda	N. de indivíduos podados	Área média de copa reduzida por poda (m ²)	Quantidade média de biomassa suprimida por poda (kg indiv. ⁻¹ poda ⁻¹)	Quantidade média de carbono de biomassa suprimida (kg indiv. ⁻¹ poda ⁻¹)	Total de carbono retirado na área por biomassa suprimida na área (Mg)
Poda de liberação de fiação em formato de “V” ou “U”	490 ¹	5,0 ²	136,3	57,5 ⁴	28,2
Poda de liberação em “furo”	04 ¹	1,0 ²	100,0	41,7	0,2
Poda drástica de 100% da copa	22 ¹	114,7 ³	3.131,3	1.322,3	29,1
Total	516	-	-	-	57,6

¹Valor absoluto de ocorrência de indivíduos na área avaliada; ²Com base nos dados de Marek (2008). ³Baseado no valor médio de área de copa para os indivíduos mensurados. ⁴Valor referendado na participação média do carbono orgânico na constituição da biomassa das frações formadoras da copa (folhas + galhos).

Na Tabela 24 verifica-se que a quantidade média de carbono subtraída do potencial de sequestro pela copa dos indivíduos avaliados no presente estudo, que

sofreram podas para a liberação de fiação dos tipos em formato de “V” ou “U” é altamente impactante no potencial de sequestro de carbono dos exemplares, chegando a 57,5 kg indivíduo⁻¹ poda⁻¹, quando comparado à quantidade subtraída de carbono em uma poda em formato de “furo” que é de apenas 41,7 kg indivíduo⁻¹ poda⁻¹, utilizada para a liberação de fiações compactas.

Neste sentido, é de suma importância que se ressalte a observância de dois aspectos na questão da implantação e do manejo da arborização viária com a espécie Sibipiruna (*Poincianella pluviosa*) para fins de sequestro de carbono, melhoria climática e possibilidade de formulação de protocolos legíveis para o sequestro de carbono empregando esta espécie que são:

a) A adoção de fiações do tipo compacta, que além de reduzir a frequência e intensidade de desligamentos e principalmente redução nos custos e necessidade de manutenção da rede elétrica em até 56,0%, e principalmente a redução da necessidade de poda em 44% em relação a redes convencionais, consequentemente na intensidade desta em 20% (VELASCO, LIMA e COUTO, 2006; MAREK, 2008).

No presente estudo a adoção de tal fiação garantiu um aumento no acúmulo de 15,8 kg de C indivíduo⁻¹ em função da redução da área a ser podada quando comparada com uma rede convencional.

b) Destinação dos resíduos de poda gerados, uma vez que, dependendo do destino final destes, poderá haver emissões do carbono que num primeiro momento foi sequestrado (estocado) em um indivíduo podado. Essa preocupação se refere às emissões geradas pela destinação inadequada dos resíduos da poda, principalmente na prática da queima destes resíduos, que viriam a reemitir o carbono sequestrado pelos tecidos (folhas e galhos) que foram podados.

Segundo Meira (2010), 69,0% dos resíduos gerados por podas de copas (biomassa) são passíveis de serem transformados em composto orgânico, que é uma transformação menos impactante em termos de emissões em relação ao emprego destes resíduos para geração de energia.

Entre os impactos da realização de podas aéreas nas copas dos indivíduos avaliados, comprovou-se que o maior impacto denota-se pela supressão total da copa (100%), que comumente é realizada pelos moradores, principalmente nas zonas Norte e Leste, onde ocorre à subtração de 1,3 Mg de C indivíduo⁻¹ poda⁻¹.

Além deste impacto, a nível de “perda” de potencial de sequestro de carbono, este tipo de poda, como anteriormente relatado, provoca a desconfiguração da copa dos

indivíduos, redução do vigor fisiológico e conseqüentemente aumento do ataque de pragas e doenças, o que por conseqüência gera a desestabilização e aumento do risco de queda dos indivíduos.

Em termos gerais o impacto das podas no estoque de carbono nos indivíduos avaliados no perímetro urbano abrangido pelo estudo verificou-se uma perda de 74,0 Mg em cada intervenção de poda realizada nos 516 indivíduos que sofreram podas, sendo as podas mais impactantes as podas de liberação de fiação em “U e “V” e a poda drástica com supressão total da copa.

O carbono estocado no tronco representou 12,6% do carbono total estocado (acumulado), sendo representado por 12,1% da madeira do tronco e 0,5% pela de casca. A representatividade da fração madeira do tronco no acúmulo de carbono foi superior em 2,3% em relação ao acúmulo de biomassa, o que se explica pelo elevado teor de carbono encontrado nesta fração ($557,5 \text{ g kg}^{-1}$) e também, como várias vezes ressaltado ao longo deste estudo, pela inversão das prioridades de alocação de carbono nos indivíduos, pela sua avançada idade, onde é priorizada a alocação do carbono em frações de reserva como a madeira.

Para que se maximize o potencial de acúmulo (estoque) de carbono na fração madeira do tronco é de suma importância que se padronizem as alturas de bifurcação e primeiro galho na fase de muda, sendo que se deve optar pela máxima altura que se possa atingir dentro do padrão recomendado em literatura (1,8 a 2,1 m) e que se trabalhe junto com a população para que se erradique a prática da poda drástica e prematura sobre os indivíduos, que por sua vez, como ressaltado, gera baixas alturas de bifurcação e grande profusão de galhos, que reduzem o potencial de acúmulo de carbono e demandam uma elevada necessidade de realização de podas.

Com base neste cenário, é visível a importância da fração madeira do tronco dentro do estoque total de carbono nos indivíduos avaliados, e para tanto é crucial que se faça o planejamento também da destinação dos resíduos desta fração, nos casos de supressão destas árvores, seja por questões fitossanitárias ou de quedas por fatores climáticos.

A cada árvore suprimida tem se gerado em média $0,2 \text{ Mg indivíduo}^{-1}$ de biomassa e $0,1 \text{ Mg indivíduo}^{-1}$ de carbono nesta fração. Atualmente, dentro da área avaliada, foi verificado que 46,9% dos indivíduos estão atacados por cupins e 35,8% tem presença de fungos apodrecedores, os quais devem ser suprimidos, por medida de segurança da população, gerando, sem levar em consideração o grau da lesão e

acometimento dos exemplares, 74,0 Mg de biomassa do tronco (madeira e casca) e a subtração de 37,0 Mg de C estocado na madeira do tronco com esta prática, o que é um valor bastante considerável.

Porém, se for empregado o atual destino desta fração, como anteriormente relatado na biomassa (item 4.2.3) que é a queima desta para energia, haverá uma re-emissão de 7,4 Mg de CO₂ e 5,2 Mg de CO na combustão desta fração, como pode ser observado na Tabela 25.

Tabela 25 - Simulação da quantidade de Dióxido (CO₂) e Monóxido de Carbono (CO) emitidos e de carvão produzido pelo emprego da fração madeira do tronco de Sibipiruna (*Poincianella pluviosa*) suprimida da arborização viária e usada como energia em Maringá – PR

Fração	Quantidade de biomassa gerada (Mg)	CO emitido (Mg)	CO₂ emitido (Mg)	Carvão gerado pela queima (Mg)
Madeira do tronco	74,0	5,2 ¹	7,4 ¹	51,7 ²

^{1,2}Valores gerados com base em BRITO (1990) e MEIRA (2010)

Além do aspecto da re-emissão, durante o processo de queima tem-se também a geração de 51,7 Mg de carvão, embora o emprego da madeira como energia seja um dos destinos adequados para o uso da madeira gerada pela supressão, é necessário que seja planejado o destino adequado dos resíduos de carvão e também o replantio destas árvores suprimidas para que se compensem as emissões geradas.

Além deste aspecto do manejo destinação do final dos resíduos da supressão do tronco (casca e madeira) e seu impacto gerado sobre o estoque de carbono, devem ser somadas a este fator as demais frações componentes da biomassa aérea dos indivíduos, e também os possíveis cenários de aproveitamento destes resíduos, como pode ser observado na Tabela 26.

Tabela 26 - Simulações de quantidades de Monóxido (CO) e Dióxido (CO₂) de Carbono, Metano (CH₄), Materiais voláteis emitidos e de materiais produzidos na supressão de indivíduos de Sibipiruna (*Poincianella pluviosa*) suprimidos da arborização viária em diferentes formas de destinação de resíduos em Maringá – PR

Finalidade	Frações	Quantidade de biomassa (Mg)	Gases emitidos (Mg)				Total	Material gerado (Mg) ^{1,2,3,6}
			CO ¹	CO ₂ ^{1,3}	CH ₄ ^{2,4,5}	Materiais voláteis ²		
Energia + degradação natural das folhas	Tronco + Galho	614,6	43,0	61,5	2,7	161,6	268,8	198,5+24,0 (carvão+cinza)
	Folhas	95,6	-	47,8	0,2	-	48,0	28,7 (M.O)
	Total	710,2	43,0	109,3	2,9	161,6	316,8	251,8 (carvão+ cinza+ M.O)
Energia + compostagem da copa	Tronco	74,0	5,2	7,4	0,3	19,5	32,4	51,7+2,9(carvão+cinzas)
	Galhos +folhas	636,2	-	318,1	1,5	-	319,6	162,9 (comp. org.)
	Total	710,2	5,2	325,5	1,5	19,5	352,0	217,5 (carvão+cinza+comp.org)
Aproveitamento do tronco* + Energia dos galhos + degradação natural das folhas	Tronco	74,0	-	-	-	-	-	74,0 (madeira)
	Galhos	540,6	37,8	54,1	2,4	142,2	236,5	174,6+21,1 (carvão+cinza)
	Folhas	95,6	-	47,8	0,2	-	48,0	28,7 (M.O)
	Total	710,2	37,8	101,9	2,6	142,2	284,5	298,4 (madeira+carvão+cinza+M.O)
Aproveitamento do tronco+ compostagem da copa	Tronco	74,0	-	-	-	-	-	74,0 (madeira)
	Galhos +folhas	636,2	-	318,1	1,5	-	319,6	162,9 (comp. org.)
	Total	710,2	-	318,1	1,5	-	319,6	236,9 (madeira+ comp. org)

Para a geração das simulações dos sistemas de destinação de resíduos de supressão de indivíduos empregou-se as seguintes fontes: 1) Brito (1990); 2) Meira (2010); 3) Mielniczuk (1999); 4) Taccini (2010); 5) Fearnside (2010); 6) Brito (2008)

Com base na Tabela 26 observa-se que se for realizada a supressão de árvores com cupins e fungos, como anteriormente ressaltado na Tabela 25, ocorre uma elevada quantidade de material gerado (resíduos) que pelas proporções dos indivíduos, e estes se apresentam como uma fonte considerável de re-emissões do carbono estocado nos indivíduos dependendo do manejo dado aos mesmos.

Em termos de emissões de gases para atmosfera, dando ênfase, principalmente aos gases responsáveis pelas mudanças climáticas globais e efeito estufa (CO, CO₂, CH₄ e outros compostos voláteis) verifica-se que o emprego do tronco para energia (lenha) e os compartimentos da copa (folhas e galhos) é a forma de uso dos resíduos que mais que emite gases num total de 352,0 Mg.

O manejo de resíduos da supressão de indivíduos simulado que apresentou o menor potencial de emissão de gases foi o emprego do tronco como madeira, os galhos para energia e a degradação natural das folhas que foi de 284,5 Mg, seguido do sistema de destinação de resíduos com o uso do tronco (madeira e casca) e galhos para energia e a degradação natural das folhas que emitiu 316,8 Mg.

Porém, ambas as formas de destinação dos resíduos que apresentaram as menores quantidades de re-emissão de gases, apresentam o inconveniente de produzirem as maiores quantidades de resíduos gerados após a conversão da biomassa do tronco e copa convertidos são os que apresentam as maiores quantidades de resíduos gerados sendo 298,4 Mg de materiais como madeira (74,0 Mg), carvão e cinzas (195,7 Mg) e matéria orgânica devolvida ao solo via decomposição das folhas (28,7 Mg).

No segundo cenário que utiliza a biomassa de tronco (madeira+casca) e galhos para energia e folhas para decomposição natural geraria 251,8 Mg de resíduos sendo gerado 222,5 Mg de carvão e cinzas e 28,7 Mg de matéria orgânica devolvida ao solo via decomposição das mesmas.

Visando a compatibilização técnica da menor quantidade re-emissão de gases responsáveis pelo aquecimento global e menor geração de resíduos após a conversão da biomassa ao processo, o cenário mais promissor contemplando estas duas premissas seria o emprego da biomassa de tronco para madeira e a compostagem da biomassa de copa (folhas e galhos) para a fabricação de composto orgânico (substrato) para o viveiro municipal que produz as mudas para a arborização urbana.

Embora este cenário seja o terceiro em quantidade de re-emissões de gases (319,6 Mg), o mesmo apresenta como vantagem ser o sistema de menor impacto ambiental em quantidade de resíduos gerados pela conversão da biomassa são apenas

236,9 Mg de material gerado sendo 74,0 Mg de madeira e 162,9 Mg de composto orgânico para utilização como substrato para a produção de mudas de arborização urbana.

O emprego da madeira gerada poderá ser empregada para a produção de artesanato ou movelaria rústica, portanto, a mesma poderá ser permutada com empresas do município por insumos para o viveiro municipal ou por mudas para a arborização urbana (vias e áreas verdes) e o composto orgânico (substrato) considerando uma produção média de 5.000 mudas para arborização urbana, a quantidade de composto orgânico gerado abasteceria o viveiro por 4,5 anos, este podendo ser usado inteiramente para a produção do viveiro municipal, ou o mesmo, poderá ser permutado por insumos para o viveiro municipal ou também mudas adequadas para a arborização urbana.

A Figura 28 apresenta a distribuição do estoque de carbono nos indivíduos de Sibipiruna (*Poincianella pluviosa*) implantados nas diferentes zonas do perímetro urbano de Maringá – PR.

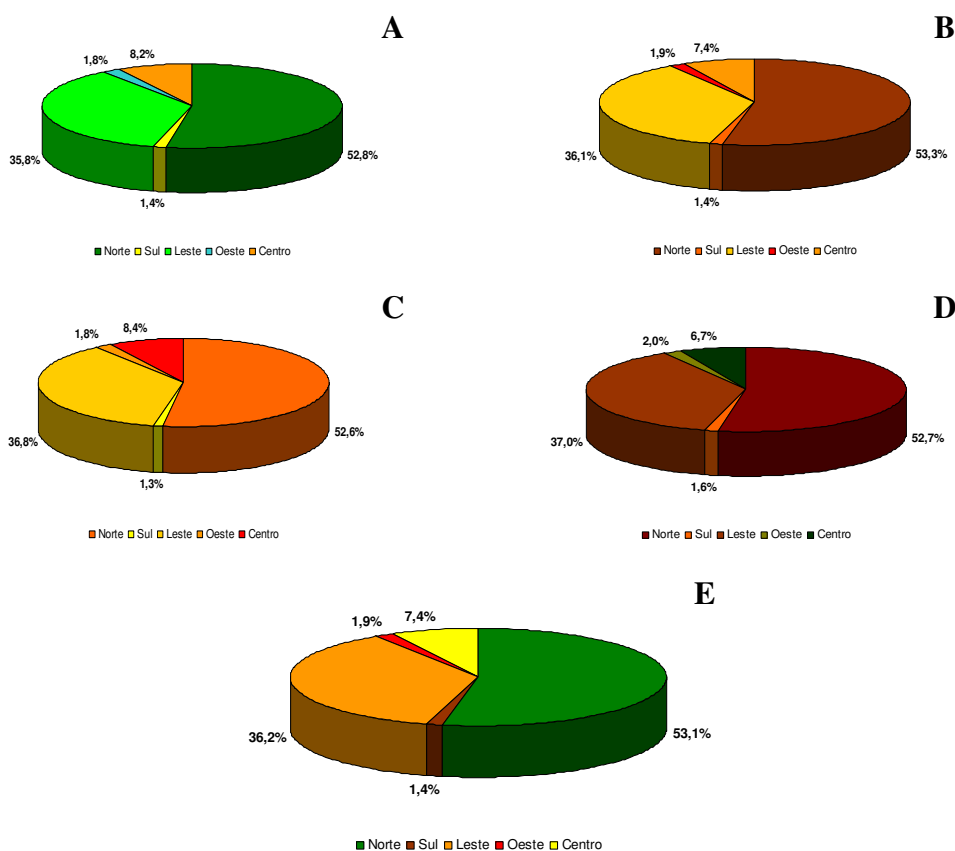


Figura 28 - Distribuição do carbono estocado nos compartimentos estudados nos indivíduos de Sibipiruna (*Poincianella pluviosa* (Benth.) L. P. Queiróz) implantados nas diferentes zonas do perímetro urbano de Maringá – PR: A) folhas, B) galhos C) madeira, D) casca do tronco e E) carbono na biomassa total

Em termos da representatividade das zonas do perímetro urbano no potencial de acúmulo de carbono em suas frações e no total, verificou-se, como esperado, a superioridade da Zona Norte, assim como no acúmulo de biomassa, com representatividade média acima de 50,0%, pois a referida zona, como anteriormente ressaltado, é uma área de urbanização antiga (superior a 30 anos) e conseqüentemente sua arborização viária apresentando tal caráter, além da distância entre exemplares ser de entorno de 20,0 m, possibilitando um crescimento mais acentuado dos exemplares e maiores acúmulos de biomassa, além, é claro, de um maior número de indivíduos em relação às demais zonas.

A Zona Leste apresentou a segunda maior representatividade, ou seja, de acima de 30% no potencial de acúmulo de carbono para Sibipiruna dentro do perímetro urbano avaliado em Maringá, dado ser a segunda zona com maior número de indivíduos implantados mensurados.

A Zona Centro, em termos de acúmulo de carbono total no perímetro avaliado, representou mais de 6,0% desta, enquanto que nas Zonas Sul e Oeste verificaram-se os menores acúmulos de carbono, que foram respectivamente de 1,4% a 2,0%, o que se deve, essencialmente, a serem áreas de urbanização recente dentro do perímetro urbano do município (inferior a 30 anos), portanto, apresentando poucos indivíduos aptos para medição com base no intervalo diamétrico arbitrado de 45,1 a 70,0 cm.

Na Tabela 27 apresenta-se a distribuição do carbono acumulado em indivíduos de Sibipiruna (*Poincianella pluviosa* (Benth.)L. P. Queiróz) implantados nas vias públicas dos bairros inventariados de Maringá – PR.

Tabela 27 - Distribuição de carbono (C) estocado em indivíduos de Sibipiruna (*Poincianella pluviosa*) implantados nas vias públicas dos bairros inventariados de Maringá – PR

Bairros	N. de árvores	Quantidade de carbono (Mg)				Carbono Total
		Folhas	Galhos	Casca	Madeira	
Zona Norte						
Chácara Alvorada	55	1,2	9,5	0,2	1,5	12,4
Jardim Oásis	17	1,1	8,8	0,05	1,4	11,4
Jardim Vitória	101	7,0	58,7	0,3	8,9	74,2
Parque das Palmeiras	125	9,0	72,0	0,4	11,2	92,7
Vila Esperança II	255	21,8	152,8	1,0	24,0	199,7
Total	553	40,1	301,8	2,0	47,0	390,4
Zona Sul						
Jd. Novo Horizonte IV	15	1,1	7,7	0,05	1,4	10,2
Total	15	1,1	7,7	0,05	1,4	10,2
Zona Leste						
Cidade Alta	165	13,9	97,7	0,7	16,3	128,6
Farigot de Souza	164	12,0	96,2	0,6	15,1	123,8
Jardim Cerro Azul	27	1,3	10,7	0,1	1,6	13,6
Total	356	27,2	204,6	1,4	33,0	266,0
Zona Oeste						
Jardim Ouro Cola	14	1,0	7,8	0,05	1,3	10,1
Jardim Continental	6	0,4	3,0	0,02	0,5	3,9
Total	20	1,4	10,8	0,07	1,8	14,0
Zona Centro						
Cond. Hab. Itamarati	43	4,6	29,6	0,2	4,1	38,5
Jardim Alamar	6	0,2	1,4	0,01	0,2	1,9
Jardim Laudicéia	3	0,2	1,5	0,01	0,3	2,0
Zona de Armazém I	44	1,2	9,3	0,1	1,4	11,9
Total	96	6,2	41,8	0,32	6,0	54,3
Total Geral	1040	76,0	566,7	3,8	89,2	734,9

Observa-se que, na fração de folhas, foram acumuladas 76,0 Mg de C em todos os bairros avaliados do perímetro urbano de Maringá – PR, equivalendo a uma quantidade média de 5,1 Mg bairro⁻¹ de C estocado nas folhas dos indivíduos com diâmetros de 45,1 a 70,0 cm na arborização viária com a espécie estudada.

O bairro avaliado que apresentou o maior acúmulo (estoque) de carbono em folhas foi a Vila Esperança II (Zona Norte), que representou 28,7% de estoque de C acumulado na fração folhas nos bairros avaliados, tal fato se deve, como anteriormente relatado, ao bairro ser arborizado predominantemente com a espécie e pertencer ao primeiro plano de arborização viária do perímetro urbano de Maringá, associado também a grandes áreas de copas entre 66,1 m² até 240,0 m².

Os menores estoques de C na fração folhas foram verificados nos bairros Jardim Laudicéia e Jardim Alamar, na Zona Centro, que representaram respectivamente apenas 0,3%, o que se deve, como anteriormente elucidado, a serem loteamentos recentes,

portanto há uma menor frequência de indivíduos implantados da espécie, e também pelo intervalo diamétrico arbitrado para a realização do presente estudo que cerceou a entrada de indivíduos menores para as medições.

A fração galhos apresentou o maior acúmulo de carbono total no perímetro urbano de Maringá – PR, de 566,7 Mg, resultando em uma quantidade média de 37,8 Mg bairro⁻¹ de C estocado na fração galhos nos indivíduos de Sibipiruna implantados nas vias dos bairros avaliados. Como na fração folhas, o bairro Vila Esperança II representou 27,0% do total desta fração no perímetro urbano avaliado, o que se deve, nos bairros periféricos, como o acima mencionado, à realização de podas drásticas nos indivíduos e em alturas inadequadas, gerando grandes profusões de galhos, que incrementam consideravelmente o acúmulo nesta fração.

O menor acúmulo de carbono na fração galhos foi observado no bairro Jardim Alamar, que representou apenas 0,2% desta. Tal fato se deve ao pequeno número de exemplares, como anteriormente ressaltado.

A fração casca do tronco obteve um acúmulo de 3,8 Mg de Carbono, sendo uma quantidade média de 0,3 Mg bairro⁻¹. O bairro que obteve maior potencial de acúmulo do elemento, assim como verificado para as frações folhas e galhos, foi o bairro Vila Esperança II, que representou 26,3% do total acumulado na fração cascas do tronco para o perímetro urbano de Maringá – PR.

Os bairros Jardim Alamar e Jardim Laudicéia apresentaram juntos, o menor acúmulo de carbono para a fração casca do tronco, que foi de apenas 0,3% do total acumulado para o perímetro urbano avaliado.

Na fração madeira do tronco verificou-se o mesmo comportamento ao observado para as demais frações avaliadas na espécie estudada, onde se obteve um acúmulo de 89,2 Mg de C, sendo uma quantidade média de 5,9 Mg de C bairro⁻¹, ficando o maior acúmulo concentrado no Bairro Vila Esperança II, que representou 26,9% do total nesta fração.

O menor acúmulo de carbono na fração madeira do tronco foi observado no Jardim Alamar, de 0,2 Mg de C (0,2%). O principal fator, como anteriormente ressaltado, se deve às baixas alturas de bifurcação apresentadas pelos indivíduos avaliados, além do fator da existência de poucos exemplares com as dimensões consideradas pelo presente estudo.

Em relação ao estoque de carbono total, verificou-se que a maior quantidade de carbono total estocado, assim como nas demais frações, ocorreu no bairro Vila

Esperança II, que foi de 199,7 Mg, o que representou 24,8% do valor acumulado na biomassa total, sendo que tal situação, como anteriormente relatado na biomassa, se deve ao referido bairro apresentar a maior frequência de indivíduos mensurados dentro do perímetro avaliado.

O menor estoque de carbono total ocorreu no Bairro Jardim Laudicéia, com apenas 4,2 Mg, que representou apenas 0,2% do total acumulado.

A Tabela 28 apresenta um comparativo do potencial de acúmulo de carbono total entre os indivíduos de Sibipiruna implantados nas vias públicas dos bairros inventariados de Maringá – PR e outros centros urbanos mundiais.

Tabela 28 - Comparativo do potencial de acúmulo de carbono total entre os indivíduos de Sibipiruna (*Poincianella pluviosa*) implantados nas vias públicas dos bairros inventariados de Maringá – PR e outros centros urbanos mundiais

Centro urbano	C estocado (Mg ha⁻¹)	Referência
Maringá – PR (Brasil)	0,6	Este estudo ¹
Shenyang - China	33,2	Liu e Li (2011)
Pequim - China	43,7	Yang et al. (2005)
Hangzhou - China	30,2	Zhao et al. (2010)
Atlanta – Estados Unidos	35,7	
Baltimore – Estados Unidos	25,3	Nowak e Crane (2002)
Cidade de Jersey – Estados Unidos	5,0	
Sacramento – Estados Unidos	46,9	McPHERSON (1998)

¹Levando em consideração o carbono estocado em apenas 10,0% do perímetro urbano e apenas uma espécie da composição da arborização viária do município e apenas indivíduos com DAP variando de 45,1 a 70,0 cm.

Em relação ao carbono total estocado no perímetro avaliado, foi obtido um valor de 1.696,4 Mg, que representa 0,6 Mg ha⁻¹, sendo que para todo o perímetro urbano de Maringá – PR, o valor total acumulado de carbono total para espécie estudada no intervalo diamétrico de 45,1 a 70,0 cm é 7.695,6 Mg.

O potencial de estoque de carbono do presente estudo, de 0,6 Mg ha⁻¹, quando comparado aos potenciais de estoque de carbono pela arborização viária dos outros centros urbanos apresentados na Tabela 26, mostra que o valor do presente estudo é menor, mas deve-se denotar que levou-se em consideração apenas uma classe diamétrica de 45,1 a 70,0 cm e apenas para uma espécie.

Para que se obtenha todo o potencial de sequestro de carbono pela espécie no ambiente viário se faz necessária a realização de um estudo de linha de base de carbono (*base line*) onde seja monitorado o comportamento do estoque de carbono desde a fase

de muda até o momento de supressão dos exemplares em virtude de reformulação do plano de arborização viário.

As Tabelas 29 a 33 apresentam as influências dos fatores de implantação, manejo e do meio urbano sobre o comportamento do estoque (acúmulo) de carbono nas árvores de Sibipiruna (*Poincianella pluviosa*) na arborização viária de Maringá – PR.

4.3.4 Influência do meio urbano, manejo e vigor sobre o estoque de carbono

Com base na Tabela 29, verificou-se que o carbono estocado da fração folha, assim como na biomassa desta fração, não sofreu influência significativa em função do tamanho da área livre, tal fato pode estar relacionado, como anteriormente ressaltado, aos exemplares apresentarem grandes dimensões (45,1 – 70,0 cm de DAP) e apresentarem-se em ciclo fisiológico maduro, em alguns casos, indivíduos em estágio de senilidade, onde a produção de biomassa foliar e de estoque de carbono nesta encontra-se estabilizada, ou seja, mantém-se apenas para manutenção das atividades fotossintéticas essenciais, não sendo necessários grandes aportes de produção de folhas, como em indivíduos jovens.

Para o carbono estocado na fração galhos, não houve influência significativa do tamanho da área livre, este resultado foi contrário ao observado para o acúmulo de biomassa na fração, onde ocorreu um efeito significativo da área livre de 1 m². Diante deste cenário, como a quantidade de carbono estocado nos indivíduos é um produto direto da quantidade de biomassa pelo teor de carbono nos tecidos da fração, ou seja, quanto maior a quantidade de biomassa da fração maior seu potencial de sequestro de carbono, e também em observância as recomendações técnicas contidas em literatura, recomenda-se a adoção de áreas livres de no mínimo 1 m² para o pleno desenvolvimento dos indivíduos.

A quantidade de carbono estocado na fração casca do tronco foi o único que apresentou-se influenciado significativamente de forma positiva pelo fator área livre, observando-se uma relação significativa ($p=0,0114$) para área livre inexistente com uma representatividade do fator na ordem 95,5%, com uma correlação e coeficiente de determinação de 0,99.

Embora contraditório, o referido resultado está ligado diretamente às condições das árvores amostras para a quantificação do teor de carbono (Tabela 19) onde todas estavam com laudo de supressão devido ao afloramento de suas raízes (item 3.3.1) em

função de áreas livres inexistentes ou extremamente restritivas, e estas árvores apresentavam significativos espessamentos da fração na base dos troncos, como forma de reação ao afloramento.

Além destes aspectos, como no processo metodológico, foi optado pela coleta de discos amostrais ao longo de todo o tronco das árvores amostras, incluiu-se também o disco amostral da base para que se obtivesse todas as variações nos teores de carbono, este fator pode ter influenciado o resultado obtido como positivo para o sequestro de carbono em relação ao tamanho de área livre inexistente.

Assim como no resultado da influência da área livre para o carbono na fração galhos, a casca do tronco encontrou-se inversa ao resultado obtido para o acúmulo de biomassa, uma vez que para o acúmulo da biomassa na fração verifica-se uma influência positiva com áreas livres maiores que $1,0 \text{ m}^2$. Neste contexto, para um efetivo sequestro de carbono para a fração casca, assim como na fração galhos, recomenda-se o emprego de áreas livres com no mínimo $1,0 \text{ m}^2$.

Segundo De Angelis et al. (2007), o tamanho da área livre está diretamente relacionada aos aspectos fisiológicos e fitossanitários da arborização, uma vez que está ligada a aeração do solo e disponibilidade de nutrientes para as plantas, e por conseguinte uma área livre maior está submetida a uma menor condição de estresse e tem seu crescimento livre de impedimentos físicos, que são fatores cruciais para uma melhor condição de defesa da planta contra patógenos.

O carbono na fração madeira do tronco e total estocado nos indivíduos avaliados, assim como o carbono nas frações folhas e galhos não sofreram influência significativa pelo tamanho das áreas livres, que denotou um comportamento inverso ao acúmulo de biomassa nas frações galhos, madeira do tronco e biomassa total, que obtiveram influência significativa positiva para áreas livres com o tamanho de $1,0 \text{ m}^2$.

Com base em todos os argumentos apresentados em literatura e termos práticos a respeito da importância de amplas áreas livres para o pleno desenvolvimento e acúmulo de biomassa nos indivíduos, e por conseguinte, carbono, nas frações estudadas, recomenda-se, para o incremento do potencial de sequestro de carbono, o emprego de áreas livres para arborização viária com a espécie estudada de no mínimo $1,0 \text{ m}^2$.

Tabela 29 - Análise da influência do parâmetro de implantação de tamanho da área livre sobre o estoque de carbono total e suas frações nos indivíduos de Sibipiruna (*Poincianella pluviosa*) com distribuição diamétrica de 45,1 a 70,0 cm implantados na arborização viária de Maringá – PR

F	R _{yy}	R ² _{yy}	Tamanho de área livre (m ²)									
			Inexistente		< 0,5		0,5 – 1,0		1,0		> 1,0	
			C. ang.	p	C. ang.	p	C. ang.	p	C. ang.	p	C. ang.	p
CF	0,9879	0,9759	0,1721	0,1509 ns (93,9%)*	-0,2834	0,6912 ns (0,04%)	0,1684	0,1016 ns (0,9%)	0,0342	0,8038 ns (2,8%)	0,0534	0,3381 ns (0,0%)
CG	0,9907	0,9814	0,8777	0,2401 ns (2,4%)	-10,371	0,8187 ns (0,0%)	0,8555	0,1796 ns (0,5%)	0,9598	0,2880 ns (95,3%)	0,3319	0,3489 ns (0,0%)
CCT	0,9954	0,9908	0,0098	0,0114 (95,5%)	-0,0150	0,4616 ns (0,1%)	0,0067	0,0307 (0,6%)	0,0041	0,3054 ns (2,9%)	0,0012	0,4567 ns (0,1%)
CMT	0,9920	0,9841	0,1210	0,2678 ns (2,3%)	0,1053	0,8740 ns (0,0%)	0,1480	0,1206 ns (0,7%)	0,1286	0,3298 (95,4%)	0,0514	0,3241 ns (0,0%)
CT	0,9908	0,9817	12,059	0,2136 ns (2,6%)	-12,614	0,8291 ns (0,0%)	11,646	0,1595 ns (0,5%)	11,478	0,3230 ns (95,1%)	0,4261	0,3516 ns (0,0%)

F = Fração; CF = Carbono estocado nas folhas; CG = Carbono estocado nos galhos; CMT = Carbono estocado na madeira do tronco; CCT = Carbono estocado na casca do tronco; CT = Carbono estocado total; R_{yy} = Coeficiente de correlação múltipla; R²_{yy} = Coeficiente de determinação múltipla; C. ang. = Coeficiente angular da regressão linear múltipla; p = Valor da probabilidade de erro (p<0,05); ns = Valores não valores em negrito são significativos a 5% de probabilidade de erro; * = Percentual de representação da variável no valor do coeficiente de determinação da regressão múltipla. Para os modelos de regressão linear múltipla que avaliaram os efeitos do parâmetro não foi considerado o valor do intercepto nos mesmos, uma vez que este não foi significativo a condicionante do valor da probabilidade de erro.

Em relação ao efeito da prática das podas sobre o comportamento de acúmulo de C nas frações estudadas (Tabela 30) verificou-se que esta apresentou efeito significativo e positivo sobre os indivíduos. A poda de levantamento de copa representou 90,0% da variabilidade na fração folhas, 91,6% nos galhos e 91,2% para o carbono na biomassa total. As correlações variaram de 0,98 a 0,99 e valores de coeficiente de determinação entre 0,98 e 0,99.

Tal fato se relaciona, assim como no comportamento observado para a biomassa das referidas frações, a um menor impacto sobre a fisiologia, crescimento e consequentemente o acúmulo de biomassa.

Os demais tipos de poda não apresentaram efeitos significativos sobre o acúmulo de carbono e também da biomassa nas frações mencionadas anteriormente, o que se deve às idades avançadas dos exemplares, sendo que se considerou um intervalo diamétrico de 45,1 a 70,0 cm, portanto, indivíduos adultos com mais de 20 anos, onde a realização dos outros tipos de poda tem sua realização pouco frequente atualmente.

O carbono estocado nas frações formadoras do tronco, madeira e casca, conforme a Tabela 30, foram às únicas frações que não apresentaram significância e variabilidade representativa para o efeito da poda sobre o acúmulo de carbono, pois, observou-se que o valor de p significativo ($p = 0,0002$) foi observado para a poda de levantamento em relação ao carbono acumulado na fração casca, porém a representatividade deste tipo de poda sobre a variabilidade do acúmulo de C foi de apenas 5,5% e na fração madeira observou-se um valor de p significativo ($p < 0,0001$) para a poda de levantamento, porém a representatividade deste tipo de poda sobre a variabilidade do acúmulo de C da fração foi de apenas 6,1%.

Os fatores que estariam ligados a não significância da poda nas frações do tronco (madeira e casca) é em função, principalmente, da altura de bifurcação e o crescimento em altura estarem estabilizados (Figura 15) portanto a poda não impacta sobre o acúmulo de C nas frações.

Ao compararmos a influência da prática da poda sobre comportamento de estoque de C com o acúmulo de biomassa na fração casca do tronco, denota-se uma relação inversa, onde, para o estoque de carbono, a poda não é significativa e para o acúmulo de biomassa ocorreu a influência significativa para poda de levantamento de copa, que se deve, como anteriormente relatado, esta ser um tecido predominantemente morto, onde o teor de C é fixo, variando apenas a quantidade de biomassa alocada em função do desenvolvimento da periderme.

Tabela 30 - Análise da influência do manejo de podas sobre o estoque de carbono total e suas frações nos indivíduos de Sibipiruna (*Poincianella pluviosa*) com distribuição diamétrica de 45,1 a 70,0 cm implantados na arborização viária de Maringá – PR

F	R _{yy}	R ² _{yy}	Tipo de poda realizada												Não podada	
			Levant.		Lib. “V”		Lib. “U”		Furo		Drástica		Raiz			
			C. ang.	p	C. ang.	p	C. ang.	p	C. ang.	p	C. ang.	p	C. ang.	p	C. ang.	p
CF	0,99	0,99	0,1125	<0,0001 (90,0%)*	-0,1534	0,0495 (4,3%)	0,7472	0,0351 (0,1%)	-0,6798	0,3940 (0,1%)	-0,0083	0,9715ns (0,0%)	-0,1287	0,2620ns (1,2%)	22,551	0,0035 (3,3%)
CG	0,99	0,99	0,6806	<0,0001 (91,6%)	-0,5428	0,1905ns (4,9%)	46,200	0,0272 (0,0%)	-80,872	0,1043ns (0,3%)	-0,0045	0,9973ns (0,0%)	-10,922	0,1170ns (1,1%)	115,267	0,0066 (1,4%)
CCT	0,99	0,99	0,0046	0,0002 (5,5%)	-0,0059	0,1003ns (89,3%)	0,0220	0,1552ns (0,5%)	-0,0054	0,8851ns (0,0%)	0,0142	0,2297ns (0,3%)	0,0002	0,9710ns (0,7%)	0,0990	0,0055 (2,6%)
CMT	0,99	0,99	0,1046	<0,0001 (6,1%)	-0,0983	0,1133ns (89,9%)	0,8088	0,0121 (0,1%)	-14,893	0,0497 (0,5%)	-0,0307	0,8749ns (0,0%)	-0,1473	0,1405ns (1,1%)	20,750	0,0021 (1,8%)
CT	0,99	0,99	0,9046	<0,0001 (91,2%)	-0,8313	0,1334ns (5,0%)	63,115	0,0228 (0,1%)	-104,72	0,1071ns (0,3%)	0,0166	0,9924ns (0,0%)	-13,328	0,1393ns (1,1%)	161,970	0,0046 (1,6%)

F = Fração; CF = Carbono estocado nas folhas; CG = Carbono estocado nos galhos; CMT = Carbono estocado na madeira do tronco; CCT = Carbono estocado na casca do tronco; CT = Carbono estocado total; R_{yy} = Coeficiente de correlação múltipla; R²_{yy} = Coeficiente de determinação múltipla; Levant. = Poda de levantamento; Lib. “V” = Poda de liberação em “V”; Lib. “U” = Poda de liberação em “U”; Furo = Poda em furo; Raiz = Poda em raiz; Não podada = indivíduo que não sofreu a intervenção de poda; C. ang. = Coeficiente angular da regressão linear múltipla; p = Valor da probabilidade de erro (p<0,05); ns = Valores não significativos a 5% de probabilidade de erro; * = Percentual de representação da variável no valor do coeficiente de determinação da regressão múltipla. Para os modelos de regressão linear múltipla que avaliaram os efeitos do parâmetro não foi considerado o valor do intercepto nos mesmos, uma vez que este não foi significativo a condicionante do valor da probabilidade de erro.

Na Tabela 31 observa-se que para a influência da fitossanidade geral dos indivíduos sobre o acúmulo de carbono para as frações folhas, galhos, madeira do tronco e total estocado não foi denotado efeito significativo. Tal fato pode estar associados como anteriormente relatado, ao teor de carbono ser um elemento estruturante (formador) dos tecidos das frações e atributo fixo, próprio de cada fração e não tão sensível a oscilações externas.

Porém, o comportamento da biomassa nas frações acima citadas apresentou-se inverso ao carbono estocado, onde se verificou, para a biomassa, influência significativa e positiva para o ataque de cupins, esta ação positiva se deve à reação fisiológica dos indivíduos para superar o ataque, ou seja, um maior acúmulo de biomassa, principalmente na fração folhas e raízes, para alavancar o processo fotossintético, e contrabalancear a perda de tecidos lenhosos, principalmente na fração madeira do tronco.

Num primeiro momento, o ganho no acúmulo de biomassa em função de forma de defesa ao ataque da praga (cupim) pode ser visto como uma vantagem, porém, este ganho no acúmulo de biomassa e conseqüentemente de carbono não são reais, pois se perdem tecidos de reserva (madeira do tronco e galhos) com alto potencial de estoque de C, pelo ataque da praga, e formam-se grandes quantidades de tecidos de captação e estoque de C de curta duração (folhas e raízes) que apresentam comportamento constante de renovação.

Dentro deste contexto, como a quantidade (estoque) de carbono é um produto do teor de C pela quantidade de biomassa acumulada, como anteriormente relatado (Tabelas 19 e 30), é premente que se faça o controle desta praga para que não se afete diretamente o acúmulo de biomassa e conseqüentemente o potencial de estoque de carbono, seja de forma preventiva como por via curativa, empregando-se tanto o controle mecânico, com a supressão de indivíduos infestados, como pelo controle biológico ou químico, sendo estas duas vias bastante “polêmicas” quanto sua aplicação no meio urbano, em função de critérios de eficiência e de riscos de toxicidade à população, considerando também que não há produtos registrados, em âmbito nacional, para o emprego no meio urbano, portanto, uma situação de extrema carência de estudos quanto sua aplicação nestas condições.

A única fração que apresentou influência significativa da fitossanidade geral, em especial para a presença (ataque) de fungos apodrecedores, foi a fração casca do tronco, com uma correlação altamente significativa e coeficiente de determinação, ambos de

0,99 ($p=0,0034$) e uma representatividade do fator sobre o estoque de carbono na fração de 98,6%. Tal fato se encontra relacionado em função de uma maior produção de tecidos desta fração como forma de reação fisiológica de defesa do indivíduo ao ataque e dano causado pelos patógenos.

Em relação ao comportamento da fração casca do tronco ao acúmulo de biomassa, como anteriormente discutido (Tabela 16), ocorreu uma influência positiva do ataque de cupins sobre o acúmulo desta, que também se dá em função da reação de defesa dos indivíduos ao ataque da praga, sendo assim era esperado que se formasse, para a fração, o binômio de interação “cupim – fungo apodrecedor” atuando sobre o potencial de estoque de carbono na fração, pois à medida que aumenta o ataque da praga, maior é a quantidade de tecidos degradados, transformados em serragem, sendo maior a predisposição para a colonização do local afetado por um fungo apodrecedor, e assim o indivíduo, como forma de defesa, produzirá maior quantidade de casca para conter o avanço da lesão causada.

Tal fato é comprovado através do estudo de De Angelis et al. (2007), que avaliando a ocorrência de cancos em árvores da arborização viária da Zona Centro de Maringá – PR, verificaram que 39,5% dos indivíduos de Sibipiruna (*Poincianella pluviosa*) implantados na área, apresentavam cancos com grau de severidade média (lesões com área de 5,0 a 25,0% da área de seu tronco comprometido) em seus troncos, tal anomalia se caracteriza pela formação de lesões necróticas deprimidas e com formação de tecidos de reação, principalmente casca, no seu entorno, sendo originada principalmente pelo ataque de insetos (cupins) e patógenos. Ainda segundo estes autores, o problema de cancro é um dos mais notáveis atualmente na arborização viária de Maringá.

Tabela 31 - Análise da influência da fitossanidade geral sobre o estoque de carbono total e suas frações nos indivíduos de Sibipiruna (*Poincianella pluviosa*) com distribuição diamétrica de 45,1 a 70,0 cm implantados na arborização viária de Maringá – PR

F	R _{yy}	R ² _{yy}	Fitossanidade							
			Sadia		Atacada por Cupim		Presença de Hemip.		Presença de Fungos	
			C. ang.	p	C. ang.	p	C. ang.	p	C. ang.	p
CF	0,9841	0,9684	0,0687	0,1487ns (0,6%)*	0,0465	0,5180ns (0,5%)	0,0290	0,4437ns (0,2%)	0,0960	0,3391ns (95,6%)
CG	0,9878	0,9758	0,6873	0,0331 (1,4%)	0,6231	0,1864ns (95,9%)	0,1870	0,4361ns (0,2%)	0,2149	0,7302ns (0,1%)
CCT	0,9956	0,9912	0,0006	0,5893ns (0,2%)	0,0011	0,5231ns (0,3%)	-0,0010	0,2793ns (0,1%)	0,0088	0,0034 (98,6%)
CMT	0,9867	0,9736	0,0978	0,0598 (1,5%)	0,0576	0,4466ns (95,6%)	0,0079	0,8405ns (0,0%)	0,1058	0,3166 (0,3%)
CT	0,9875	0,9751	0,8471	0,0438 (1,3%)	0,7210	0,2424ns (95,9%)	0,2211	0,4845ns (0,1%)	0,4404	0,5943ns (0,2%)

F = Fração; CF = Carbono estocado nas folhas; CG = Carbono estocado nos galhos; CMT = Carbono estocado na madeira do tronco; CCT = Carbono estocado na casca do tronco; CT = Carbono estocado total; R_{yy} = Coeficiente de correlação múltipla; R²_{yy} = Coeficiente de determinação múltipla; Sadia = Indivíduo sadio; Atacada por cupim = Indivíduo apresentando ataque por cupins; Presença de Hemip. = Indivíduo com infestação de ervas-de-passarinho; Presença de fungos = Indivíduo com podridões de madeira no tronco; C. ang.= Coeficiente angular da regressão linear múltipla; p = Valor da probabilidade de erro (p<0,05); ns = Valores não significativos a 5% de probabilidade de erro. * = Percentual de representação da variável no valor do coeficiente de determinação da regressão múltipla. Para os modelos de regressão linear múltipla que avaliaram os efeitos do parâmetro não foi considerado o valor do intercepto nos mesmos, uma vez que este não foi significativo a condicionante do valor da probabilidade de erro.

Para a qualidade de copa (Tabela 32) verificou-se que a copa vigorosa apresentou-se com influência significativa e positiva para o estoque de carbono em todas as frações avaliadas (valores de p variando de 0,0002 a 0,0005) e representatividades de 97,2% para a fração folhas, 97,9% para galhos, madeira do tronco e carbono total, 98,5% para a casca do tronco, com correlações de 0,98 a 0,99.

O item qualidade de copa foi o único fator em que acúmulo de biomassa e estoque de carbono nas frações apresentou-se em concordância, sendo significativa positivamente em ambas as situações a qualidade de copa dita vigorosa, como anteriormente relatado. Isto se deve a copa ser o compartimento principal no processamento de carboidratos e assimilados pela raiz, e esta capacidade é de fundamental importância sobre o crescimento e potencial de acúmulo de reservas, principalmente carbono, pelos indivíduos.

Dentro deste âmbito, é premente que os órgãos públicos gestores da arborização urbana, tanto de Maringá – PR como de outros municípios, que venham desenvolver planos de arborização viária voltados para sequestro de carbono, reduzam ou até passem a abolir práticas de manejo que afetem a copa tais como podas de raízes, podas drásticas de copa e desenvolvam sistemas de monitoramento e controle eficazes para pragas, como cupins e contra a disseminação de fungos apodrecedores, de forma a atingir a máxima qualidade de copa para os indivíduos, uma vez que este compartimento (copa) é o principal alavancador do processo de acúmulo de carbono nos indivíduos arbóreos, pois é responsável por todo o processo de conversão dos carboidratos e demais elementos assimilados pelo sistema radicular.

Tabela 32 - Análise da influência da qualidade de copa sobre o estoque de carbono total e suas frações nos indivíduos de Sibipiruna (*Poincianella pluviosa*) com distribuição diamétrica de 45,1 a 70,0 cm implantados na arborização viária de Maringá – PR

F	R_{yy}	R^2_{yy}	Qualidade de copa							
			Copa vigorosa		Copa epicórmica		Copa clorótica		Copa estressada	
			C. ang.	p	C. ang.	p	C. ang.	p	C. ang.	p
CF	0,9892	0,9786	0,1353	0,0004 (97,2%)*	0,0263	0,8104ns (0,2%)	-0,0667	0,6525ns (0,0%)	-0,1330	0,1980ns (0,4%)
CG	0,9926	0,9853	0,8889	0,0002 (97,9%)	0,0977	0,8817ns (0,3%)	0,3432	0,6992ns (0,1%)	-0,7032	0,2525ns (0,2%)
CCT	0,9924	0,9849	0,0056	0,0002 (98,5%)	-0,0010	0,8154ns (0,0%)	-0,0010	0,8613ns (0,0%)	-0,0004	0,9111ns (0,0%)
CMT	0,9911	0,9823	0,1372	0,0005 (97,9%)	0,0214	0,8518ns (0,2%)	0,0398	0,7965ns (0,0%)	-0,0821	0,4339ns (0,1%)
CT	0,9924	0,9849	11,661	0,0002 (97,9%)	0,1225	0,8874ns (0,3%)	0,3579	0,7594ns (0,1%)	-0,9173	0,2571ns (0,2%)

F = Fração; CF = Carbono estocado nas folhas; CG = Carbono estocado nos galhos; CMT = Carbono estocado na madeira do tronco; CCT = Carbono estocado na casca do tronco; CT = Carbono estocado total; R_{yy} = Coeficiente de correlação múltipla; R^2_{yy} = Coeficiente de determinação múltipla; C. ang.= Coeficiente angular da regressão linear múltipla; p = Valor da probabilidade de erro ($p < 0,05$); ns = Valores não significativos a 5% de probabilidade de erro. * = Percentual de representação da variável no valor do coeficiente de determinação da regressão múltipla. Para os modelos de regressão linear múltipla que avaliaram os efeitos do parâmetro não foi considerado o valor do intercepto nos mesmos, uma vez que este não foi significativo a condicionante do valor da probabilidade de erro.

Em relação à qualidade do tronco (Tabela 33) verificou-se que para os estoques de carbono nas frações folha e casca do tronco, não se obtiveram influências significativas da qualidade de tronco.

Estas relações, quando comparadas ao acúmulo de biomassa nas referidas frações, denotam-se inversas, uma vez que, para folhas na biomassa, observou-se influência significativa com a qualidade de tronco “injurado” e para a biomassa da fração casca do tronco, ocorreu influência significativa com a qualidade de tronco “íntegro”.

Neste contexto, visando sempre à maximização do potencial de estoque de carbono pelos indivíduos, e como anteriormente ressaltado na análise de outras frações ao longo deste trabalho, embora o C seja um elemento constituinte de teor fixo nos tecidos dos indivíduos, o potencial de estoque (acúmulo) deste elemento é extremamente sensível as ações “externas” do meio e do manejo aplicado sobre os indivíduos, em virtude do mesmo ser o produto do teor pelo acúmulo de biomassa acumulada nas frações estudadas.

Sendo assim, embora a fração folhas tenha se mostrado sensível positivamente no acúmulo de biomassa com a qualidade de tronco dita “injurado”, esse aspecto, como anteriormente demonstrado, na influência da fitossanidade sobre o estoque de C (Tabela 31), é um ganho no acúmulo de biomassa e conseqüentemente de carbono que pode ser chamado de irreal, pois se perdem tecidos de reserva (madeira do tronco e galhos) com alto potencial de estoque de C e até da própria fração casca em função da injúria e conseqüentemente há a formação de grandes quantidades de tecidos de captação e estoque de C de curta duração (folhas e raízes) que apresentam comportamento constante de renovação.

Para a fração galhos, observaram-se correlações na ordem de 0,99 e efeitos significativos positivos ($p=0,0077$) com a qualidade de tronco íntegro e a representação da variabilidade da variável sobre o estoque de C na fração foi de 96,0%.

Outro fator que vem a corroborar com o presente resultado é o acúmulo de biomassa na referida fração ter apresentado o mesmo comportamento, demonstrando assim a importância da integridade do tronco para que se garanta o pleno desenvolvimento do indivíduo, devido à realização de suas funções fisiológicas de transporte de seiva para copa e para raízes, e principalmente a maximização do potencial de estoque de C.

Para as demais frações (madeira do tronco e total) observaram-se correlações na ordem de 0,99 e efeitos significativos positivos ($p<0,0001$) com a qualidade de tronco injuriado e a representação da variabilidade da variável sobre o acúmulo de biomassa nas frações foi de 95,5% para a madeira do tronco e 95,7% para a fração total.

O presente resultado para o estoque de C nas frações madeira do tronco e total apresentou-se inverso à influência da qualidade do tronco para o acúmulo de biomassa, onde denotou-se como influência significativa a qualidade de tronco “íntegro”, que é um resultado esperado, uma vez que um tronco íntegro garante o pleno desenvolvimento e maximização do potencial do estoque de C nas frações.

Como anteriormente relatado, os ganhos no estoque de C e acúmulo de biomassa em virtude da ocorrência de pragas, fungos ou injúrias, não são ganhos reais, e sim medidas compensatórias dos indivíduos para enfrentarem o estresse fisiológico gerado por tais fatores.

Tabela 33 - Análise da influência da qualidade de tronco sobre o estoque de carbono total e suas frações nos indivíduos de Sibipiruna (*Poincianella pluviosa*) com distribuição diamétrica de 45,1 a 70,0 cm implantados na arborização viária de Maringá – PR

F	R_{yy}	R^2_{yy}	Qualidade de tronco							
			Íntegro		Injuriado		Oco		Anelado	
			C. ang.	p	C. ang.	p	C. ang.	p	C. ang.	p
CF	0,9937	0,9873	0,0420	0,0777ns (94,2%)*	0,0969	0,0006 (2,6%)	0,1791	0,0208 (0,5%)	-30,707	0,0074 (1,4%)
CG	0,9976	0,9952	0,3169	0,0077 (96,0%)	0,8310	<0,0001 (2,2%)	0,6765	0,0431 (0,1%)	-211,590	0,0004 (1,3%)
CCT	0,9937	0,9875	0,0014	0,1861ns (94,1%)	0,0046	0,0004 (3,0%)	0,0109	0,0044 (1,7%)	-0,0183	0,6705ns (0,0%)
CMT	0,9975	0,9949	0,0364	0,0412 (2,2%)	0,1326	<0,0001 (95,5%)	0,1764	0,0041 (0,4%)	-35,239	0,0004 (1,4%)
CT	0,9974	0,9948	0,3915	0,0125 (2,3%)	10,657	<0,0001 (95,7%)	10,682	0,0220 (0,1%)	-277,879	0,0005 (1,3%)

F = Fração; CF = Carbono estocado nas folhas; CG = Carbono estocado nos galhos; CMT = Carbono estocado na madeira do tronco; CCT = Carbono estocado na casca do tronco; CT = Carbono estocado total; R_{yy} = Coeficiente de correlação múltipla; R^2_{yy} = Coeficiente de determinação múltipla; C. ang.= Coeficiente angular da regressão linear múltipla; p = Valor da probabilidade de erro ($p < 0,05$); ns = Valores não significativos a 5% de probabilidade de erro. * = Percentual de representação da variável no valor do coeficiente de determinação da regressão múltipla. Para os modelos de regressão linear múltipla que avaliaram os efeitos do parâmetro não foi considerado o valor do intercepto nos mesmos, uma vez que este não foi significativo a condicionante do valor da probabilidade de erro.

5 CONCLUSÕES

Com base nos aspectos apresentados ao longo do presente estudo conclui-se que:

O acúmulo de biomassa em Sibipiruna (*Poincianella pluviosa* var. *peltophoroides*) na arborização viária apresenta uma relação dada por galho>folha>madeira do tronco>casca, com amplo predomínio da copa (89,7%).

As equações geradas para a estimativa da biomassa nas frações foram: $B_f = b_0 + b_1 \ln h_{\text{copa}}$ (folhas); $B_g = b_0 + b_1 d^2$ (galhos); $B_c = b_0 + b_1 1/d^2$ (casca do tronco) e $B_m = b_0 + b_1 d^2$ (madeira do tronco).

O principal fator de variabilidade nas estimativas dos modelos de biomassa e também do estoque carbono (C) foi à poda, tanto de raiz como primordialmente de copa.

A quantidade total de biomassa acumulada no perímetro urbano avaliado foi de 1.696,4 Mg, que equivale a 1,3 Mg ha⁻¹. A Zona Norte teve a maior representatividade (62,9%), com destaque ao Bairro Vila Esperança II, com um acúmulo de 421,3 Mg.

O acúmulo de biomassa foi influenciado por: folhas (poda de levantamento, ataque de cupins, qualidade de copa “vigorosa” e qualidade de tronco “injurado”); galhos (área livre de 1 m², poda de levantamento, ataque de cupins, qualidade de copa “vigorosa” e qualidade de tronco “íntegro”); casca do tronco (áreas livres com tamanho superior a 1m², poda de levantamento, ataque de cupins, qualidade de copa “vigorosa” e qualidade de tronco “íntegro”); madeira do tronco (área livre com tamanho de 1 m², ataque de cupins, qualidade de copa “vigorosa” e qualidade de tronco “íntegro”); biomassa total (área livre com tamanho de 1 m², poda de levantamento, ataque de cupins, qualidade de copa “vigorosa” e qualidade de tronco “íntegro”).

Os teores médios de C são maiores na madeira (557,5 g kg⁻¹), seguido dos galhos (462,2 g kg⁻¹), folhas (457,0 g kg⁻¹) e da casca do tronco (433,9 g kg⁻¹).

O estoque de C na Sibipiruna na arborização viária apresentou uma relação de alocação diferenciada da biomassa, com galho>madeira do tronco>folhas>casca do tronco, com o maior estoque na copa (87,4%).

As equações geradas para a estimativa do C nas frações foram: $C_f = b_0 + b_1 hg^3$ (folhas); $C_g = b_0 + b_1 d^3$ (galhos); $C_c = b_0 + b_1 \ln d^3 h_b$ (casca do tronco) e $C_m = b_0 + b_1 d^2 h_t$ (madeira do tronco).

A quantidade total de C estocado no perímetro urbano avaliado foi de 734,9 Mg, que equivale a 0,6 Mg ha⁻¹ e para todo o perímetro urbano de Maringá/PR igual a 7.695,6 Mg. A

Zona Norte foi a mais representativa (53,1%), destacando-se o Bairro Vila Esperança II, com um estoque total de 421,3 Mg de C.

O estoque de C foi influenciado por: folhas (poda de levantamento e qualidade de copa “vigorosa”); galhos (poda de levantamento, qualidade de copa “vigorosa” e qualidade de tronco “íntegro”); casca do tronco (áreas livres inexistentes, presença de fungos e qualidade de copa “vigorosa”); madeira do tronco (qualidade de copa “vigorosa” e qualidade de tronco “injurado”); carbono total (poda de levantamento, qualidade de copa “vigorosa” e qualidade de tronco “injurado”).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos considera-se que:

Em termos metodológicos, é de suma importância que se padronizem os limites da fração madeira do tronco, tanto para estudos de quantificação de biomassa ou de C, para que se obtenham resultados padronizados e passíveis de comparação entre estudos. Com base nas condições impostas pelo meio urbano, recomenda-se o emprego do ponto de inversão morfológica.

Outros fatores a considerar são: a padronização da altura de bifurcação e erradicação das podas drásticas e prematuras dos indivíduos, para que se reduza a variabilidade nas estimativas e se maximize o potencial de acúmulo de biomassa e de C na fração madeira do tronco, uma vez que a mesma apresentou o maior teor de C.

Em relação ao comportamento geral do estoque de biomassa e carbono em relação as influências dos fatores de implantação, manejo, do meio e vigor fisiológico, observa-se que ocorrem inversões na importância dos fatores, o que se deve ao estoque de C se apresentar menos sensível a tais fatores em relação a biomassa, pois o mesmo tem concentração fixa nos tecidos das frações, só sendo flexível em termos de quantidade (estoque), sendo produto do teor pela biomassa acumulada.

Para a construção de protocolos de sequestro de carbono em árvores urbanas, é crucial o estudo da seqüência de evolução do crescimento da espécie no meio urbano, para que se observem todas as respostas da árvore em função de sua maturidade fisiológica, efeitos do manejo e fatores bióticos e abióticos do meio urbano sobre o comportamento de acúmulo de biomassa e carbono nos indivíduos.

Dentro deste âmbito, torna-se crucial a criação de unidades experimentais de pesquisa reproduzindo as condições urbanas em universidades e institutos de pesquisa, e até mesmo, vias públicas experimentais para o acompanhamento destas variáveis, dadas as particularidades do crescimento de espécies arbóreas quando implantadas no meio urbano em relação ao seu ambiente de ocorrência natural.

REFERÊNCIAS

- ALBERTIN, R.M.; DE ANGELIS, R.; DE ANGELIS NETO, G.; DE ANGELIS, B.L.D. Diagnóstico quali-quantitativo da arborização viária de Nova Esperança – Paraná, Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 6, n. 3, p. 128 – 148, 2011.
- ALMEIDA, E.M.; CAMPELO JÚNIOR, J.H.; FINGER, Z. Determinação do estoque de carbono em Teca (*Tectona grandis* L. F.) em diferentes idades. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 4, p. 559 – 568, 2010.
- ALEIXO, V.; MALAVASI, U.C.; CALEGÁRIO, N.; MALAVASI, M.M.; MACEDO JÚNIOR, E.K. Relações alométricas para *Leucena leucocephala* (Lam.) De Wit. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 3, p. 329 – 338, 2008.
- ALVAREZ, I.A.; LIMA, A.M.L.P.; FREIRE, H.B.; RIBEIRO, R.C.S. Desempenho ecológico: uma proposta para a avaliação da vegetação urbana. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ARBORIZAÇÃO URBANA, 7., 2002, Belém. **Anais...** Belém: SBAU, p. 15 – 24, 2002.
- AMARAL, L.P.; FERREIRA, R.A.; WATZLAWICK, L.F.; GENÚ, A.M. Análise da distribuição espacial de biomassa e carbono arbóreo acima do solo em Floresta Ombrófila Mista. **Ambiência**, Guarapuava, v. 6, edição especial, p. 103 – 114, 2010.
- ANDRADE, E.A.; HIGUCHI, N. Produtividade de quatro espécies arbóreas de Terra Firme da Amazônia Central. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 39, n. 1, p. 105 – 112, 2009.
- ARAÚJO, L.V.C.; LEITE, J.A.N.; PAES, J.B. Estimativa da produção de biomassa de um povoamento de Jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poiret.) com cinco anos de idade. **Biomassa & Energia**, Viçosa, v. 1, n. 4, p. 347 – 352, 2004.
- AYDIN, M.B.S.; ÇUKUR, D. Maintaining the carbon-oxygen balance in residential areas: A method proposal for land use planning. **Urban forestry & Urban greening**, Illionis, v.11, n. 2, p. 87 – 94, 2012.
- BAGGIO, A.J.; CARPANEZZI, A.A. Biomassa aérea da Bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) em talhões do sistema de cultivo tradicional. **Boletim de pesquisa florestal**, Colombo, n. 34, p. 31 – 44, 1997.

BAIRD, C. **Química ambiental**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002. 622p.

BARBEIRO, L.S.S.; VIEIRA, G.; SANQUETTA, C.R. Equações para estimativa da biomassa individual de *Nectandra grandiflora* Ness (Canela-amarela). **Floresta**, Curitiba, v. 39, n. 4, p. 833 – 843, 2009.

BARROS, R.A. **Arborização viária urbana e o seu potencial turístico na cidade Maringá - PR**. 2010. 136p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2010.

BIONDI, D. **Caracterização do estado nutricional de *Acer negundo* L. e *Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex Dc.) Standl. utilizadas na arborização urbana de Curitiba - PR**. 1995. 164p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1995.

BORTOLETO, S. **Inventário quali-quantitativo da arborização viária da Estância de Águas de São Pedro - SP**. 2004. 85p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, SP, 2004.

_____.; SILVA FILHO, D. F.; LIMA, A.M.L.P. Prioridades de manejo para a arborização viária da Estância de Águas de São Pedro, por setores. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 1, n. 1, p. 62 – 73, 2006.

BRACK, C.L. Pollution mitigation and carbon sequestration by urban forest. **Environmental pollution**, Amherst, v. 116, suppl. 1, p. 195 – 200, 2002.

BRAZOLIN, S. **Biodeterioração, anatomia do lenho e análise de risco de queda de árvores de Tipuana (*Tipuana tipu* (Benth) O. Kuntze) nos passeios públicos da Cidade de São Paulo, SP**. 2009. 265p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

BRINKSTER. **O ciclo do carbono**. Disponível em: <<http://www16.brinkster.com>>. Acesso em: 19 jun. 2002.

BRITO, J.O. **Princípios de produção e utilização de carvão vegetal da madeira**. Piracicaba: IPEF, 1990. n. 9. 19 p.

BRITO, M. J. C. **Processo de compostagem de resíduos urbanos em pequena escala e potencial utilização do composto como substrato**. 2008. 124p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processo) – Universidade Tiradentes, Aracaju, 2008.

BRUN, E.J. **Biomassa na Floresta Estacional Decidual de Santa Tereza, RS.** 2004. 152p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, 2004.

BRUN, F.G.K. **Dinâmica do carbono orgânico em espécies arbóreas de uma Floresta Decidual no Rio Grande do Sul.** 2007. 107p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, 2007.

_____.; LONGHI, S.J.; BRUN, E.J. FREITAG, A.S.; SCHUMACHER, M.V. Comportamento fenológico e efeito da poda em algumas espécies empregadas na arborização do Bairro Camobi, Santa Maria, RS. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 2, n. 1, p. 44 – 63, 2007.

_____.; SILVA FILHO, D.F. Técnicas de implantação e manejo em arborização viária urbana. In: MARTIN, T.N.; ZIECH, M.F.; PAVINATO, P.S.; WACLAWOVSKY, A.J.; SANTOS, M.M. (Ed.). **Sistemas de produção agropecuária – 2009.** Curitiba: UTFPR, 2010. p. 210 – 234.

BUENO, O.C.; SOUZA, M.A.L.B. As árvores no ambiente urbano. In: HAMMES, V.S. (Ed.). **Educação ambiental para o desenvolvimento sustentável: ver, percepção do diagnóstico ambiental.** Brasília: EMBRAPA, 2002, v.3, 150p.

CALDEIRA, M.V.W.; SCHUMACHER, M.V.; SANTOS, E.M.; TEDESCO, N.; PEREIRA, J.C. Acúmulo de biomassa aérea em um povoamento de *Acacia mearnsii*. **Boletim Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 42, p. 95 – 104, 2001.

CALDEIRA, M.V.W. **Determinação de biomassa e nutrientes em uma Floresta Ombrófila Mista Montana em General Carneiro, Paraná.** 2003. 176p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2003.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies arbóreas brasileiras.** Colombo: EMBRAPA, 2008. v. 3, 593p.

CCAR, CALIFORNIA CLIMATE ACTION REGISTRY. **Urban forest project reporting protocol.** Califórnia, 2008. 100p.

CERRI, C.C.; MAIA, S.M.F.; GALDOS, M.V.; CERRI, C.E. P.; FEIGL, B. J.; BERNOUX, M. Brazilian greenhouse gas emissions: the importance of agriculture and livestock. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 66, n. 6, p. 831 – 843, 2009.

COUTO, H.T.Z.; VETORAZZO, S.C. Seleção de equações de volume e peso seco commercial para *Pinus taeda*. **Cerne**, Lavras, v. 5, n. 1, p. 69 – 80, 1999.

EARTH'S CO₂ HOME PAGE. **What the world needs to watch**. Disponível em: <<http://www.co2.org>>. Acesso em: 02 nov. 2012.

CRESTANA, M.S.M.; SILVA FILHO, D.F.; BERTONI, J.E.A.; GUARDIA, J.F.C.; ARAÚJO, R.T. **Árvores & cia**. Campinas: CATI, 2007. 132p.
CRAUL, P.J. Soil compaction on heavily used sites. **Journal of arboriculture**, Illionis, v. 20, n. 2, p. 69 – 74, 1994.

DE ANGELIS, B.L.D.; SAMPAIO, A.C.F.; TUDINI, O.G.; 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 Agronomica**, Maringá, v.29, n.1, p. 133 – 140, 2007.

_____.; CASTRO, R.M.; de ANGELIS NETO, G. Ocorrência do cancro de tronco em árvores de acompanhamento viário na cidade de Maringá, Paraná. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 2, n. 2, p. 31 – 34, 2009.

DUARTE, F.G.; SANTOS, G.A.; ROSADO, F.R.; DELAVIRA, R.L.; SAMPAIO, A.C.F. Cupins (Insecta: Isoptera) na arborização urbana da Zona 1 de Maringá – PR. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, v.1, n.1, p. 87 – 99, 2008.

DUBEUX, C.B.S.; LA ROVERE, E.M. Local perspectives in the control of greenhouse gas emissions – the case o Rio de Janeiro. **Cities**, Los Angeles, v. 24, n. 5, p 353 – 364, 2007.

DYER, S.M.; MADER, D.L. Declined urban sugar maples: growth patterns, nutritional status and site factors. **Journal of Arboriculture**, Illionis, v. 12, n. 1, p. 6 – 13, 1986.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2006, 306p.

ESCOBEDO, F. J.; NOWAK, D.J. Spatial heterogeneity and air pollution removal by an urban forest. **Landscape and Urban Planning**, Shangai, n. 90, p. 102 – 110, 2009.

FAMURS, FEDERAÇÃO DAS ASSOCIAÇÕES DE MUNICÍPIOS DO RIO GRANDE DO SUL. **Orientações básicas para manejo da arborização urbana**: planejamento e educação ambiental. Porto Alegre: Nova Prova, 2001. 104p.

FEARNSIDE, P. **Belo Monte e os gases do efeito estufa 6: as árvores mortas e as emissões pré-represa**. Disponível em: <<http://www.colunas.globoamazonia.com./philipfearnside>>. Acesso em: 23 out. 2012.

FERNANDES, T.J.G.; SOARES, C.P.B.; JACOVINE, A.G.; ALVARENGA, A.P. Quantificação do carbono estocado na parte aérea e raízes de *Hevea* sp., aos 12 anos de idade, na zona da Mata Mineira. **Revista da Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 657 – 665, 2009.

FINGER, C.A. **Fundamentos de biometria florestal**. Santa Maria: UFSM/CEPEF/FATEC, 1992. 269p.

FREITAS, T.A.S.; BARROSO, D.G.; CARNEIRO, J.G.A. Dinâmica de raízes de espécies arbóreas: visão da literatura. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 1, p. 133 – 142, 2008.

GARCIA, C.H. **Tabelas para classificação do coeficiente de variação**. Piracicaba, SP: ESALQ-IPEF, 1989. 12p.

GONÇALVES, W.; PAIVA, H.N. **Silvicultura urbana: implantação e manejo**. Viçosa: Editora Fácil, 2006. 201p.

GOOGLE EARTH. Maringá, 2007. **Imagem de Satélite**. Composição colorida. Escala 1: 100.000.

GUREVITCH, J.; SCHEINER, S.M.; FOX, G.A. **Ecologia vegetal**. 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 592p.

HARRIS, R.W. **Arboriculture: integrated management of landscap trees, shrubs, and vines**. 2nd ed. New Jersey: Prentice Hall, 1992. 674p.

HIGUCHI, N.; CHAMBERS, J.Q.; SILVA, R.P.; MIRANDA, E.V.; SANTOS, J.; IIDA, S.; PINTO, A.C.M.; ROCHA, R.M.; SOUZA, C.A.S. Uso de bandas metálicas e dendrômetros automáticos para a definição do padrão de crescimento individual das principais espécies arbóreas da floresta primária da região de Manaus, AM – Brasil. In: HIGUCHI, N.; SANTOS, J.; SAMPAIO, P.T.B.; MARENCO, R.A.; FERRAZ, J.; SALES, P.C.; SAITO, M.; MATSUMOTO, S. **Projeto Jacarandá fase II: pesquisas florestais na Amazônia Central**. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, 2003. p. 55 – 68. (Relatório de pesquisa.)

HIMMELICK, E.B. Disease stress of urban streets. In: SANTAMOUR JR., F.S.; GERHOLD, H.D.; LITTLE, S. **Better trees for metropolitan landscapes**. Washington: USDA Forest Service, 1975. p. 113 – 126.

HOSOKAWA, R.T. **Dinâmica da assimilação de CO₂ pelos reflorestamentos.** Disponível em: <<http://www.remade.com.br>>. Acesso em: 17 jun. 2003.

HUTYRA, L.R.; YOON, B.; HEPINSTALL-CYMERMAN, J.; ALBERTI, M. Carbon consequences of land cover change and expansion of urban lands: a case study in the Seattle metropolitan region. **Landscape and Urban Planning**, Shanghai, n. 103, p. 220 – 229, 2012.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Planilha sobre populações residentes.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estati.xls>>. Acesso em: 15 jun. 2012.

IMAÑA ENCINAS, J.; OLIVEIRA, I.A.; FERREIRA, J.C.S.; IMAÑA, R. Levantamento da biomassa lenhosa em pé e o correspondente sequestro de carbono fixo dos *Pinus elliotti* do Parque da Cidade de Brasília – DF. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 4, n. 3, p. 21 – 31, 2009.

JOHNSON, A.D.; GERHOLD, H.D. Carbon storage by urban tree cultivars, in roots and above-ground. **Urban forestry & Urban greening**, Illionis, n. 2, p. 65 – 72, 2003.

KLECHOWICZ, N.A. **Diagnóstico dos acidentes com árvores na cidade de Curitiba - PR.** 2001. 96p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

KLOCK, U.; MUÑIZ, G.I.B.; HERNANDEZ, J.A.; ANDRADE, A.S. **Química da madeira.** 3rd ed. Curitiba: UFPR, Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, 2005. 86p.

KRAMER, P.J.; KOSLOWSKI, T.T. **Fisiologia das árvores.** Lisboa: Fundação Calouste Gulbekian, 1960. 175p.

KRAPFENBAUER, A. A importância da floresta no equilíbrio do dióxido de carbono. In: SEMINÁRIO SOBRE A PRODUÇÃO DE CELULOSE NO BRASIL E O MEIO AMBIENTE, 1991, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR, 1991. 33p.

LAERA, L.H.N. Cupins na arborização urbana no município do Rio de Janeiro, Brasil. In: FONTES, L.R.; BERTI FILHO, E. **Cupins: o desafio do conhecimento.** Piracicaba: FEALQ, p. 125 – 132, 1998.

LACERDA, J.S.; COUTO, H.T.Z.; HIROTA, M.M.; PASISHNYK, N.; POLIZEL, J.L. Estimativa da biomassa e carbono em área restauradas com plantio de essências nativas. **Metrum**, Piracicaba, n. 5, 23 p., 2009.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. 2 ed, São Carlos: Rima, 2000. 531p.

LIMA, P.C.F.; OLIVEIRA, E.B.; MACHADO, S.A. Equações para estimativa de biomassa de espécies de *Prosopis* no semi-árido brasileiro. **Boletim de pesquisa florestal**, Colombo, n. 32/33, p. 67 – 79, 1996.

LIU, C.; LI, X. Carbon storage and sequestration by urban forests in Shenyang, China. **Urban forestry & Urban greening**, Illionis, v.11, n. 2, p. 121 – 128, 2012.

LOMBARDO, M.A. Vegetação e clima. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA,3., 1990, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBAU 1990. p. 1 –13.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. v. 1. Nova Odessa: Editora Plantarum, 1998. 352p.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. Curitiba: BADEP, 1968. 350p.

MARCHIORI, J.N.C. **Dendrologia das angiospermas**: leguminosas. Santa Maria, RS: Editora da Universidade Federal de Santa Maria, 1997. 200p.

MACHADO, S.A.; URBANO, E.; JARSCHER, B.; TEO, S.J.; FIGURA, M.A.; SILVA, L.C. R. Relações quantitativas entre variáveis dendrométricas e teores de carbono para *Mimosa scabrella* Bentham da região metropolitana de Curitiba. **Boletim de Pesquisa Florestal**. Curitiba, n. 52, p. 37 – 60, 2006.

MAREK, C.F. **Os impactos da arborização viária sobre a rede de distribuição de energia elétrica**: estudo de caso da zona 7 de Maringá/PR. 2008. 90 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008.

MARINGA. COM. **Dados sobre Maringá – mapa político**. Disponível em: <<http://www.maringa.com.br>>. Acesso em: 20 jul. 2009.

MARTINS, L.F.V.; ANDRADE, H.H.B.; DE ANGELIS, B.L.D. Relação entre podas e aspectos fitossanitários em árvores urbanas na cidade Luiziana - PR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 5, n. 4, p. 141 – 155, 2010.

MASCARÓ, L.E.; MASCARÓ, J. **Vegetação urbana**. 2 ed. Porto Alegre: Editora Mais Quatro, 2005. 204p.

McHALE, M.R.; McPHERSON, E.G.; BURKE, I.C. The potential of urban tree plantings to be cost effective in carbon credit markets. **Urban forestry & Urban greening**. Illionis, n. 6, p. 49 – 60, 2007.

_____.; BURKE, I.C.; LEFSKY, M.A.; PEPPER, P.J.; McPHERSON, E.G. Urban forest biomass estimates: is it important to use allometric relationships developed specifically for urban trees? **Urban Ecosystems**, Duluth, n. 12, p. 95 – 113, 2009.

McPHERSON, E.G. Benefits and costs of tree planting and care in Chicago. In: McPHERSON, E.G.; NOWAK, D.J.; ROWNTREE, R. A. **Chicago's urban forest ecosystem: results of the Chicago Urban Forest Climate Project**. Northeastern Forest Experiment Station, 1994. p. 115 – 133.

_____. Atmospheric carbon dioxide reduction by Sacramento's urban forest. **Journal of Arboriculture**, Illionis, n. 24, 1998, p. 215 – 223.

MEIRA, A.M. **Gestão de resíduos da arborização urbana**. 2010. 178p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

MENEGHETTI, G.I.P. **Estudo de dois métodos de amostragem para inventário da arborização de ruas dos bairros da orla marítima do município de Santos – SP**. 2003. 100p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. Porto Alegre: Gênisis, 1999. p. 01 – 06.

MILANO, M.S. **Avaliação quali-quantitativa e manejo da arborização urbana: exemplo de Maringá - PR**. 1988. 136p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 1988.

_____ DALCIN, E. **Arborização de vias públicas**. Rio de Janeiro: Light, 2000. 226p.

MIRANDA, E.V. **Padrão de desenvolvimento radial horário do fuste de três espécies florestais típicas da Amazônia utilizando dendrômetros automáticos**. 2002. 75p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Manaus, 2002.

MONICO, I. **Árvores e arborização urbana na cidade de Piracicaba/ SP: um olhar sobre a questão à luz da Educação Ambiental.** 2001. 165p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

MUCELINI, C. A. **Estatística.** 2 ed. Medianeira: Gráfica e Editora Valério, 2006. 245p.

NICODEMO, M.L.F.; PRIMAVESI, O. **Porque manter árvores na área urbana?** São Carlos: EMBRAPA, 2009. 41p.

NOWAK, D.J.; CRANE, D.E. Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA. **Environmental pollution**, Amherst, v. 116, p. 381-389, 2002.

_____. DWYER, J.F. Understanding the benefits and costs of urban forests ecosystems. In: KUSER, J.E. **Urban and community forestry in Northeast.** Dordrecht: Springer Netherlands, 2007. p. 25 – 46.

ODUM, E.P. **Fundamentos de ecologia.** 6 ed. Lisboa: Editora Fundação Calouste Gulbenkian, 2001. 927 p.

OLIVEIRA, I.R.M.; VALE, A.T.; MELO, J.T.; COSTA, A.F.; GONÇALEZ, J.C. Biomassa e características da madeira *Sclerobium paniculatum* cultivado em diferentes níveis de adubação. **Cerne**, Lavras, v. 14, n. 4, p. 351 – 357, 2008.

OLIVEIRA-SILVA, J.J.; ALVES, S.R.; MEYER, A.; PEREZ, F.; SARCINELLI, P.N.; MATTOS, R.C.O.C.; MOREIRA, J.C. Influência de fatores socioeconômicos na contaminação por agrotóxicos no Brasil. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 130 – 135, 2001.

PAIXÃO, F.A.; SOARES, C.P.B.; JACOVINE, L.A.G.; SILVA, M.L.; LEITE, H.G.; SILVA, G.F. Quantificação do estoque de carbono e avaliação econômica de diferentes alternativas de manejo em um plantio de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 411 – 420, 2006.

PAVAN, M.A.; BLOCH, M.F.; ZEMPULSKI, H.C.; MIYAZAWA, M.; ZOCOLER, D. **Manual de análises químicas de solo e controle de qualidade.** Londrina: IAPAR, 1992. 95p.

PEPER, P.J.; McPHERSON, E.G.; MORI, S.M. Predictive equations for dimensions and leaf area of Coastal Southern California street trees. **Journal of Arboriculture**, Illionis, v. 27, n. 4, p. 169 – 180, 2001.

PIVETTA, K.F.L.; SILVA FILHO, D.F. **Arborização urbana**. Jaboticabal: UNESP/FCAV/FUNEP, 2002. 69p.

POUDYAL, N.C.; SIRY, J.P.; BOWKER, J.M. Quality of urban forest carbon credits. **Urban Forestry & Urban Greening**, Illionis, v. 10, n. 7, p. 223 – 230, 2011.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MARINGÁ. **Maringá: cidade canção**. Maringá: Direty, 2007, color., 90 x 60 cm. Escala 1:10.000.

PRONSATO, S.A.D. **Arquitetura e paisagem: projeto participativo e criação coletiva**. São Paulo: Anna Blume, 2005. 150p.

QUEIRÓZ, J.M.; GARCIA, M.A. Ocorrência de besouros de ambrósia (coleóptera: platypodidae) em área urbana de Campinas, SP. **Floresta e ambiente**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 01, p. 1 – 05, 2007.

RATCHUNE, L.C. **Ajuste e seleção de equações alométricas para a estimativa de biomassa, carbono e nutrientes em uma Floresta Ombrófila Mista**. 2009. 104p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, 2009.

REZENDE, A.V.; VALE, A.T.; SANQUETTA, C.R.; FIGUEIREDO FILHO, A.; FELFILI, J.M. Comparação de modelos matemáticos para estimativa do volume, biomassa e estoque de carbono da vegetação lenhosa de um cerrado *sensu stricto* em Brasília, DF. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 71, p. 65 – 76, 2006.

ROAF, S.; CRICHTON, D.; NICOL, F. **A adaptação de edificações e cidades às mudanças climáticas: um guia de sobrevivência para o século XXI**. Porto Alegre: Bookman, 2009. 384p.

ROTTA, E.; OLIVEIRA, Y.M.M.; ARAÚJO, A.J. **A infestação da vegetação arbórea do Passeio Público de Curitiba (PR) por erva-de-passarinho: estudo de um caso**. Colombo: EMBRAPA, n. 26, 2006. 25 p.

SAIDELLES, F.L.F.; CALDEIRA, M.V.W.; SCHUMACHER, M.V.; BALBINOT, R. Uso de equações para estimar carbono orgânico em plantações de *Acacia mearnsii* De Wild. no Rio Grande do Sul – Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 5, p. 907 – 915, 2009.

SALIS, S.M. **Distribuição das espécies arbóreas e estimativa da biomassa aérea em savanas florestadas, pantanal da Nhecolândia, estado do Mato Grosso do Sul**. 2004. 73p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2004.

SAMPAIO, P.T.B.; BARBOSA, A.P.; VIEIRA, G.; SPIRONELLO, W.R.; BRUNO, F.M.S. Biomassa da rebrota de copas de pau-rosa (*Aniba roseodora* Ducke) em plantios sob sombra parcial em floresta primária, **Acta Amazônica**, Manaus, v. 35, n. 4, p. 491 – 494, 2005.

SAMPAIO, A.C.F. **Análise da arborização de vias públicas das principais zonas do plano piloto de Maringá – PR**. 2006. 117p. Dissertação (Mestrado em Geografia) –Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

SANTOS, N.R.Z.; TEIXEIRA, I.F. **Arborização de vias públicas: ambiente x vegetação**. Porto Alegre RS: Editora Pallotti. 2001. 135p.

SATTERTHWAITE, D. Cities' contribution to global warming: notes on the allocation of greenhouse gas emissions. **Environment & Urbanization**, Thousand Oaks, v. 20, n. 2, p. 539 – 549, 2008.

SCHNEIDER, P. R. **Análise de regressão aplicada à Engenharia Florestal**, Santa Maria: CEPEF, 236p., 1998.

SCHUMACHER, M.V.; WITSCHORECK, R.; CALIL, F.N.; LOPES, V.G.; VIERA, M. Produção de biomassa no corte raso em plantio de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze de 27 anos de idade em Quedas do Iguaçu, PR. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 1, p. 53 – 62, 2011.

SECRETARIA DE SERVIÇOS PÚBLICOS E MEIO AMBIENTE. **Nossa Cidade – Maringá, PR**. Disponível em: <<http://www.maringa.pr.gov.br>>. Acesso em: 01 Ago. 2009.

SEITZ, R.A. A poda de árvores urbanas. In: SEITZ, R. A. CURSO DE TREINAMENTO SOBRE PODA EM ESPÉCIES ARBÓREAS FLORESTAIS E DE ARBORIZAÇÃO URBANA. Piracicaba: ESALQ/IPEF, 1996. 27p.

SILVA, H.D. **Modelos matemáticos para a estimativa da biomassa e do conteúdo de nutrientes em plantações de *Eucalyptus grandis* Hill (ex. Maiden) em diferentes idades**. 1996. 10p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1996.

SILVA, A.G. **Inventário de arborização urbana viária: métodos de amostragem, tamanho e forma de parcelas**. 2003. 110p. Dissertação (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2003.

SILVA, H.D.; FERREIRA, C.A.; CORRÊA, R.S.; BELLOTE, A.F.J.; TUSSOLINI, E.L. Alocação de biomassa e ajuste de equações para estimativa de biomassa em compartimentos

aéreos de *Eucalyptus benthamii*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 49, p. 89 – 95, 2004.

SILVA, L.F.; LIMA, A.M.L.P.; SILVA FILHO, D.F.; COUTO, H.T.Z. Precipitação interna e interceptação da chuva em duas espécies arbóreas urbanas. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 4, n. 4, p. 32 – 48, 2009.

_____.; LIMA, A.M.L.P.; SILVA FILHO, D.F.; COUTO, H.T.Z. Interceptação da chuva por duas espécies arbóreas em áreas verdes urbanas. **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 4, p. 547 – 555, 2010.

SILVA FILHO, D.F. **Cadastramento informatizado, sistematização e análise da arborização das vias públicas da área urbana do município de Jaboticabal, SP**. 2002. 81p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”. Jaboticabal, 2002.

SILVA, A.G. **Inventário de arborização urbana viária: métodos de amostragem, tamanho e forma de parcelas**. 2003. 110p. Dissertação (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2003.

SILVEIRA, P.; KOEHLER, H.S.; SANQUETTA, C.R.; ARCE, J.C. O estado da arte na estimativa de biomassa e carbono em formações florestais. **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 1, p. 185 – 206, 2008.

SOARES, C.P.B.; PAULA NETO, F.; SOUZA, A.L.; LEITE, H.C. Modelos para estimar biomassa da parte aérea em um povoamento de *Eucalyptus grandis* na região de Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 20, n. 2, p. 179 – 199, 1996.

SOARES, A.L.; REGO, F.C.; McPHERSON, E.G.; SIMPSON, J.R.; PEPER, P.J.; XIAO, Q. Benefits and costs of streets in Lisbon, Portugal. **Urban forestry & Urban greening**, Illionis, v. 10, n. 1, p. 69 – 78, 2011.

SOCHER, L.G. **Dinâmica e biomassa aérea de um trecho de Floresta Ombrófila Mista Aluvial no município de Araucária, Paraná**. 2004. 102p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

SOUZA, L.A. **Morfologia & anatomia vegetal**. Ponta Grossa: UEPG, 2003. 259p.

STOFFBERG, G.H.; VAN ROOYEN, M.W.; VAN DER LINDE, M.J.; GROENEVELD, H. T. Carbon sequestration estimates of indigenous street trees in the City of Tshwane, South Africa. **Urban forestry & Urban greening**, Illionis, v. 9, n. 1, p. 9 – 14, 2010.

STRINGHETA, A.C.O. Arborização Urbana no Brasil. **Ação Ambiental**, Viçosa, v. 8, n. 33, p. 9 –11, 2005.

STROHBACH, M.W.; HAASE, D. Above-ground carbon storage by urban trees in Leipzig, Germany: analysis of patterns in a European city. **Landscape and Urban Planning**. Shanghai, n. 104, p. 95 – 104, 2012.

_____.ARNOLD, E.; HAASE, D.; The carbon footprint of urban green space – a life cycle approach. **Landscape and Urban Planning**, Shanghai, n. 104, p. 220 – 229, 2012.

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

TACCINI, M. M. **Estudo das metodologias da convenção-quadro das Nações Unidas sobre mudanças climáticas, referentes à avaliação de emissões de gases do efeito estufa na produção de carvão vegetal**. 2010. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2010.

TAKAGI, M.; GYOKUSEN, K. Light and atmospheric pollution affect photosynthesis of street trees in urban environments. **Urban forest & urban greening**, Illionis, v. 2, n.3, p. 167 – 171, 2004.

TEIXEIRA, I.F. Análise qualitativa da arborização de ruas do conjunto habitacional Tancredo Neves, Santa Maria – RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.9, n. 2, p. 9 -21, 1999.

TEODORO, P.H.M.; AMORIM, M.C.C.T. A tipologia pluviométrica e dos impactos urbanos: um instrumento previsibilidade aplicado na cidade de Maringá - PR. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, v. 31, n. 1, p. 163 -182, 2009.

URBANO, E.; MACHADO, S.A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; KOEHLER, H.S. Equações para estimar o peso de carbono fixado em árvores de *Mimosa scabrella* Bentham (Bracatinga) em povoamentos nativos. **Cerne**, Lavras, v. 14, n. 3, p. 194 – 203, 2007.

_____.MACHADO, S.A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; KOEHLER, H.S. Modelagem da biomassa aérea em bracatingais nativos da região metropolitana de Curitiba. **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 2, p. 361 – 372, 2008.

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, 2005.

VALÉRIO, A.F.; WATZLAWICK, L.F.; SANTOS, R.T.; SILVESTRE, R.; KOEHLER, H. S. Ajuste de modelos matemáticos para estimativa de biomassa nos distintos componentes de Uva do Japão (*Hovenia dulcis* Thumb.). **Ambiência**, Guarapuava, v. 3, n. 3, p. 326 – 336, 2007.

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. 94p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

____ LIMA, A.M.L.P. Danos em calçadas e sua relação com área permeável, circunferência a altura do peito (CAP) e poda em árvores urbanas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARBORIZAÇÃO URBANA, 9., 2005, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SBAU, 2005. 9p.

____ LIMA, A.M.L.P.; COUTO, H.T.Z. Análise comparativa dos custos de diferentes redes de distribuição de energia elétrica no contexto da arborização urbana. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 679 – 686, 2006.

VIEIRA, G.; SANQUETTA, C.R.; BARBEIRO, L.S.S. Estoque individual de biomassa e carbono em *Nectandra grandiflora* Nees (Canela-amarela). **Floresta**, Curitiba, v. 39, n. 3, p. 547 – 554, 2009.

VOGEL, H.L.M. **Quantificação de biomassa e nutrientes em uma Floresta Estacional Decidual em Itaara - RS**. 2005. 94p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2005.

____ SCHUMACHER, M.V.; TRÜBY, P. Quantificação da biomassa em uma Floresta Estacional Decidual em Itaara – RS, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 4, p. 419 – 425, 2006.

VOLPE-FILIK, A. **Trincas nas calçadas e espécies muito utilizadas na arborização: comparação entre Sibipiruna (*Caesalpinia pluviosa* Dc.) e Falsa-murta (*Murraya paniculata* (L.) Jacq.) no município de Piracicaba/SP**. 2009. 96p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

WATZLAWICK, L.F.; SANQUETTA, C.R.; CALDEIRA, M.V.W. Estoque carbono orgânico e biomassa em *Pinus taeda* L. **Biomassa & Energia**, Viçosa, v. 2, n. 1, p. 7 – 17, 2005.

WEINGARTNER, G.O. uso climatológico da vegetação e da arborização urbana. In: ENCONTRO NACIONAL DE ARBORIZAÇÃO URBANA, 9., 2001. Brasília. **Anais...** Brasília, DF, v. 2, 2001. p. 502 – 504.

YANG, J.; McBRIDE, J.; ZHOU, J.; SUN, Z. The urban forest in Beijing and its role in air reduction. **Urban Forestry and Urban Greening**, Illionis, n. 3, p. 65 – 78, 2005.

ZHAO, M.; KONG, Z.; ESCOBEDO, F.J.; GAO, J. Impacts of urban forests on offsetting carbon emissions from industrial energy use in Hangzhou, China. **Journal Environmental Management**, Berkeley, n. 91, p. 807 – 813, 2010.