

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CÂMPUS LONDRINA
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

RAFAEL BIANCO

**ESTIMATIVA DA INCORPORAÇÃO DE CARBONO EM BIOMASSA
ARBÓREA EM TRÊS TRECHOS DA ARBORIZAÇÃO URBANA DE
LONDRINA-PR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

LONDRINA
2015

RAFAEL BIANCO

**ESTIMATIVA DA INCORPORAÇÃO DE CARBONO EM BIOMASSA
ARBÓREA EM TRÊS TRECHOS DA ARBORIZAÇÃO URBANA DE
LONDRINA – PR**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado à disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II, do curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Prof^a Dr^a Patrícia C. Lobo Faria

LONDRINA

2015

TERMO DE APROVAÇÃO

Estimativa da incorporação de carbono em biomassa arbórea em três trechos da arborização urbana de Londrina – PR.

Monografia apresentada no dia 19 de Novembro de 2015 ao Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho _____ (aprovado, aprovado com restrições ou reprovado).

Prof. Dr. Ricardo Nagamine Costanzi
(UTFPR)

Profa. Dra. Kátia Valéria Marques Cardoso Prates
(UTFPR)

Profa. Dra. Patrícia Carneiro Lobo Faria
(UTFPR)
Orientadora

Profa. Dra. Ligia Flávia Antunes Batista
Responsável pelo TCC do Curso de Eng. Ambiental

"Todo homem é o arquiteto de seu próprio destino"

Gaio Sallustio Crispo

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por sempre estar ao meu lado, guiando meus passos e me conduzindo por caminhos bons.

Agradeço também a meus pais, por me ensinarem a ser honesto, educado, prestativo, e pelo esforço e trabalho para que eu tivesse um bom estudo.

Agradeço a meus professores e amigos da faculdade, pois com a ajuda deles pude aprender uma profissão e conseguir aplicar, no dia a dia, conhecimentos adquiridos em sala de aula.

Agradeço a minha amiga e companheira Verônica, por todo o apoio nos momentos necessários, sempre me dando força e me orientando a fazer este trabalho da melhor maneira possível.

Por fim, agradeço a minha Professora e Orientadora Patrícia, que me guiou e orientou, tendo paciência e determinação, não só neste trabalho, mas em outras realizações no decorrer do curso de Bacharelado em Engenharia Ambiental.

RESUMO

BIANCO, Rafael. Estimativa da Incorporação de Carbono em Biomassa Arbórea em Três Trechos da Arborização Urbana de Londrina – PR. 2015. 59f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental) – Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2015.

Com o crescimento exponencial da população humana, toneladas de gases do efeito estufa (GEEs) causadores do aquecimento global, como o CO₂, vêm sendo liberadas na atmosfera. Por esta razão, surgiram iniciativas como o Protocolo de Quioto, que visam à redução do carbono atmosférico. Assim, as árvores têm merecido destaque como potenciais redutoras do carbono atmosférico, pois, através da fotossíntese, sequestram o carbono e produzem a matéria orgânica que passa a incorporar a biomassa, permitindo o crescimento e desenvolvimento das plantas. O presente trabalho teve como objetivos quantificar o carbono incorporado na biomassa acima do solo junto à arborização urbana de Londrina, por meio do método não destrutivo indireto, através da utilização de quatro equações alométricas, com o intuito de gerar subsídios para políticas públicas. Para isso, realizou-se o inventário da arborização em 9 quadras de três bairros de Londrina: o Centro, a Vila Brasil e a Gleba Palhano. Em cada trecho, todas as plantas presentes junto ao calçamento viário foram amostradas, medindo-se a altura total, a altura do fuste, a circunferência à altura do peito (CAP–1,3m), a circunferência na base do fuste e a circunferência ao final do fuste. Foram utilizadas 4 equações para estimativa da biomassa, oriundas de estudos em florestas tropicais. Foram amostradas 11 espécies para a Gleba Palhano, 26 para o Centro e 36 para a Vila Brasil, com variação no número de indivíduos de 179 a 252, sendo a área central a que apresentou maior abundância. A quantidade total de carbono acumulado na biomassa acima do solo nas árvores amostradas no Centro (8,4 ton.ha⁻¹) foi maior que nos outros dois trechos (1,1 a 7,6 ton.ha⁻¹), independente da equação utilizada. A Sibipiruna foi a espécie com a maior quantidade de carbono acumulado, chegando a 4580,5 ± 548,8 kg.arvore⁻¹. A meta do município em utilizar as árvores como sumidouros de carbono e amortecedores climáticos requer o aumento da densidade arbórea, que pode ser alcançada pela ocupação de espaços livres com espécies nativas, de porte variado e adequado a cada local e, sobretudo, buscar implantar áreas verdes que possam comportar espécies de grande porte com maior potencial de incorporação de carbono em biomassa.

Palavras-chave: Equações alométricas. Biomassa arbórea. Sequestro de Carbono. Arborização Urbana.

ABSTRACT

BIANCO, Rafael. Estimate of the incorporation of Carbon in tree biomass in three samples of the urban tree planting in Londrina – PR. 2015. 59 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental) – Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2015.

Due to the exponential growth of human population, tons of greenhouse gases (GHGs) that cause global warming, such as CO₂, are being released into the atmosphere. For this reason, there have been initiatives such as the Kyoto Protocol, aimed at reducing atmospheric carbon. The trees have been highlighted as potential reducing atmospheric carbon, because during photosynthesis, fixing carbon and storing excess carbon as biomass. This study aimed to quantify the stored carbon in above-ground biomass by the urban trees of Londrina, through indirect non-destructive method, using four allometric equations, in order to generate subsidies for public policy. For this, it was done the inventory of afforestation in 9 blocks of three Londrina's districts: the Center, the Vila Brasil and Gleba Palhano. In each section, all plants present along the road pavement were sampled by measuring the total height, height of the bole, the circumference at breast height (CAP-1.3m); the circumference at the stem base and the circumference at the end of the shank. Four equations were used to estimate biomass, derived from studies in tropical forests. The results of sampling performed were 11 species to Gleba Palhano, 26 to Center and 36 to the Vila Brasil, with trees' abundance varying from 179 to 252, and the central area showed the highest values. The total amount accumulated carbon in above-ground biomass in trees sampled in the center (8.4 ton.ha⁻¹) was higher than in the other two sections (1.1 to 7.6 ton.ha⁻¹) regardless of the equation. Sibipiruna was the species with the greatest amount of carbon accumulated, reaching values of 4580.5 ± 548.8 kg.tree⁻¹. The city's goal to use the trees as carbon sink and climate shocks implies an increase tree density, which can be achieved by occupying open spaces with native species. The implementation of green areas that might contain large species with higher potential carbon incorporation as biomass should also be encouraged.

Keywords: Allometric equations. Woody biomass. Carbon sequestration. Urban forest.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Estimativa do balanço de energia global anual da Terra.	14
Figura 2- Ciclo global do carbono.....	19
Figura 3 - Localização dos três trechos escolhidos para realização do levantamento de dados referentes à arborização do município de Londrina, delimitados pelos polígonos.	27
Figura 4 - Representação dos locais onde cada medida foi determinada nos indivíduos amostrados.....	28
Figura 5 - Distribuição de frequência em classes de altura das árvores amostradas em três trechos da área urbana de Londrina, PR.....	37
Figura 6 - Distribuição de frequência em classes de DAP das árvores amostradas em três trechos da área urbana de Londrina, PR.....	39
Figura 7 - Distribuição de frequência em classes de altura para as duas espécies mais abundantes amostradas em três trechos da arborização urbana de Londrina, PR.....	40
Figura 8 Distribuição de frequência em classes de Diâmetro à Altura do Peito (DAP) para as duas espécies mais abundantes amostradas em três trechos da arborização urbana de Londrina, PR.	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Modelos alométricos utilizados para determinação da biomassa arbórea acima do solo, (BAS) estabelecidos para florestas tropicais.	31
Tabela 2- Parâmetros quantitativos referentes às espécies amostradas em 3 trechos da arborização urbana de Londrina, PR.....	33
Tabela 3- Relação das espécies, abundância, porte (P.E), origem (O) e densidade da madeira (ρ) para as árvores amostradas em três trechos da arborização urbana de Londrina, PR.	34
Tabela 4 - Estimativa da quantidade de carbono armazenado na arborização em três trechos amostrados no município de Londrina, PR, através da utilização de quatro equações alométricas.	42
Tabela 5 - Estimativa da abundância (ni), altura média, DAP médio e quantidade total de Carbono incorporado em biomassa arbórea das principais espécies no trecho amostrado no Centro de Londrina, mediante quatro equações alométricas.	43
Tabela 6 – Estimativa da abundância (ni), altura média, DAP médio e quantidade total de Carbono incorporado em biomassa arbórea das principais espécies no trecho amostrado na Vila Brasil em Londrina, mediante quatro equações alométricas.	44
Tabela 7 – Estimativa da abundância (ni), altura média, DAP médio e quantidade total de Carbono incorporado em biomassa arbórea das principais espécies no trecho amostrado na Gleba Palhano em Londrina, mediante quatro equações alométricas. ...	45
Tabela 8 – Estimativa da quantidade de Carbono por indivíduo, para as Sibipirunas amostradas no Centro em diferentes classes de Diâmetro à Altura do Peito (DAP).....	46
Tabela 9 – Estimativa da quantidade média de Carbono por classe de DAP para as duas espécies mais abundantes em cada trecho amostrado do município de Londrina – PR.	48

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	12
2.1 OBJETIVO GERAL	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
3 REFERENCIAL TEÓRICO	13
3.1 EFEITO ESTUFA E O AQUECIMENTO GLOBAL.....	13
3.2 PROTOCOLO DE QUIOTO E MEDIDAS DE REDUÇÃO DE GEES.....	17
3.3 SEQUESTRO DE CARBONO	18
3.4 ESTIMATIVAS DE CARBONO EM BIOMASSA	19
3.5 ARBORIZAÇÃO URBANA	21
4 MATERIAIS E MÉTODOS	25
4.1 ÁREA DE ESTUDO	25
4.2 COLETA DE DADOS	28
4.3 CARACTERIZAÇÃO DAS ESPÉCIES.....	29
4.4 DETERMINAÇÃO DA BIOMASSA EM ÁRVORES DO CALÇAMENTO URBANO.....	30
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5.1 CARACTERIZAÇÃO DAS ESPÉCIES.....	33
5.2 ESTIMATIVA DA BIOMASSA E CARBONO	42
6 CONCLUSÃO	50
REFERÊNCIAS	52

1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento exponencial da população humana, a poluição atmosférica vem aumentando, sendo liberadas, desta forma, toneladas de gases do efeito estufa (GEEs). Este último, apesar de ser vital para a vida na Terra, quando em desequilíbrio causa o chamado aquecimento global, o qual vem causando diversas mudanças climáticas (NOBRE, 2008). No entanto, é importante também frisar a presença do CO₂, por ser “considerado como de maior relevância para o efeito estufa”(VELASCO; HIGUCHI, 2009, p. 136).

Devido à preocupação com o aquecimento global, surgiram iniciativas governamentais como o protocolo de Quioto, em que os países desenvolvidos se comprometeram a diminuir suas emissões de gases estufa. Para tal, foram criados três mecanismos com a intenção de ajudar os países desenvolvidos alcançarem a meta de redução de emissões: Comércio de Emissões, Implementação Conjunta e Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) (MMA, 2014, não paginado).

O MDL possibilita a negociação entre países desenvolvidos e em desenvolvimento de Reduções Certificadas de Emissões (RCEs), implicando uma redução adicional para a mitigação das mudanças climáticas. Com isso, surge a necessidade da elaboração de estudos que busquem quantificar o sequestro de Carbono.

Devido à importância das árvores em sequestrar o carbono via fotossíntese, consumindo CO₂ e armazenando o carbono durante seu processo de crescimento e desenvolvimento, estas têm merecido destaque como potenciais redutores do carbono atmosférico, tanto ao nível da vegetação em restauração (SOUZA; SOARES, 2013) quanto da arborização urbana (NICODEMO; PRIMAVESI, 2009).

Nesse sentido, o Plano Diretor de Arborização Urbana de Londrina (PDAU), Lei Nº 11.996, de 30 de dezembro de 2013, busca ações para a conservação das áreas verdes urbanas, a fim de manter a maior densidade arbórea sobre as vias, valorizando as árvores como sumidouros de carbono e reduzindo, desta forma, o CO₂ do município, adaptando-o às mudanças climáticas (LEIS MUNICIPAIS, 2015). No entanto, Londrina carece de conhecimento e condições de manejo efetivo de sua arborização,

necessitando de informações que auxiliem a tomada de decisões, pois apenas 10% da arborização do município foi inventariada (DELESPINASSE et al., 2011).

Trabalhos visando à quantificação de CO₂ junto às árvores vêm sendo desenvolvidos em diversas abordagens. Essas variam tanto pela estimativa em espécies isoladas, como a realizada no município de Maringá-PR, avaliando o potencial da Sibipiruna (BRUN, 2012), a medidas em árvores presentes em áreas de estacionamento no Campus da universidade Federal de Viçosa - UFV em Minas Gerais (BRIANÉZI, 2012). A determinação do carbono estocado em florestas em desenvolvimento após restauração na mata ciliar já foi analisada para o rio Paranapanema (MELO; DURIGAN, 2006; FERNANDES et al., 2014), da mesma forma que essa atenção já foi dada para florestas urbanas em Canberra na Austrália (BRACK, 2002) e, sobretudo, para municípios inteiros, como Chicago e Nova York, nos Estados Unidos (MCPHERSON; NOWAK; ROWNTREE, 1994; NOWAK et al., 2007).

Pela ausência de dados referentes à incorporação de carbono para a cidade de Londrina, e pela importância de dados que subsidiem tomadas de decisão, esta pesquisa pretende mostrar a importância da arborização no espaço urbano, indicando a capacidade das árvores urbanas em incorporar Carbono em sua estrutura (biomassa), podendo gerar RCEs, além dos benefícios já conhecidos.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho foi quantificar o carbono incorporado em biomassa arbórea acima do solo, em determinados trechos da área urbana do município de Londrina – PR por meio de método não destrutivo indireto.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar o levantamento de espécies arbóreas em três trechos da arborização urbana de Londrina;
- Aplicar equações alométricas para estimar a quantidade de carbono acumulado de árvores urbanas e associá-la ao porte das espécies;
- Gerar subsídios para políticas públicas para arborização.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 EFEITO ESTUFA E O AQUECIMENTO GLOBAL

A atmosfera é composta por diversos gases. O ar seco é composto em sua grande maioria por nitrogênio (N_2), que corresponde a 78,08% e por oxigênio (O_2) com 20,95%. O restante é composto por outros gases, presentes em quantidades traço, os chamados gases do efeito estufa (GEE), que são principalmente o Dióxido de Carbono (CO_2), o Gás Metano (CH_4), o Óxido Nitroso (N_2O), o ozônio (O_3), os Clorofluorcarbonetos (CFC_s) e os Halocarbonetos Hidrogenados (HFC e HCFC). Destaca-se, ainda, a presença do vapor d'água, que é de extrema importância para a vida na Terra e cujo volume, em média, compreende a 1%, sendo variável devido ao ciclo hidrológico (BARRY; CHORLEY, 2013).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2014, não paginado) “o efeito estufa é um fenômeno natural e possibilita a vida humana na terra”. Kirschbaum (2003 apud BORGES et al., 2007, p. 35) destacou que estes gases “funcionam como uma capa protetora que permite a entrada da luz solar, mas retêm uma quantia do calor produzido, impedindo que uma parcela da radiação absorvida escape para o espaço”.

A energia que nosso planeta recebe anualmente é cerca de 342 W/m^2 . Parte dessa energia, mais propriamente 30%, é reverberada ao espaço, em que dois terços são refletidos por meio de nuvens e aerossóis e o restante desta porcentagem é refletido por meio de regiões onde o albedo é elevado. Outra parte desta energia incidente é absorvida pela superfície terrestre que corresponde a aproximadamente 240 W/m^2 . Então uma parte desta energia é novamente irradiada pela superfície por radiação de onda longa (Infravermelho) em direção ao espaço (Figura 1) (ONÇA, 2013; BARRY; CHORLEY, 2013).

Para emitir os 240 W/m^2 , uma superfície deve ter uma temperatura em torno de -19°C , um valor muito abaixo da temperatura estimada da superfície terrestre, de 14°C . A razão para esse incremento de temperatura é a presença, na atmosfera, de gases que bloqueiam parte da radiação de onda longa que

escaparia para o espaço. Este processo é comumente denominado efeito estufa (IPCC, 2007, apud ONÇA, 2013, p. 133).

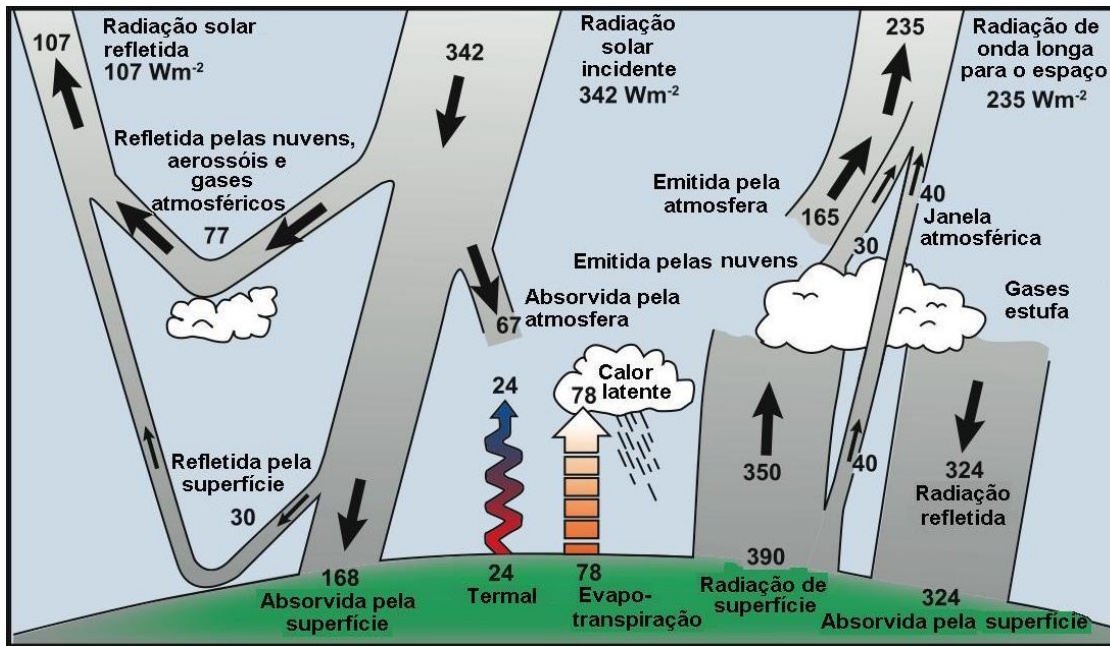


Figura 1- Estimativa do balanço de energia global anual da Terra.
Fonte: Onça (2013, p. 134).

O CO₂ atmosférico tem sido responsabilizado pela maior parcela do aquecimento global, pois 60% dessa parcela vêm através do aumento de suas concentrações, em sua grande maioria gerada de forma antrópica (ESTEVEZ, 2011; MEARNS, 2000, apud SCOLARI, 2011). É possível observar que nos últimos 250 anos, os níveis de CO₂ atmosféricos vêm aumentando (IPCC, 2007).

Segundo o IPCC (2007, p.100),

[...] As medições iniciais demonstraram que a abundância de CO₂ foi significativamente menor durante a última era glacial do que em relação aos últimos 10 mil anos do Holoceno (Delmas et al., 1980; Berner et al., 1980; Neftel et al., 1982). A partir de 10 mil anos antes do presente até o ano de 1750, a abundância de CO₂ ficou dentro da faixa de 280 ± 20 ppm (Indermühle et al., 1999). Durante a era industrial, a abundância de CO₂ aumentou exponencialmente a 367 ppm em 1999 (Neftel et al., 1985; Etheridge et al., 1996; IPCC, 2001a) e 379 ppm em 2005 (tradução livre do próprio autor).¹

¹ The initial measurements demonstrated that CO₂ abundances were significantly lower during the last ice age than over the last 10 kyr of the Holocene (Delmas et al., 1980; Berner et al., 1980; Neftel et al., 1982). From 10 kyr before present up to the year 1750, CO₂ abundances stayed within the range 280 ± 20 ppm (Indermühle et al., 1999). During the industrial era, CO₂ abundance rose roughly exponentially to 367 ppm

Este aumento está ligado a atividades antrópicas, como o desmatamento de florestas tropicais que proporciona o incremento de 1,6 GtC/ano e a queima de combustíveis fósseis (6,4 GtC/ano). Segundo OHSE et al. (2007), existe também uma remoção de CO₂ (1,8 GtC/ano), através da ciclagem do carbono nos oceanos, onde este é armazenado e liberado para a atmosfera sucessivamente através da respiração e da fotossíntese realizada pelo fitoplâncton. Já no ambiente terrestre a remoção ocorre através das plantas (3,0 GtC/ano) servindo, então, como sumidouros de carbono atmosférico. Tais dados vêm sendo obtidos desde o ano de 1958 no observatório de Mauna Loa, no Havaí, por intermédio da concentração de CO₂ atmosférico, em que é possível observar que a taxa de aumento de CO₂ dobrou, passando de ~1ppm/ano em 1965 para 2 ppm/ano em 2005 (NOBRE, 2008). “Afirma-se que o CO₂ atmosférico tenha aumentado na taxa anual de 0,4%, correspondendo a um incremento de três bilhões de toneladas de carbono por ano (GtC/ano) armazenadas na atmosfera” (MOLION, s/d, p.10). Somente pela mudança do uso do solo, desde o ano 1850, estima-se que 154 Pg de carbono foram lançados na atmosfera (BORSARI, 2009).

De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU, 2012), os níveis de CO₂ mudaram significativamente no período de 2000 até 2012, aumentando em 20%. A ONU (2014) ainda mostra que as emissões de CO₂ chegaram a níveis alarmantes na região norte do globo, chegando a 400 ppm.

Como resultado do aumento do efeito estufa, o aquecimento global traz diversas mudanças que causam prejuízos à grande parte do planeta, como exposto por Seiffert (2009, p.5-6):

[...] eliminação de biodiversidade, degelo nos pólos, inundação de áreas litorâneas, danos aos recifes de coral, savanização de florestas tropicais, como a Amazônia, aumento da desertificação de áreas, elevação da frequência de secas e enchentes, redução no rendimento de safras, aumento da ocorrência de furacões e ciclones, danos à saúde das populações em consequência de ondas de calor e propagação de doenças contagiosas etc.

Nobre (2001, p. 239) expõe que:

in 1999 (Neftel et al., 1985; Etheridge et al., 1996; IPCC, 2001a) and to 379 ppm in 2005 (Section 2.3.1; see also Section 6.4).

[...] para os próximos 100 anos, indicam a possibilidade de impactos climáticos significativos. No cenário *business as usual* de crescimento das emissões dos gases de efeito estufa, os modelos climáticos computacionais sugerem que poderá ocorrer aquecimento de 4 a 6 °C em partes do país (principalmente na Amazônia) ao final do século. Há, ainda, muita incerteza com relação às possíveis mudanças na precipitação pluviométrica e quanto a modificações na frequência de extremos climáticos (secas, inundações, geadas, tempestades severas, vendavais, granizo etc).

Esta preocupação com o aumento do aquecimento global é que trouxe iniciativas para incentivo à redução destas emissões cada vez maiores, como o protocolo de Quioto, o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) e os Créditos de Carbono (MMA, 2014, não paginado).

Embora esta posição não seja aceita por todos, segundo BRANCO e MARQUES (2008, apud RAMOS; VIANA; ESPÍRITO SANTO, 2008):

[...] a Terra tem sofrido oscilações periódicas de temperatura e clima, que podem ser associadas à quantidade de radiação solar sobre a sua superfície. Estas variações, em ciclos maiores de aproximadamente 1100, 80 e 11 anos, também são influenciadas por outros fatores, como a órbita elíptica da Terra em torno do Sol, inclinação do eixo de rotação da Terra e oscilação desse eixo. GERHARD, L. C. (2007) apresenta dados que demonstram que a temperatura da Terra no hemisfério norte apresenta covariância forte com a irradiação e não com a variação do CO² na atmosfera.

Ramos, Viana e Espírito Santo (2008) ainda falam que os modelos climáticos permitem projetar cenários futuros do clima, porém não conseguem distinguir os efeitos da variação climática natural da induzida pelo homem. Segundo Molion (2008), ao invés de um aquecimento global antropogênico pode estar ocorrendo um processo de resfriamento global, pois segundo o autor, devido à grande variação natural do clima, a influência causada pelos seres humanos é muito pequena, sendo impossível detectá-la. “Considerando essa variabilidade, é muito provável que ocorra um resfriamento global nos próximos 20 anos ao invés de um aquecimento”.

3.2 PROTOCOLO DE QUIOTO E MEDIDAS DE REDUÇÃO DE GEES

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2014, não paginado),

[...] o Protocolo de Quioto constitui um tratado complementar à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Criado em 1997, definiu metas de redução de emissões para os países desenvolvidos, responsáveis históricos pela mudança atual do clima.

O Protocolo de Quioto foi aprovado no Japão, em 1997, na cidade de Quioto, entrando em vigência no dia 16 de fevereiro de 2005 (PORTAL BRASIL, 2010, não paginado).

Com o acordo, os países desenvolvidos se comprometeram a reduzir suas emissões de GEEs no período de 2008 a 2012, enquanto os países em desenvolvimento, tais como o Brasil, tiveram que estabelecer medidas para um crescimento sustentável (PORTAL BRASIL, 2010; MMA, 2014). Com isso, foram criados três mecanismos com a intenção de ajudar os países desenvolvidos alcançarem a meta de redução de emissões: Comércio de Emissões, Implementação Conjunta e Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) (MMA, 2014, não paginado).

Através do MDL foi criado um novo mercado global, pois cada tonelada de CO₂ equivalente² não emitida ou sequestrada da atmosfera pode ser comercializada (ROCHA, 2004).

O MDL torna possível que países desenvolvidos (presentes no Anexo B), como Alemanha, Austrália, Áustria entre outros, possam comprar RCEs, também conhecidas como Créditos de Carbono, de países em desenvolvimento, como o Brasil, no caso do não cumprimento das reduções de emissões estabelecidas pelo protocolo. Os países desenvolvidos devem investir em projetos de modo que as emissões de GEEs diminuam, como pelo sequestro de carbono através de reflorestamentos, para que assim possam obter as RCEs. Com isso, essa compra acaba sendo mais vantajosa economicamente, fazendo com que os países tendam a não investir em tecnologias mais limpas (SEIFFERT, 2009). Seiffert (2009, p.58) destaca que:

² “Uma medida métrica utilizada para comparar as emissões de vários gases do efeito estufa baseado no potencial de aquecimento global de cada um” (SANQUETTA; BALBINOT; ZILLIOTTO, 2004, p.41).

[...] Esse mecanismo deve implicar em reduções de emissões adicionais àquelas que ocorreriam na ausência do projeto, garantindo benefícios reais, mensuráveis e de longo prazo para mitigação das mudanças climáticas.

Portanto, surge a necessidade da elaboração de estudos que busquem quantificar o sequestro de carbono, ou seja, a quantidade de carbono que está sendo retirada da atmosfera, como instrumento de gestão ambiental (CHANG, 2004).

3.3 SEQUESTRO DE CARBONO

O termo sequestro de carbono foi “consagrado”, segundo Esteves (2011), após a conferência de Quioto no ano de 1997, e diz respeito à maneira de retirar o CO₂ naturalmente por vegetais. As plantas, através do processo de fotossíntese, usam o CO₂ para criação de açúcares e compostos orgânicos necessários ao seu crescimento (ESTEVES, 2011).

Barreto, Freitas e Paiva (2009, p.3, citando GARDNER; MANKIN, 1981), indicam que:

[...] os ecossistemas florestais contêm cerca de 90% da biomassa terrestre e cobrem aproximadamente 40% de sua superfície. As florestas apresentam uma elevada taxa de fixação de carbono, quando comparado com outras tipologias vegetais.

As árvores possuem a maior capacidade fotossintética e de produção de madeira, sendo assim capazes de grande armazenamento de fitomassa florestal. Possuem, ainda, capacidade de armazenamento de grandes quantidades de carbono na vegetação e no solo através de processos fotossintéticos (SOUZA; SOARES, 2013). As florestas quando alteradas, naturalmente ou antropicamente, liberam CO₂ para a atmosfera. Através de seu crescimento e produção de fitomassa, operam como sumidouros de carbono, que por sua vez desempenham um papel importante no ciclo global do carbono, por meio de dois processos: a fixação, realizada pelo sequestro do carbono atmosférico e incorporação na biomassa pela fotossíntese e a emissão que é resultado da respiração celular e da decomposição da biomassa (SOUZA; SOARES, 2013), tal como exemplificado na Figura 2.

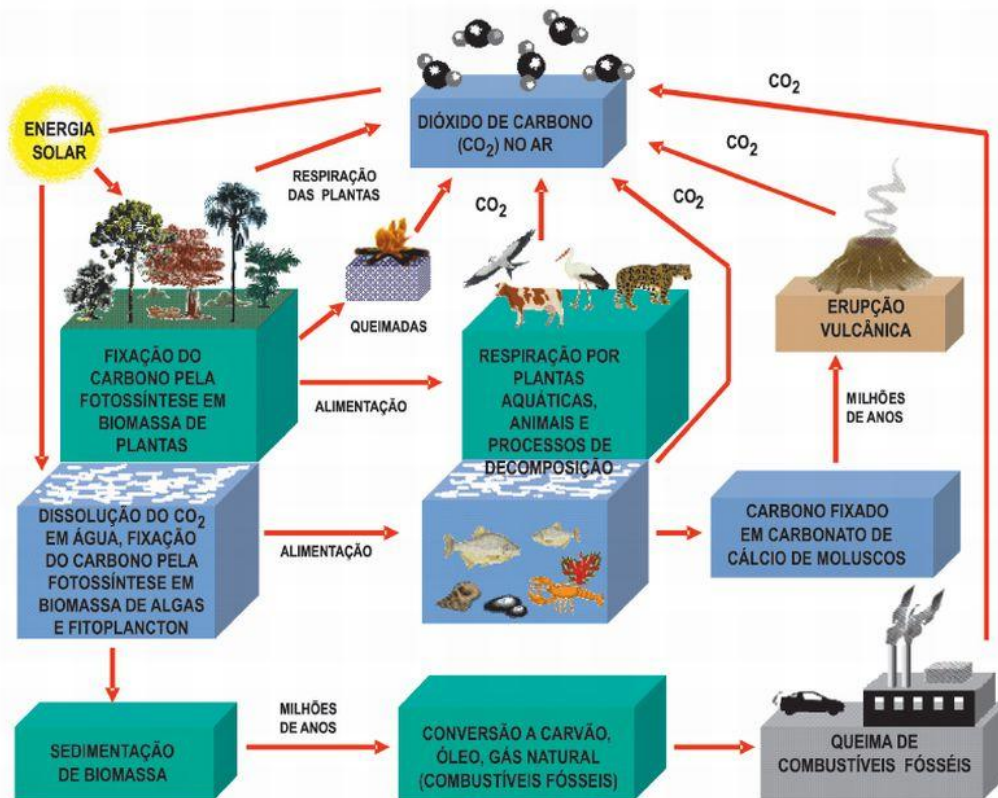


Figura 2- Ciclo global do carbono.
Fonte: Martinsetal. (2003, p.31).

3.4 ESTIMATIVAS DE CARBONO EM BIOMASSA ARBÓREA

De acordo com Brown (1997 p.4-5) a estimativa de carbono na biomassa florestal exige que todos os componentes sejam estimados, incluindo a massa viva de árvores e de todas as outras formas de vida, como arbustos, palmeiras, lianas, epífitas, assim como a massa vegetal morta: serapilheira e madeira. No entanto, a maior fração da biomassa florestal se encontra nas árvores e está junto à parte viva, que inclui folhas, galhos, ramos, tronco principal e casca, que não apresentam muitos problemas logísticos em sua estimativa. Conseqüentemente, de acordo com a autora, a biomassa florestal pode ser estimada apenas a partir da quantidade total de matéria orgânica viva acima do solo em árvores, e expressa em toneladas de massa seca por unidade de área, sendo que 50% deste peso é composto por carbono.

A biomassa florestal, usualmente, vem sendo medida acima do solo basicamente por dois métodos, um baseia-se na mensuração do volume e outro utiliza equações de regressão que são funções que relacionam a biomassa seca com as dimensões das árvores, sendo que essas equações são baseadas em medições realizadas em diversas árvores e são propostas de acordo com a precipitação anual de cada região (BROWN, 1997).

Martins (2004, p. 56) descreveu as duas formas mais comuns para quantificar o carbono presente na biomassa de espécies arbóreas: o método destrutivo direto e o não destrutivo indireto. O método destrutivo direto descrito pelo autor “consiste em derrubar e pesar um número significativo de árvores em uma determinada área”. Já o método não destrutivo indireto, baseia-se:

[...] em análise dimensional, isto é, na relação alométrica existente entre dimensões de diferentes partes de um mesmo organismo e na manutenção da razão relativa de crescimento (EVANS, 1972; CHAPMAN, 1976). Neste método, procura-se estabelecer uma relação entre dados dendrométricos facilmente coletados em campo, tais como o diâmetro e a altura do fuste, medidas coletadas com a árvore em pé, com os pesos dos elementos componentes da árvore como tronco, galhos, folhas e casca (MARTINS, 2004, p. 56-57).

As metodologias existentes para determinação da cubagem rigorosa (volume de biomassa) vieram a partir da dificuldade de medição e determinação dos diferentes formatos geométricos ao longo do tronco de uma árvore, pois para que esta seja estimada é necessário determinar a biomassa de todas as partes da floresta, ou seja, toda a biomassa que está acima e abaixo do solo. Assim, as plantas são separadas em seções e determina-se o volume de tais seções. As fórmulas mais usadas para esta estimativa de volume são as equações de Smalian, de Huber e de Newton, devido à sua fácil aplicação (NICOLETTI; CARVALHO; BATISTA, 2012).

Melo e Durigan (2006) utilizaram as fórmulas propostas por Brown (1997) para determinação do carbono em matas ciliares em restauração, visando à avaliação da retenção de CO₂ atmosférico em diferentes tipos de reflorestamentos, chegando a valores aproximados de 9,8 t.ha⁻¹.ano⁻¹ incorporadas nas plantas, de acordo com o tipo e a fertilidade do solo.

Chave et al. (2005) determinaram várias fórmulas alométricas através do método destrutivo em experimentos florestais na América, na Ásia e na Oceania, cada uma delas variando de acordo com o tipo de floresta e incorporando valores relativos à densidade da madeira.

Brianézi (2012) através do método não destrutivo realizou a cubagem das árvores na área do campus-sede da Universidade federal de Viçosa – MG, através da utilização do pentaprisma de Wheeler, medindo o diâmetro e comprimento de todos os componentes acima do solo, possibilitando desta forma a utilização da expressão de Smalian para determinação do volume. Assim, com a informação da densidade da madeira de cada espécie, foi possível realizar a avaliação do potencial de estocagem e compensação de carbono pela arborização.

Tiepolo et al. (2002, apud VIEIRA et al., 2008) propuseram uma equação alométrica semelhante à fórmula de Brown (1997), analisando dados da região de Guaraqueçaba, localizada a 140 km de Curitiba-PR, utilizando apenas o DAP como variável.

3.5 ARBORIZAÇÃO URBANA

Costa (2004, p.7) caracterizou a arborização urbana como todos “elementos vegetais de porte arbóreo, dentro da cidade. Nesse enfoque, as árvores plantadas em calçadas, fazem parte da arborização urbana”, mas não fazem parte dos sistemas de áreas verdes, que são caracterizadas como “onde se encontra o predomínio de vegetação arbórea englobando as praças, os jardins públicos e os parques urbanos”.

Segundo Mcpherson, Nowak e Rowntree (1994), a arborização urbana causa variações no vento, na umidade e na temperatura do ar; diminui a radiação solar de onda longa; reduz o consumo de energia em habitações e o crescimento da vegetação rasteira e aumenta a distribuição de insetos. Schuch (2006) complementou ainda que ela cria também ambientes propícios ao lazer, além de oferecer alimento e abrigo à fauna. Já Nicodemo e Primavesi (2009) destacaram que a arborização urbana é de

suma importância para o bem-estar humano, pois melhora o ar citadino, propiciando um local agradável para o lazer, criando microclimas e diminuindo os ruídos, além de possuir a capacidade de retenção de CO₂ em sua biomassa através da fotossíntese, tendo maior incorporação em regiões tropicais do que em regiões de clima temperado.

Na elaboração de projetos técnicos de arborização urbana, faz-se necessário observar alguns itens como a taxa de crescimento da planta e dar preferência a espécies nativas, por possuírem mais facilidade de se adaptar a características que se relacionam com a região (MUNEROLI; MASCARÓ, 2010).

OPDAU de Londrina, aprovado como Lei Nº 11.996, de 30 de dezembro de 2013, tem a previsão de funcionar como:

“[...] instrumento permanente para proteção da qualidade ambiental, redução de consumo de energia e adaptação da cidade às mudanças climáticas, pelo planejamento, conservação, reposição, manejo e expansão da arborização e de áreas verdes urbanas” (LEIS MUNICIPAIS, 2015, p.1).

Em sua seção III, art. 4.1 ao 4.7, trata de seus objetivos:

I - atingir e manter permanente densidade arbórea máxima sobre vias e áreas urbanas do Município de Londrina;

II - estabelecer, gerir e fiscalizar ações para institucionalizar a infraestrutura urbana, a conservação permanente de árvores como sumidouros de carbono e amortecedores climáticos, com vistas a reduzir emissões de dióxido de carbono no Município de Londrina e adaptá-la às mudanças climáticas, respectivamente;

III - promover a arborização e as áreas verdes urbanas, também como instrumentos de sustentabilidade ambiental e qualidade de vida para as presentes e futuras gerações, por seu efeito de melhoria da paisagem, amortecimento dos ventos, redução da poluição sonora e atmosférica, proteção dos recursos hídricos e preservação da biodiversidade nativa;

IV - mensurar e atualizar dados, por bacia, acerca de absorção de dióxido de carbono, constituição de área permeável de águas, sombreamento de superfície e redução de zonas de calor e de consumo de energia, pela arborização e áreas verdes de Londrina;

V - compatibilizar o desenvolvimento socioeconômico com a mitigação das emissões de gases de efeito estufa, pela adequação do espaço público à conservação, reposição, preservação e expansão da arborização e áreas verdes urbanas, inclusive pela compensação de emissões;

VI - estabelecer programa de diagnóstico, ação e acompanhamento da arborização e áreas verdes urbanas, com fins de seu planejamento, avaliação, conservação, manejo, reposição, expansão, controle, fiscalização e participação popular; e

VII - incentivar a participação da população e de entidades da sociedade civil organizada, com vistas a conhecer e incrementar os benefícios ambientais gerados pela arborização e áreas verdes urbanas (LEIS MUNICIPAIS, 2015, p.1).

O PDAU de Londrina em sua seção VII Art. 24.1 e 24.2 estabelece que deve haver predomínio de espécies nativas junto às mudas de árvores plantadas (mínimo 70%)e que as exóticas não invasoras não devem exceder 30%, “[...] quanto à diversidade, serão, no máximo, 10% (dez por cento) da mesma espécie, 20% (vinte por cento)do mesmo gênero e 30% (trinta por cento) da mesma família botânica”(LEIS MUNICIPAIS, 2015, p.10).

Ainda, de acordo com o PDAU de Londrina, que em sua Seção XIII trata da captura e armazenamento de carbono, merece destaque o seu Art. 65:

Para evitar a emissão imediata do carbono armazenado nos exemplares cortados da arborização urbana, a Administração Municipal destinará o tronco e galhos principais de exemplares cortados, em razão desta lei, para beneficiamento, a fim de que a madeira seja armazenada por longo prazo, na forma de móveis ou insumos permanentes para construção civil, quando tecnicamente viável (LEIS MUNICIPAIS, 2015, p.16-17).

O papel das árvores como sumidouros de carbono junto à arborização urbana é bem destacado fora do Brasil. Mcpherson, Nowak e Rowntree (1994) relatam resultados da quantificação do sequestro de carbono pelas árvores da região de Chicago (Illinois, EUA), totalizando 155.000 toneladas por ano. Além disso, evitam a emissão de 12.600 toneladas anualmente, devido aos benefícios de aquecimento/resfriamento que proporcionam às residências, evitando o uso de aparelhos, sendo esse valor relacionado com a quantidade de gases emitida na mesma região em uma semana pelos veículos. Brack (2002) avaliou a capacidade de retenção do carbono em uma floresta urbana em Canberra na Austrália em um período de 4 anos e propôs que a quantidade de carbono sequestrada poderia ser vendida como créditos de carbono gerando renda ao município. Nowak et al. (2007) que os 5,2 milhões de árvores da cidade de Nova York – EUA retiram um total de 42.300 ton. de carbono por ano, associando a esse serviço uma valoração de U\$ 779.000/ano.

Com isso se torna importante a elaboração de estudos que possam quantificar o carbono incorporado no estrato arbóreo urbano visando à geração de dados para auxiliar o município de Londrina a melhor planejar sua arborização urbana.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 ÁREA DE ESTUDO

A cidade de Londrina está localizada entre as coordenadas 23°08'47" e 23°55'46" de Latitude Sul e entre 50°52'23" e 51°19'11" a Oeste de Greenwich (PREFEITURA DE LONDRINA, 2014). A zona urbana da cidade de Londrina compreende uma área de 164,33 Km² mais a sua zona de expansão que corresponde a 80,68 Km², totalizando 245,01 Km² (IPPUL, 2006, apud PREFEITURA DE LONDRINA, 2014).

Londrina foi fundada no início da década de 1930, com planos pré estabelecidos pela Companhia de Terras do Norte do Paraná (CNTP), com o intuito focado na agricultura. Em 1950, Londrina, considerada capital mundial do café, mostrou uma expansão representativa e em 1960 ocorreu um processo de êxodo rural, devido à erradicação do café por fatores climáticos e econômicos. Nas décadas seguintes, a cidade teve um maior aumento territorial e econômico, fazendo com que a cidade, à época, com 20 mil habitantes passasse para mais de 400 mil em apenas seis décadas. Esse fator causou a degradação do ambiente urbano com a remoção de áreas verdes por conta da expansão territorial, diminuindo, desta forma, a qualidade de vida e gerando desconforto ambiental (ALVES, 2005). Devido ao rápido crescimento, estabeleceu-se uma consolidação urbana desigual com maior densidade demográfica no centro da cidade, causando assim uma redução das áreas verdes, as quais não conseguiam suprir a geração de GEEs em consequência do grande fluxo de automóveis nessas áreas (POLIDORO; LOLLO; BARROS, 2011).

De acordo com a classificação de Köppen, o clima de Londrina é do tipo Cfa (Subtropical Úmido Mesotérmico), com temperatura média de 16°C no mês mais frio e 27,3°C no mês mais quente. A precipitação anual varia entre 1400 mm a 1600 mm, sendo que os meses menos chuvosos vão de junho a agosto (PREFEITURA DE LONDRINA, 2010, p.68).

A quantificação do carbono acumulado na biomassa de árvores utilizadas na arborização urbana foi realizada em três trechos da área urbana de Londrina (Figura 3), escolhidos de acordo com sua idade e tipo de arborização.

Foi escolhido um trecho da área central (Centro) compreendendo as quadras da Av. Higienópolis até a Rua Paranaguá, entre as Ruas Pio XII e Goiás (compreendendo uma área de 13,8 ha). O Centro foi escolhido por ser considerada a área de gênese do município, cuja construção teve início da década de 1930 (POLIDORO; LOLLO; BARROS, 2011). O segundo trecho escolhido foi na Vila Brasil, cuja implantação foi iniciada em meados da década de 1950 (POLIDORO; LOLLO; BARROS, 2011), compreendido entre a Rua Uruguai até a Rua Paraguai e da Rua Bolívia até a Rua Borba Gato (totalizando uma área de 11,5 ha), que possui muitas plantas de grande porte (LUIZ et al., 2013). O terceiro trecho foi escolhido na Gleba Palhano, entre a Rua João Wyclif e Av. Ayrton Senna e da Av. Madre Leônia Milito até a Rua João Huss (compreendendo uma área de 18,7 ha). Esse bairro foi criado após a década de 1980 pelo incentivo comercial através da construção do Shopping Catuaí (POLIDORO; LOLLO; BARROS, 2011) possuindo, desta maneira, uma arborização mais recente (Figura 3).

As áreas de cada trecho foram calculadas pela delimitação de polígonos sobre as ruas amostradas, através do software Google Maps (2015).

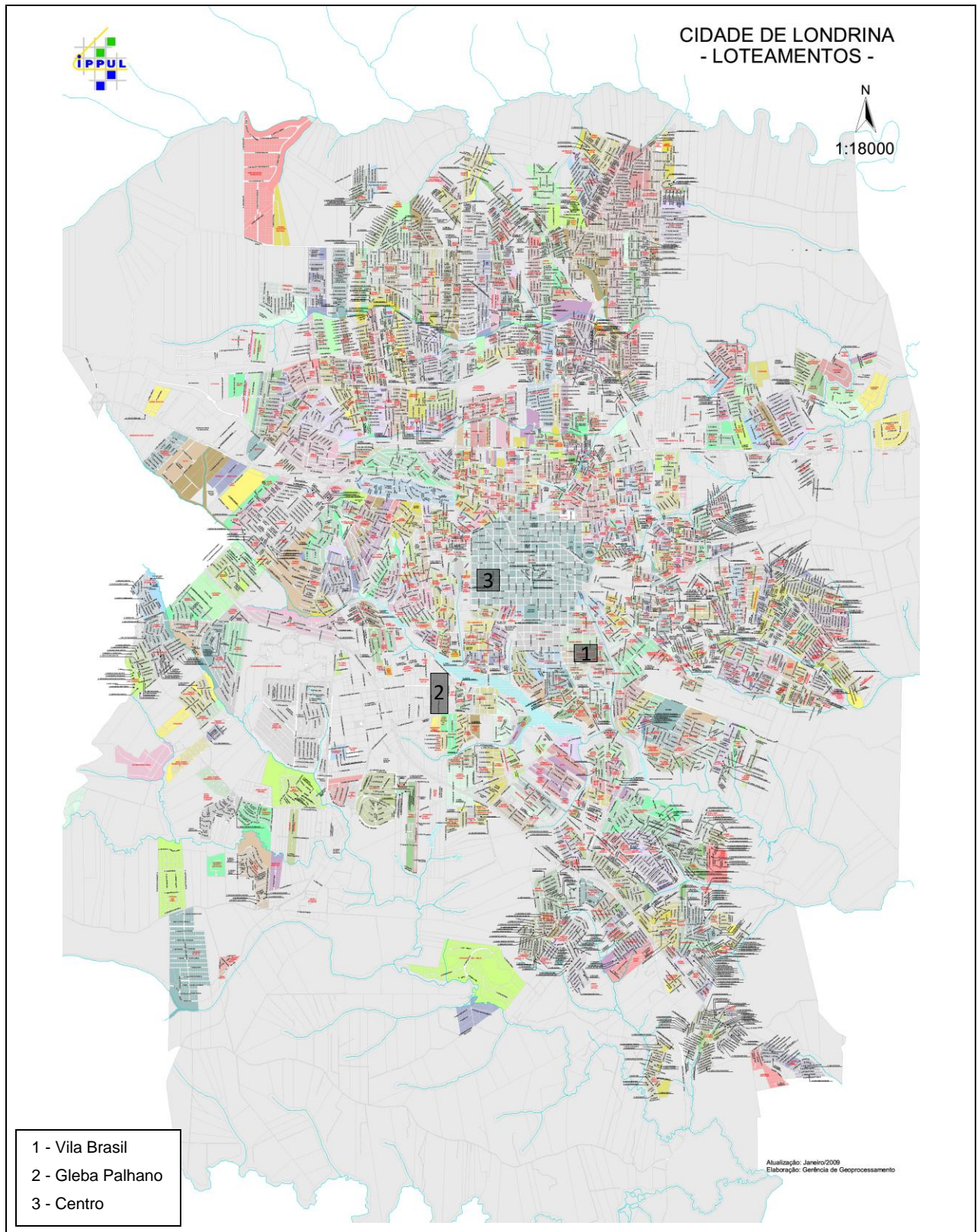


Figura 3 - Localização dos três trechos escolhidos para realização do levantamento de dados referentes à arborização do município de Londrina, delimitados pelos polígonos.
Fonte: Gerência de Geoprocessamento da Prefeitura Municipal de Londrina (2009) (Adaptado).

4.2 COLETA DE DADOS

Para cada um dos bairros foi escolhido um trecho que corresponde a nove quadras, em um esquema de 3x3. Em cada quadra, todas as plantas presentes junto ao calçamento viário foram amostradas, tendo o endereço do estabelecimento como referência. Cada planta teve as seguintes medidas determinadas (Figura 4):

- Altura total do indivíduo (AT): os valores de altura foram medidos e/ou estimados com uso de vara graduada.
- Altura do fuste (AF): estimativa e/ou medida do comprimento do tronco, anterior à primeira bifurcação, com uso de vara graduada.
- Circunferência à altura do peito (CAP– 1,3m); determinada com auxílio de uma fita métrica.
- Circunferência da base do fuste (CI).
- Circunferência do final do fuste (CF): medida em indivíduos com a AF de até 2,3 metros, sendo que acima deste valor a CF não foi medida e a AF foi estimada.

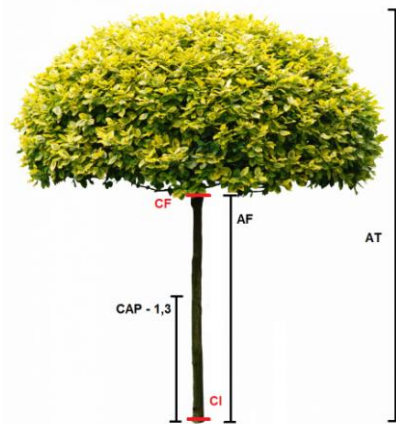


Figura 4 - Representação dos locais onde cada medida foi determinada nos indivíduos amostrados.

Fonte: <http://mundopng.blogspot.com.br/2012/09/arvores.html>(Adaptado).

Após a medida das circunferências, foram calculados os diâmetros da base (DI), o da altura do peito (DAP) e o do final do fuste (DF), para cálculo das áreas

seccionais dos troncos (BRIANÉZI, 2012). As medidas de diâmetro foram calculadas por meio de expressão I:

$$D = \frac{C}{\pi} \quad (I)$$

Onde:

C= circunferências (CAP, CI ou CF) (m)

D= diâmetros (DAP, DI ou DF) (m)

A obtenção de dados em campo foi realizada no período de novembro de 2014 a fevereiro de 2015, utilizando uma planilha contendo o nome comum da espécie, a CI, a CF, a CAP, AF e a AT (Apêndice A).

4.3 CARACTERIZAÇÃO DAS ESPÉCIES

As árvores amostradas foram identificadas e categorizadas como nativa ou exótica do Brasil, de pequeno, médio ou grande porte mediante consulta à literatura (LORENZI et al., 2003; LORENZI, 2008; 2009) e à Lista de Espécies da Flora do Brasil (2015). Os limites para determinação do porte foram de acordo com o PDAU de Londrina: pequeno porte até 5,0m; médio porte até 10,0m; grande porte maior que 10m. Também foi realizada pesquisa para determinação da densidade da madeira (ρ) utilizando as informações contidas em Brown (1997), Brianézi (2012), Lorenzi et al. (2003) e Lorenzi (2008; 2009a; 2009b).

Para cada espécie foram tabulados os valores de abundância (número de indivíduos por espécie- n_i), de densidade relativa (percentual representativo da abundância de uma espécie em relação à de todas as espécies (expressão II)) e a densidade relativa acumulada (expressão III) (BRIANÉZI, 2012 p. 10).

$$DR = \frac{n_i}{N_{total}} * 100 \quad (II)$$

Onde;

DR = Densidade relativa (%).

n_i = número de indivíduos de uma espécie.

N_{total} = número total de indivíduos.

Para o cálculo da Densidade relativa acumulada:

$$DR_{acumulada} = DR + DR_{acumulada\ i-1} \text{ para } i \neq 1 \quad (III)$$

$DR_{acumulada}$ = Densidade relativa acumulada da i-ésima espécie.

DR = Densidade relativa da i-ésima espécie.

$DR_{acumulada\ i-1}$ = Densidade relativa acumulada até a espécie anterior.

A altura das plantas foi analisada pela distribuição da frequência em diferentes classes, sendo a primeira limitada até a altura de 2,2 m, estipulada pelo PDAU de Londrina como a altura mínima da muda para plantio. Para as demais classes foi adotado o intervalo de 2 m, exceto para a segunda classe. Para a representação das medidas de DAP, utilizou-se a mesma metodologia, com a primeira classe sendo o valor mínimo permitido (<5 cm) para a realização dos cálculos através das equações propostas na literatura utilizada e para as demais classes foram utilizados intervalos de 10 cm.

4.4 DETERMINAÇÃO DA BIOMASSA EM ÁRVORES DO CALÇAMENTO URBANO.

O cálculo da quantidade de biomassa para cada árvore foi realizado através da utilização do método indireto (BROWN, 1997; MARTINS, 2004; BRIANÉZI, 2012), com a aplicação de quatro equações alométricas. Os cálculos foram realizados com auxílio de planilhas eletrônicas do Microsoft Excel 2007, através da licença de usoda Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

A equação 1 (Tabela 1) corresponde à proposta por Brown (1997, p.11) para zonas úmidas, onde a precipitação anual varia entre 1.500mm e 4.000mm, não tendo uma época seca muito severa, sendo que as principais florestas que forneceram os dados localizam-se no Brasil, Bolívia, equador, Guatemala, Guiana Francesa entre outros. A equação 2 (Tabela 1) foi proposta por Chave et al. (2005, p. 91) para florestas tropicais, tendo como referências florestas do Brasil, Guiana Francesa, Venezuela, entre outros. A equação 3 (Tabela 1) foi proposta por Tiepolo et al. (2002, apud VIEIRA et al., 2008) para a região de Guaraqueçaba, localizada a 140 km de Curitiba – PR.

Tabela 1- Modelos alométricos utilizados para determinação da biomassa arbórea acima do solo, (BAS) estabelecidos para florestas tropicais.

	Fonte	Modelo Alométrico (BAS)	α	β	β_2	Variação de D (cm)
EQ. 1	Brown (1997)	$= 42.69 - 12.800*(D) + 1.242*(D^2)$	-	-	-	5 a 148
EQ. 2	Chave et al. (2005)	$= \exp*(\alpha + \beta*\ln(D^2*H*\rho))$	-3,08	1,007	-	5 a 156
EQ. 3	Tiepolo et al. (2002, apud VIEIRA et al., 2008)	$= \alpha + (\beta)*(D) + \beta_2*(D)^2$	21,297	-6,953	0,740	4 a 116
EQ.4	Brianézi (2012)	$= \rho*v$	-	-	-	-

Fonte: Autoria própria.

Nota: BAS: Biomassa acima do solo por indivíduo (kg); D: Diâmetro à altura do peito (DAP) (cm); α e β : Valores fixos, pré estabelecidos pelo modelo; H: Altura total (m); ρ : Densidade da madeira (g/cm^3); v: volume do fuste (cm^3).

Outra forma utilizada para determinar a quantidade de biomassa foi através da utilização da cubagem rigorosa não destrutiva, que “é um método indireto que pode ser utilizado para obtenção do volume e biomassa, porém, requer a medida de diâmetros ao longo do fuste da árvore em pé” (NICOLETTI, 2011 pg. 24). Para isso, foi feita a determinação da biomassa pela expressão de Smalian (expressão IV) para determinar o volume do fuste com casca do indivíduo e, a seguir, relacionando-o com a densidade da madeira de cada espécie, para determinar a quantidade de carbono incorporado para cada indivíduo (BRIANÉZI, 2012). No entanto, essa medida só foi possível para as árvores com AF <2,3m, para as quais foi possível medir o diâmetro final do fuste.

A expressão de Smalian é demonstrada a seguir:

$$V = \frac{A_1 + A_2}{2} * L \quad (IV)$$

Na qual,

V = Volume com casca (cm³).

A1= Área seccional (Base do Fuste)(cm²).

A2= Área seccional (Final do Fuste)(cm²).

L= Comprimento da seção (AF) (cm).

Após a obtenção do volume do fuste, foi calculada a quantidade da biomassa do fuste de cada indivíduo amostrado através da equação 4 (BRIANÉZI, 2012) (Tabela 4):

$$Bm = \rho * V \quad (EQ. 4)$$

Na qual:

Bm = Biomassa da madeira (g)

ρ = Densidade da madeira de cada espécie (g.cm⁻³)

V = Volume com casca (cm³).

Para determinação da quantidade de carbono o valor de biomassa obtido para todas as equações foi multiplicado por 0,5, pois, de acordo com Brown (1997, p.1), apenas 50% da biomassa é composta por carbono.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ARBORIZAÇÃO

O número de árvores nos trechos amostrados variou de 179 a 252, com a área central apresentando a maior abundância, seguida da Vila Brasil. Já o maior número de espécies foi observado na Vila Brasil (37) enquanto a Gleba Palhano mostrou os menores valores para ambos os parâmetros (Tabela 2, Apêndice B).

Tabela 2- Parâmetros quantitativos referentes às espécies amostradas em 3 trechos da arborização urbana de Londrina, PR.

Parâmetros	Centro	Gleba Palhano	Vila Brasil	Total
n° de Famílias	17	7	21	22
n° de Espécies	26	11	37	43
	ni (%)	ni (%)	ni (%)	ni (%)
Porte Pequeno	3 (12%)	2 (18%)	8 (22%)	9 (21%)
Porte Médio	8 (31%)	3 (27%)	12 (32%)	13 (30%)
Porte Grande	15 (58%)	6 (55%)	17 (46%)	21 (49%)
n° de indivíduos	252	179	223	654
Porte (%) Pequeno	15	3	18	13
Porte (%) Médio	31	44	37	36
Porte (%) Grande	54	53	45	51
Altura média (m)	5,43 ± 2,55	4,34 ± 1,76	6,06 ± 3,39	-
DAP médio (m)	0,23 ± 0,20	0,16 ± 0,08	0,20 ± 0,20	-

Fonte: Autoria própria.

Todos os trechos mostraram maior número de espécies de grande porte, seguido das de médio e pequeno porte. Embora a Vila Brasil possua mais espécies de grande porte, a proporção do número de indivíduos nessa categoria é menor que nas demais áreas amostradas (Tabela 2).

A relação das espécies amostradas e suas características encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3- Relação das espécies, abundância, porte (P.E), origem (O) e densidade da madeira (ρ) para as árvores amostradas em três trechos da arborização urbana de Londrina, PR.

(continua)

Nome Comum	Espécie Nome Científico	Abundância			P.E	O	ρ ^(fontes)
		Centro	Gleba Palhano	Vila Brasil			
Anacardiaceae							
Manga	<i>Mangifera indica</i> L.	-	-	1	G	E	0,4409 ²
Aroeira Salsa	<i>Schinus molle</i> L.	3	-	6	M	N	0,5790 ³
Siriguela	<i>Spondias purpurea</i> L.	-	-	1	G	E	0,3900 ³
Apocynaceae							
Espirradeira	<i>Nerium oleander</i> L.	-	-	1	P	E	0,4530 ³
Jasmim	<i>Plumeria rubra</i> L.	-	-	1	P	E	-
Areaceae							
Jerivá	<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	1	-	-	G	N	-
Bignoniaceae							
Ipê Amarelo	<i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	9	10	4	M	N	0,7600 ¹
Jacarandá	<i>Jacaranda</i> sp	6	-	2	G	N	0,5800 ¹
Ipê Branco	<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith	23	2	14	G	N	0,5092 ²
Ipê Rosa	<i>Tabebuia</i> spp / <i>Handroanthus</i> spp	18	16	7	G	N	0,9800 ¹
Bombacaceae							
Monguba	<i>Pachira aquática</i> Aubl.	-	-	1	G	N	0,4300 ³
Chrysobalanaceae							
Oiti	<i>Licania tomentosa</i> (Benth.) Fritsch	30	58	39	G	N	0,9800 ¹
Combretaceae							
Chapéu de Sol	<i>Terminalia catapa</i> L.	1	1	1	G	E	0,4684 ²
Dilleniaceae							
Árvore do Dinheiro	<i>Dillenia indica</i> L.	1	-	-	G	E	0,5869 ²
Ebenaceae							
Caqui	<i>Diospyros kaki</i> L.	-	-	1	M	E	0,7000 ³
Fabaceae							
Pata de Vaca	<i>Bauhinia</i> spp	30	35	6	M	E	0,6700 ³
Mini Flamboyant	<i>Caesalpinia pulcherrima</i> (L.) Sw.	-	-	3	P	E	1,0500 ³
Acácia Imperial	<i>Cassia fistula</i> L.	8	9	2	G	E	0,6758 ²
Alecrim de Campinas	<i>Holocalyx balansae</i> Micheli	8	-	-	G	N	0,9200 ¹
Leucena	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	-	-	1	M	E	0,6400 ³
Sibipiruna	<i>Poincinella pluviosa</i> (Benth.) L. P. Queiróz	23	-	5	G	N	0,7343 ²
Aleluia	<i>Senna macranthera</i> (Collad.) Irwin et Barn.	1	-	3	M	N	0,5701 ²
Tipuana	<i>Tipuana tipu</i> (Benth.) Kuntze	10	-	-	G	E	0,8800 ¹

Tabela 3 - Relação das espécies, abundância, porte (P.E), origem (O) e densidade da madeira (ρ) para as árvores amostradas em três trechos da arborização urbana de Londrina, PR.

Nome Comum	Espécie Nome Científico	Abundância			P.E	O	ρ ^(fontes)
		Centro	Gleba Palhano	Vila Brasil			
Lauraceae							
Canelinha	<i>Nectandra sp</i>	2	-	8	G	E	0,5620 ³
Lythraceae							
Dedaleira	<i>Lafoensia pacari</i> A.St.-Hil.	-	-	1	G	N	0,8000 ¹
Resedá	<i>Lagerstroemia indica</i> L.	5	-	-	P	E	0,5154 ²
Resedá Gigante	<i>Lagerstroemia speciosa</i> Pers.	-	-	2	M	E	0,5300 ³
Magnoliaceae							
Magnólia Amarela	<i>Magnolia champaca</i> L.	1	-	6	G	E	0,5659 ²
Malpighiaceae							
Acerola	<i>Malpighia sp.</i>	-	-	1	P	E	-
Malvaceae							
Hibisco	<i>Hibiscus spp</i>	6	4	8	P	E	0,7027 ²
Melastomataceae							
Quaresmeira	<i>Tibouchina granulosa</i> (Desr.) Cogn.	19	33	13	M	N	0,4990 ²
Moraceae							
Figueira	<i>Ficus spp</i>		9	3	G	E	0,3703 ²
Amoreira	<i>Morus nigra</i> L.	1	-	2	M	E	0,5935 ²
Myrtaceae							
Escovinha de Garrafa	<i>Callistemon viminalis</i> (Sol. ex Gaertn.) G.Don	8	-	9	M	E	0,5197 ²
Pitanga	<i>Eugenia uniflora</i> L.	1	-	1	M	N	0,7481 ²
Oleaceae							
Freixo	<i>Fraxinus sp</i>			1	G	E	-
Alfeneiro	<i>Ligustrum lucidum</i> W.T.Aiton	8	-	36	M	E	0,5553 ²
Proteaceae							
Grevílea	<i>Grevillea robusta</i> A. Cunn. Ex. R. Br.	-	-	6	G	E	0,5400 ⁴
Rosaceae							
Cerejeira Branca	<i>Prunus serrulata</i> Lindl.	-	-	6	P	E	-
Rutaceae							
Laranjeira	<i>Citrus sp</i>	-	-	1	P	E	0,5900 ³
Murta	<i>Murraya paniculata</i> (L.) Jack	26	2	19	P	E	0,7697 ²
Sapindaceae							
Árvore da China	<i>Koelreuteria bipinnata</i> Franch.	3	-	-	G	E	0,5444 ²
Lichia	<i>Litchi chinensis</i> Sonn.	-	-	1	M	E	0,7246 ²

Fonte: Autoria própria.

Nota: P.E: Porte das espécies, P: Pequeno M: Médio, G: Grande; O: Origem, N: Nativa, E: Exótica; ρ : Densidade da madeira (g.cm^{-3}). Fontes: Lorenzi et al. (2003) e Lorenzi (2008; 2009a; 2009b)¹; Brianezi (2012)²; Brown (1997)³; Orwa et al., (2009)⁴.

As cinco espécies mais abundantes na área Central e que totalizaram 52,38% da densidade relativa acumulada foram o Oiti (11,90%), a Pata de Vaca (11,90%), a Murta (10,32%), o Ipê Branco (9,13%) e a Sibipiruna (9,13%). Já, na Vila Brasil o Oiti (17,49%), o Alfeneiro (16,14%), a Murta (8,52%), o Ipê Branco (6,28%) e a Quaresmeira (5,83%) representaram 54,26% do total de plantas, enquanto na Gleba Palhano o Oiti (32,40%), a Pata de Vaca (19,55%), a Quaresmeira (18,44%), o Ipê Rosa (8,94%) e o Ipê Amarelo (5,59%) compreenderam 84,92% do total (Tabela 3). A alta densidade relativa do Oiti e da Pata de Vaca na Gleba Palhano deve-se ao fato de nesse bairro ser utilizada apenas uma espécie para arborização de cada rua.

Segundo Brianézi (2012, p.20), “cada espécie não deve ultrapassar 15% do total de indivíduos arbóreos de uma área, a fim de se obter um melhor planejamento da arborização urbana, minimizar a propagação de doenças e atrair uma fauna mais diversificada”. De acordo com o PDAU, em Londrina, a arborização deve ser composta por 70% de espécies nativas, e cada espécie não deve exceder 10% do total. No entanto, observou-se que em todos os trechos (embora pequenos e não necessariamente representativo de cada bairro) as duas espécies mais abundantes ultrapassaram o valor estipulado como ideal, variando de 10,32% a 32,40%.

A análise da distribuição de altura das plantas no Centro (Figura 5a) mostrou que há predominância de indivíduos com altura entre 2,2 e 6 m (somando as duas classes) e que 10% das plantas têm altura maior que 10 m, com algumas maiores que 14m. Já na Vila Brasil, (Figura 5b) ressalta-se que 15% dos indivíduos possuem altura menor que 2,2 m, não atendendo aos critérios estabelecidos pelo PDAU e que 50% das plantas possuem altura entre 4 a 8m. Para o trecho da Gleba Palhano (Figura 5c), prevalecem indivíduos com altura menor que 4 m (63%) decorrentes da idade mais jovem do bairro.

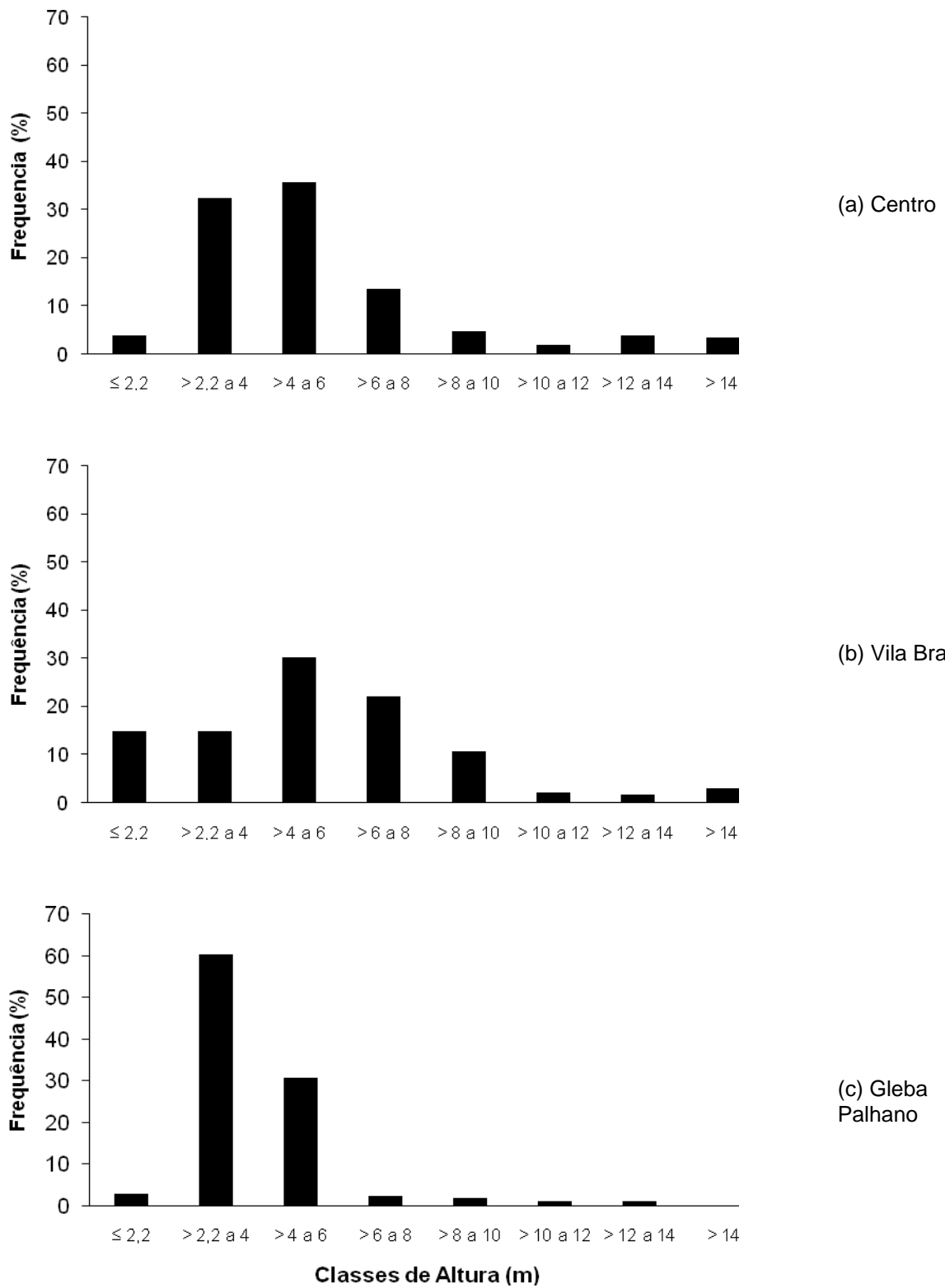


Figura 5 - Distribuição de frequência em classes de altura das árvores amostradas em três trechos da área urbana de Londrina, PR.
Fonte: Autoria própria.

A análise da distribuição de DAP no Centro mostra claramente o predomínio de plantas de menor diâmetro, com poucos exemplares de diâmetros consideráveis (Figura 6a). De acordo com Mcpherson e Rowntree (1989), uma distribuição de DAP decrescente pode ser ocasionada por plantios coincidentes com revitalizações da arborização ou implantação de loteamentos, caracterizando dessa maneira povoamentos jovens. Já, na Vila Brasil (Figura 6b), a distribuição de DAP é bem mais variável, talvez indicando intervenções da população sem um padrão, a qualquer momento e com espécies variadas. A arborização mais recente se faz notar na Gleba Palhano, onde 85% dos indivíduos possuem DAP menor que 25 cm (Figura 6c), correspondendo à distribuição de altura e à arborização recente.

Para cada trecho, as duas espécies mais abundantes também foram analisadas quanto à distribuição de sua altura e DAP (Figuras 7 e 8). No Centro predominaram os indivíduos maiores que 4m (Figura 7b) tanto para Oiti quanto para Pata de Vaca. Já na Gleba Palhano ocorreu o inverso (Figura 7c).

O Oiti no Centro tem boa representação em três classes de DAP (5 a 35 cm) e, com isso, apresenta grande potencial para crescimento, ou seja, incorporação de carbono e em biomassa, uma vez que há poucos indivíduos ainda maiores. Já a pata de vaca tem distribuição com predomínio em uma classe intermediária, com poucos indivíduos de maior porte (Figura 8b). Isso talvez possa ser resultado da não separação de espécies chamadas de Pata de Vaca e essas terem porte diferente ou de plantios mais concentrados em determinadas épocas. Já na Gleba Palhano, ambas as espécies possuem predominância de indivíduos com DAP entre 15 e 25 cm (Figura 8c).

Na Vila Brasil, as duas espécies mais abundantes mostraram comportamentos contrastantes. Enquanto para o Alfeneiro predominam indivíduos com altura maior que 6 m (Figura 6a) e DAP maior que 35 cm (Figura 8a), com o Oiti observou-se o inverso, com a maioria dos indivíduos com altura menor que 6m (Figura 7a) e DAP menor que 25 cm (Figura 8a). Isso se deve ao fato dos Alfeneiros serem muito antigos e praticamente não serem mais utilizados no plantio. Já o Oiti mostra um comportamento de espécie que passou a ser utilizada mais recentemente e, por possuir densidade da madeira maior que a do Alfeneiro (Tabela 3), ao longo do tempo poderá incorporar mais carbono por ainda estar em fase de crescimento.

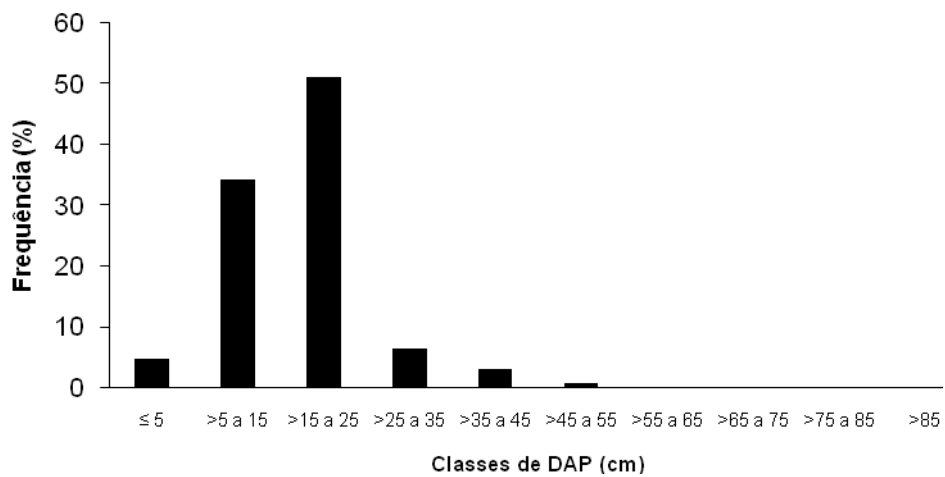
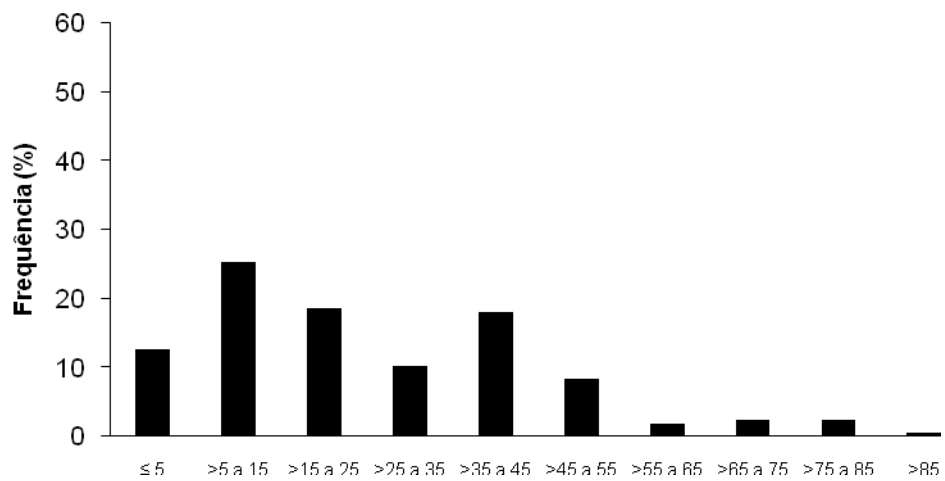
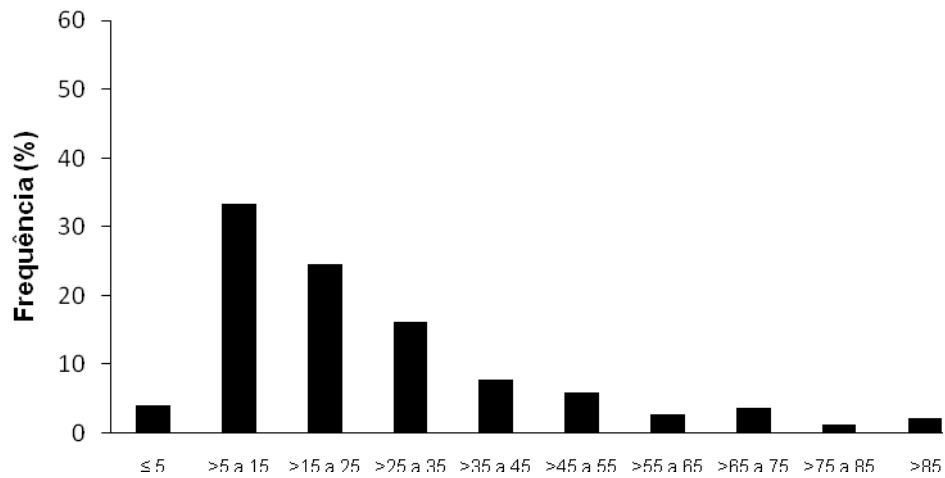


Figura 6 - Distribuição de frequência em classes de DAP das árvores amostradas em três trechos da área urbana de Londrina, PR.
Fonte: Autoria própria.

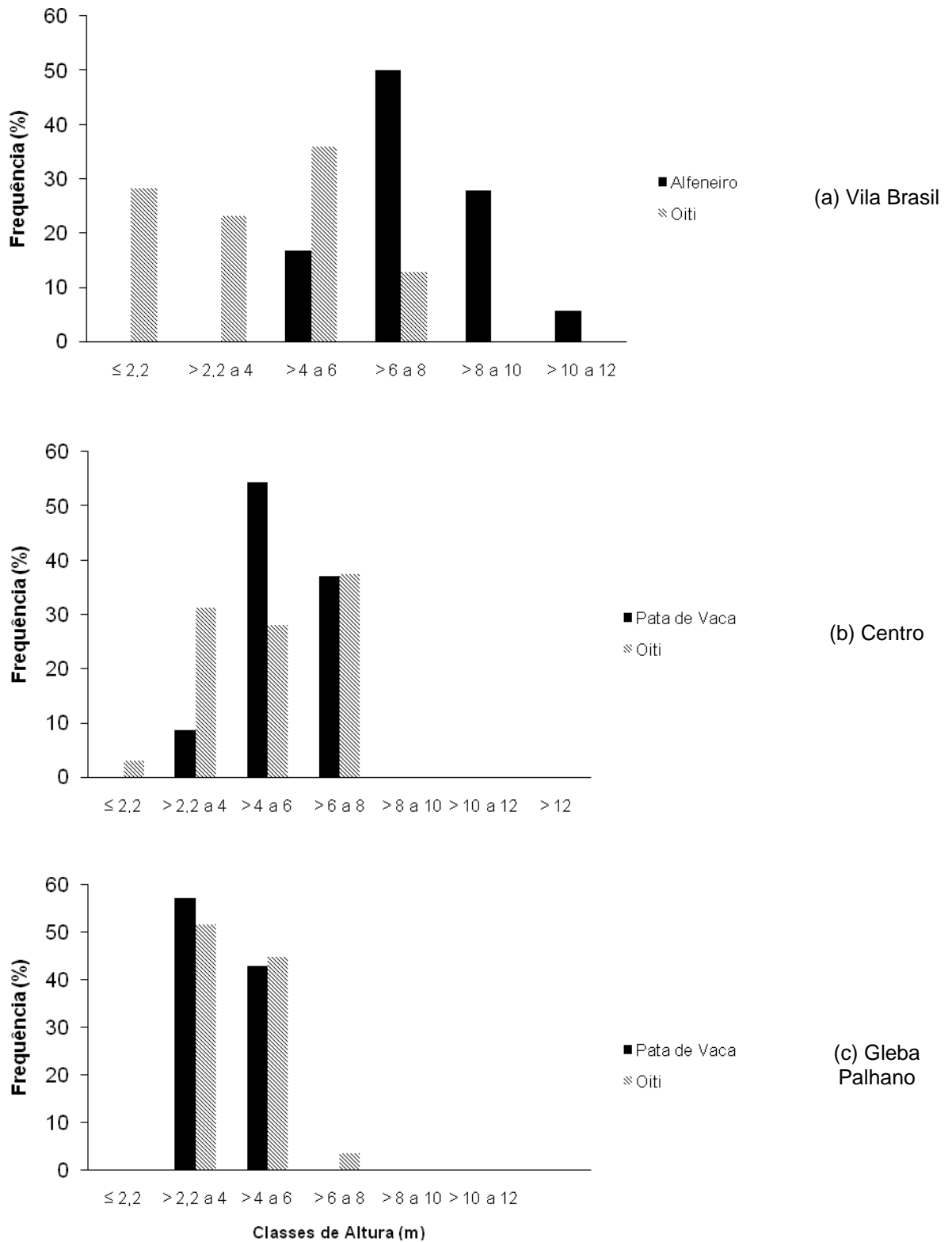


Figura 7 - Distribuição de frequência em classes de altura para as duas espécies mais abundantes amostradas em três trechos da arborização urbana de Londrina, PR.
Fonte: Autoria própria.

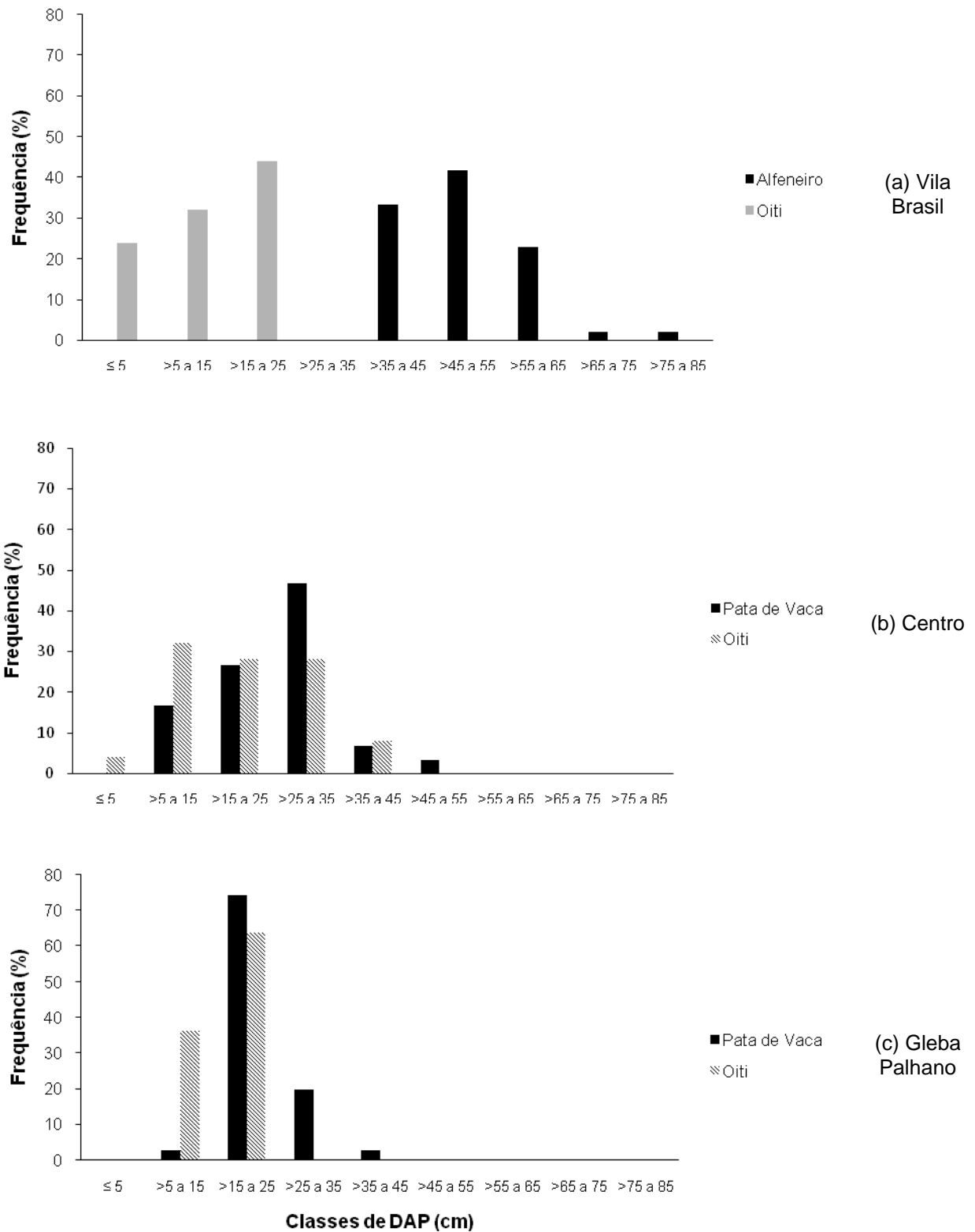


Figura 8 Distribuição de frequência em classes de Diâmetro à Altura do Peito (DAP) para as duas espécies mais abundantes amostradas em três trechos da arborização urbana de Londrina, PR.
 Fonte: Autoria própria.

5.2 ESTIMATIVA DA BIOMASSA E CARBONO

A quantidade total de carbono acumulado na biomassa acima do solo nas árvores amostradas no Centro, independente da equação utilizada (Tabela 4) foi maior que na Vila Brasil e na Gleba Palhano, reflexo do menor número de indivíduos presentes na Vila Brasil (Tabela 4). Já para a Gleba Palhano a quantidade de carbono foi inferior, não só pelo menor número de indivíduos, mas também pela maior parte desses possuírem menores valores de altura e de DAP (Tabela 4, Figuras 4 e 5).

Tabela 4 - Estimativa da quantidade de carbono armazenado na arborização em três trechos amostrados no município de Londrina, PR, através da utilização de quatro equações alométricas.

	ni	Área (ha)	Densidade de árvores (ni/ha)	Carbono Total (ton)				Carbono Total (ton.ha ⁻¹)			
				EQ.1	EQ.2	EQ.3	EQ.4 ^a	EQ.1	EQ.2	EQ.3	EQ.4 ^a
Centro	252	13,8	18,2	115,4	38,4	70,4	15,1	8,4	2,8	5,1	1,1
Vila Brasil	223	11,5	19,4	86,9	28,3	52,9	10,5	7,6	2,5	4,6	0,9
Gleba Palhano	179	18,7	9,6	21,3	6,8	13,3	4,5	1,1	0,4	0,7	0,2

Fonte: Autoria própria.

Nota: ni: Número de indivíduos. ^a: Quantidade de carbono presente apenas no fuste de todos os indivíduos amostrados com altura limitada até 2,3 m.

As estimativas de carbono obtidas pela EQ.1 foram maiores quando comparadas às outras equações. As estimativas realizadas pela EQ.2 resultaram em valores sempre menores que as equações EQ.1 e EQ.3, uma vez que considera mais variáveis (como a altura e densidade), no seu modelo, reduzindo desta forma a quantidade de carbono obtido (Tabela 4). Uma causa provável é o menor conteúdo de carbono em plantas de menor densidade de madeira, pois para um dado volume, quanto maior for o valor de densidade da madeira, mais biomassa existirá nesse volume, ou seja, mais carbono, pois ele representa 50% da biomassa (BRIANEZI, 2012). A EQ.4 representa a quantidade de carbono presente apenas no fuste (sempre com limitação de altura a 2,3 m), fazendo com que fosse previsível que tais valores fossem sempre menores quando comparados aos das demais equações, as quais representam o carbono para a planta inteira (Tabela 4).

As espécies de grande porte, independente do trecho amostrado e da equação utilizada, tiveram maior capacidade de estoque de carbono.

Comparando as três áreas amostradas, notou-se que a espécie de pequeno porte com maior potencial de retenção de carbono independente da equação utilizada foi a Resedá (ver Tabela 5, 6 e 7). Embora sua densidade seja menor quando comparada ao Hibisco, é preferível utilizá-la, pois possui menos ramificações, não interferindo nas áreas de passeio, necessitando, desta forma, de menos podas. Já a espécie mais eficiente na remoção de carbono de médio porte foi a Pata de Vaca, porém, na Vila Brasil, a Aroeira Salsa obteve maior retenção de carbono, exceto para a EQ.2, devido à menor densidade de sua madeira (ver Tabela 5, 6 e 7).

Tabela 5 - Estimativa da abundância (ni), altura média, DAP médio e quantidade total de Carbono incorporado em biomassa arbórea das principais espécies no trecho amostrado no Centro de Londrina, mediante quatro equações alométricas.

Espécie	ni	Altura (m)	DAP (m)	Carbono Total (kg)			
				EQ.1	EQ.2	EQ.3	EQ.4
Pequeno Porte							
Hibisco	6	2,77 ± 0,60	0,06 ± 0,04	79,44	14,67	51,13	12,36
Murta	26	3,29 ± 0,56	0,08 ± 0,07	917,6	205,82	584,46	156,11
Resedá	5	3,67 ± 1,23	0,14 ± 0,03	215,57	49,25	138,6	41,92
Médio Porte							
Alfeneiro	8	5,40 ± 1,09	0,44 ± 0,07	7753,07	1198,02	4721,26	722,37
Escovinha de Garrafa	8	3,48 ± 0,99	0,09 ± 0,06	248,58	43,21	163,32	40,21
Ipê Amarelo	9	5,30 ± 1,15	0,13 ± 0,05	502,1	179	321,83	106,87
Pata de Vaca	30	5,31 ± 1,11	0,25 ± 0,09	9067,92	2062,16	5595,04	1368,34
Quaresmeira	19	3,49 ± 1,44	0,15 ± 0,04	1020,77	169,29	648,92	152,19
Grande Porte							
Acácia Imperial	8	5,81 ± 1,58	0,26 ± 0,09	2461,51	642,4	1519,07	324,96
Alecrim de Campinas	8	3,79 ± 0,75	0,11 ± 0,09	535,79	148,94	336,97	100,15
Ipê Branco	23	4,33 ± 1,10	0,13 ± 0,07	1590,31	297,15	1003	250,3
Ipê Rosa	18	6,37 ± 2,19	0,25 ± 0,12	5957,7	2882,22	3663,37	1222,62
Jacarandá	6	13,00 ± 2,45	0,65 ± 0,08	13680,1	4966,81	8270,09	1189,08
Oiti	30	5,07 ± 1,65	0,17 ± 0,11	4906,89	1791,71	3042,2	931,9
Sibipiruna	23	11,80 ± 3,53	0,61 ± 0,23	51228,25	23414,74	30943,99	6253,27
Tipuana	10	10,70 ± 2,71	0,48 ± 0,17	13164,01	5492,73	7985,08	1706,57

Fonte: Autoria própria.

Nota: EQ. 1: Brown (1997); EQ. 2: Chave et al. (2005); EQ. 3: Tiepolo et al. (2002, apud VIEIRA et al., 2008); EQ.4: Brianézi (2012).

Tabela 6 – Estimativa da abundância (ni), altura média, DAP médio e quantidade total de Carbono incorporado em biomassa arbórea das principais espécies no trecho amostrado na Vila Brasil em Londrina, mediante quatro equações alométricas.

Espécie	ni	Altura (m)	DAP (m)	Carbono Total (kg)			
				EQ.1	EQ.2	EQ.3	EQ.4
Pequeno Porte							
Cerejeira Branca	6	5,02 ± 1,97	0,09 ± 0,08	242,71	-	154,98	28,14
Hibisco	8	4,08 ± 1,32	0,09 ± 0,03	212,02	60,14	134,34	29,73
Murta	19	4,67 ± 1,16	0,05 ± 0,07	430,93	123,91	273,49	89,98
Resedá	8	4,81 ± 2,20	0,10 ± 0,07	371,72	97,78	235,96	59,68
Médio Porte							
Alfeneiro	36	7,71 ± 1,48	0,43 ± 0,10	33765,28	7590,87	20560,87	3505,69
Aroeira Salsa	6	6,42 ± 1,50	0,31 ± 0,10	2805,92	582,17	1721,55	300,52
Escovinha de Garrafa	9	4,68 ± 1,97	0,04 ± 0,07	154,09	31,38	98,89	21,36
Ipê Amarelo	4	5,83 ± 2,59	0,12 ± 0,13	403	139,04	251,19	64,13
Pata de Vaca	6	7,17 ± 0,93	0,30 ± 0,06	2499,43	682,84	1538,09	347,6
Quaresmeira	13	2,80 ± 1,66	0,04 ± 0,06	159,74	38,98	101,75	47,48
Grande Porte							
Acácia Imperial	2	8,25 ± 0,35	0,21 ± 0,02	318,26	117,7	199,52	71,26
Grevílea	6	15,50 ± 5,58	0,67 ± 0,15	15196,91	6375,15	9178,43	1693,06
Ipê Branco	14	4,96 ± 2,61	0,12 ± 0,11	1296,75	324,41	805,09	138,07
Ipê Rosa	7	8,00 ± 3,38	0,26 ± 0,14	2671,71	1537,87	1638,45	530,53
Jacarandá	2	8,00 ± 2,83	0,13 ± 0,01	90,62	38,34	58,75	18,7
Magnólia Amarela	6	7,75 ± 3,63	0,29 ± 0,15	2829,32	707,8	1733,27	287,06
Oiti	39	4,12 ± 1,86	0,08 ± 0,09	1864,04	719,99	1170,21	404,19
Sibipiruna	5	12,42 ± 4,39	0,60 ± 0,24	12054,1	6519,05	7277,75	1900,3

Fonte: Autoria própria.

Nota: EQ. 1: Brown (1997); EQ. 2: Chave et al. (2005); EQ. 3: Tiepolo et al. (2002, apud VIEIRA et al., 2008); EQ.4: Brianézi (2012).

Como o diâmetro ao final do fuste foi maior que o DAP para alguns indivíduos de Hibisco, Escovinha de Garrafa, Resedá e Quaresmeira, afim de não superestimar a quantidade de carbono presente no fuste, pela EQ. 4, calculou-se o volume utilizando mais uma área seccional, ou seja, uma área ao início do fuste, uma área na altura de 1,3 m (onde é medido o CAP) e a última ao final do fuste.

A Sibipiruna foi a espécie com maior capacidade de retenção de carbono, deve-se frisar também que ela possui uma grande área de sombreamento devido a sua copa frondosa, auxiliando desta maneira a criação de micro climas, servindo assim como um amortecedor climático (Tabela 5 e 6).

Tabela 7 – Estimativa da abundância (ni), altura média, DAP médio e quantidade total de Carbono incorporado em biomassa arbórea das principais espécies no trecho amostrado na Gleba Palhano em Londrina, mediante quatro equações alométricas.

Espécie	Ni	Altura (m)	DAP (m)	Carbono Total (kg)			
				EQ.1	EQ.2	EQ.3	EQ.4
Pequeno Porte							
Hibisco	4	3,25 ± 0,65	0,15 ± 0,01	241,42	47,52	155,18	41,5
Murta	2	3,25 ± 0,35	0,13 ± 0,03	99,72	21,5	64,28	20,21
Médio Porte							
Ipê Amarelo	10	4,70 ± 0,59	0,14 ± 0,03	609,66	185,36	390,57	157,28
Pata de Vaca	35	4,32 ± 0,76	0,23 ± 0,05	7431,88	1334,68	4622,68	1239,78
Quaresmeira	33	3,38 ± 0,90	0,10 ± 0,06	1222,39	207,11	777,04	185,01
Grande Porte							
Acácia Imperial	9	3,15 ± 1,23	0,07 ± 0,05	118,67	16,77	33,5	16,69
Figueira	9	3,11 ± 0,22	0,15 ± 0,06	751,51	65,42	476,97	51,16
Ipê Branco	2	2,90 ± 1,56	0,12 ± 0,02	78,34	12,12	50,9	15,99
Ipê Rosa	16	7,64 ± 3,72	0,23 ± 0,16	5469,56	3110,38	3351,26	1313,59
Oiti	58	4,46 ± 0,74	0,16 ± 0,04	5072,89	1685,58	3213,94	1308,75

Fonte: Autoria própria.

Nota: EQ. 1: Brown (1997); EQ. 2: Chave et al. (2005); EQ. 3: Tiepolo et al. (2002, apud VIEIRA et al., 2008); EQ.4: Brianézi (2012).

O Ipê Branco e a Murta no trecho amostrado no Centro possuem quase a mesma abundância e, embora a densidade da madeira da Murta seja mais elevada, a quantidade de carbono presente no Ipê Branco é 42% maior (Tabela 6), ou seja, o sequestro de carbono será maior nas plantas de maior DAP e Altura.

No Centro, a Acácia Imperial, o Alecrim de Campinas, o Alfeneiro e a Escovinha de Garrafa e na Vila Brasil o Hibisco e o Resedá possuem a mesma abundância, porém quantidades incorporadas de carbono muito diferentes (Tabela 5 e 6), pois quanto maior o DAP e a altura dos indivíduos, mais carbono será incorporado.

A partir das análises realizadas, observou-se que é preferível utilizar espécies de grande porte como a Sibipiruna, pois apenas um indivíduo desta espécie pode chegar a um DAP de mais de 85 cm, com média de 4580,5 kg de carbono (Tabela 8). Este valor é 62% maior que a soma do carbono (1757,83 kg) incorporado por todos os indivíduos de Murta e Hibisco amostrados nos três trechos (Tabela 5, 6 e 7).

Tabela 8 – Estimativa da quantidade de Carbono por indivíduo, para as Sibipirunas amostradas no Centro em diferentes classes de Diâmetro à Altura do Peito (DAP).

Classes de DAP (cm)	ni	Quantidade Total de Carbono (kg.Arvore ⁻¹)			
		EQ.1	EQ.2	EQ.3	EQ.4
≤ 5					
>5 a 15	2	59,1 ± 7,8	16,7 ± 1,6	38,0 ± 4,9	14,6 ± 2,0
>15 a 25					
>25 a 35	1	357,0 ± 0,0	105,1 ± 0,0	220,4 ± 0,0	53,0 ± 0,0
>35 a 45	2	844,2 ± 133,4	355,0 ± 139,2	515,0 ± 80,5	124,9 ± 44,4
>45 a 55	4	1144,6 ± 51,0	468,3 ± 103,5	696,0 ± 30,7	145,1 ± 28,7
>55 a 65	2	1874,3 ± 138,0	812,9 ± 403,5	1134,9 ± 82,9	220,1 ± 7,6
>65 a 75	5	2443,0 ± 108,1	1033,8 ± 193,4	1476,3 ± 64,9	288,9 ± 79,2
>75 a 85	3	3400,3 ± 307,0	1595,4 ± 154,5	2050,5 ± 184,0	395,6 ± 78,7
>85	4	4580,5 ± 548,8	2278,0 ± 370,4	2757,7 ± 328,7	567,4 ± 173,0

Fonte: Autoria própria.

A Sibipiruna destacou-se por ser a espécie com maior quantidade de carbono (Tabela 5 e 6) devido ao grande tamanho de seus exemplares. É possível ver na Tabela 8 que ocorre um aumento na quantidade de carbono à medida que se aumenta o Diâmetro à Altura do Peito (DAP) para todas as Sibipirunas amostradas no Centro, sendo um aumento de 77 vezes da primeira classe de DAP para a última, mostrando desta maneira a expectativa de crescimento para os indivíduos mais jovens e a consequente incorporação de carbono. Mcpherson, Nowak e Rowntree (1994) comentam que o armazenamento de carbono realizado por árvores individuais é de até 1.000 vezes maior em árvores grandes do que em pequenas, com taxas 90 vezes maiores de sequestro para grandes indivíduos do que para pequenos, quando saudáveis.

Brun (2012) realizou a cubagem rigorosa dos indivíduos de Sibipiruna em diferentes bairros do município de Maringá-PR, pesando cada componente, como casca, folhas, galhos e fuste. As classes de DAP (Tabela 8) foram separadas de forma semelhante às utilizadas pela autora. No bairro Cidade Alta, Brun (2012) obteve o valor médio de carbono estimado em 823,6 kg.árvore⁻¹ oriundo de 165 indivíduos com predomínio de DAP na classe de DAP de 45 a 55 cm, sendo estes valores pouco inferiores às quantidades estimadas através da EQ.1 para a mesma classe de DAP. Para a média da quantidade de carbono presente apenas no fuste para a classe de

DAP citada anteriormente à autora obteve $99,7 \text{ kg.árvore}^{-1}$, ou seja, inferior a quantidade obtida pela EQ.4 (Tabela 8).

A importância da escolha de espécies para a arborização urbana fica evidente quando se analisa a quantidade de carbono incorporada em espécies de grande porte, como a Sibipiruna e a Grevílea, que possuem o maior tamanho, e conseqüentemente a maior incorporação de carbono na Vila Brasil, sendo duas vezes maior que o Alfeneiro (Tabela 7). Deve-se dar ênfase também ao Jacarandá que, na Vila Brasil, são bem jovens, em comparação aos do Centro, os quais possuem 50 vezes mais carbono incorporado, mostrando o potencial desta espécie em retenção de carbono.

Comparando a incorporação de carbono entre a Acácia Imperial e a Figueira, que possuem a mesma abundância na Gleba Palhano, pode-se observar que a Figueira possui valores maiores de carbono incorporado (Tabela 7). A média de altura obtida pela amostragem das plantas foi praticamente à mesma, mas a Figueira possui o dobro na média de DAP, deve-se ressaltar que a Figueira teve sua altura reduzida por podas (ornamentação), mostrando desta maneira que os indivíduos de Acácia Imperial são mais jovens. Por outro lado, a densidade da madeira da Figueira é quase metade que a da Acácia Imperial, fazendo que no decorrer do crescimento ela tenha uma menor quantidade de carbono e um diâmetro maior, com a mesma idade.

Já a Quaresmeira, com apenas dois indivíduos a menos que a Pata de Vaca possui seis vezes menos carbono estimado pela EQ.1 e 6,5 vezes menos pela EQ.2 (Tabela 7). Esta maior diferença de carbono entre as duas equações deve-se ao valor da densidade da Quaresmeira ser menor do valor da Pata de Vaca. Porém, os valores de DAP da Pata de Vaca são mais que o dobro, justificando, assim, a diferença de carbono estimada pela EQ.1.

No Centro o Oiti teve menor quantidade de carbono que a Pata de Vaca em todas as classes de DAP exceto a de 15 a 25 cm (Tabela 9), devido ao Oiti possuir mais indivíduos próximo ao limite superior nesta classe. Já na Gleba Palhano, o Oiti teve menores valores de carbono em todos os intervalos de DAP avaliados. Na Vila Brasil, não foi possível comparar as duas espécies devido ao maior tamanho dos Alfeneiros, quando comparado aos Oitis, como já citado anteriormente deve-se ao fato do Alfeneiro não ser mais utilizado na arborização (Tabela 9).

Tabela 9 – Estimativa da quantidade média de Carbono por classe de DAP para as duas espécies mais abundantes em cada trecho amostrado do município de Londrina – PR.

DAP (cm)	Quantidade de Carbono (kg)							
	EQ.1	EQ.2	EQ.3	EQ.4	EQ.1	EQ.2	EQ.3	EQ.4
Centro	Oiti				Pata de Vaca			
≤ 5				24,67 ± 21,20				
>5 a 15	29,69 ± 14,77	10,99 ± 5,64	19,33 ± 11,60	8,95 ± 3,80	42,49 ± 20,64	14,23 ± 5,45	27,51 ± 13,06	15,12 ± 6,97
>15 a 25	142,18 ± 37,37	49,29 ± 18,58	89,32 ± 28,88	28,50 ± 7,65	124,54 ± 41,48	38,38 ± 11,06	78,49 ± 25,51	32,70 ± 12,89
>25 a 35	340,78 ± 53,59	127,49 ± ± 23,23	210,51 ± ± 37,33	66,66 ± 25,66	394,12 ± 82,52	124,12 ± 25,97	242,87 ± 50,07	90,85 ± 21,29
>35 a 45	280,36 ± 82,76	102,81 ± ± 39,21	173,69 ± ± 59,44	52,82 ± 27,69	613,38 ± 43,74	184,02 ± 33,15	375,66 ± 26,44	97,97 ± 12,28
>45 a 55	644,31 ± 0,00	233,12 ± ± 0,00	394,36 ± ± 0,00	97,10 ± 53,92	1114,70 ± 0,00	416,13 ± 0,00	678,05 ± 0,00	114,72 ± 0,00
Gleba Palhano	Oiti				Pata de Vaca			
≤ 5								
>5 a 15	25,83 ± 13,10	69,03 ± 38,96	29,26 ± 13,93	44,82 ± 24,86	9,35 ± 0,00	15,55 ± 0,00	7,20 ± 0,00	10,06 ± 0,00
>15 a 25	56,08 ± 15,00	235,03 ± ± 87,04	74,51 ± 24,61	148,29 ± 53,51	81,61 ± 34,57	316,75 ± 54,84	86,63 ± 17,46	198,60 ± 33,64
>25 a 35					162,74 ± 65,75	767,77 ± 154,69	181,03 ± 59,41	473,34 ± 93,93
>35 a 45					208,40 ± 0,00	1238,38 ± ± 0,00	227,24 ± 0,00	758,36 ± 0,00
Vila Brasil	Oiti				Alfeneiro			
≤ 5	0,41 ± 0,12							
>5 a 15	10,88 ± 4,37	28,10 ± 17,83	14,49 ± 5,87	18,32 ± 11,43				
>15 a 25	28,66 ± 6,33	145,89 ± ± 38,83	54,72 ± 26,61	91,62 ± 23,86				
>25 a 35					47,45 ± 11,44	441,98 ± 85,79	87,89 ± 23,36	271,89 ± 52,06
>35 a 45					77,50 ± 13,09	744,53 ± 127,45	164,46 ± 33,81	454,85 ± 76,92
>45 a 55					122,12 ± 35,15	1249,32 ± ± 133,57	275,58 ± 58,81	759,08 ± 80,40
>55 a 65					218,61 ± 0,00	1571,85 ± ± 0,00	355,81 ± 0,00	953,11 ± 0,00
>65 a 75								
>75 a 85					371,63 ± 0,00	3444,58 ± ± 0,00	957,10 ± 0,00	2077,05 ± ± 0,00

Fonte: Autoria própria.

A amplitude estimada de incorporação de carbono por trecho (de 0,4 a 8,0 ton.ha⁻¹, Tabela 4), assemelha-se à de uma floresta em restauração. Melo e Durigan

(2006), obtiveram a quantidade de carbono com o uso equações alométricas propostas por Brown (1997) chegando ao valor de $29,5 \text{ t.ha}^{-1}$, com densidade arbórea de $1260 \text{ árvores.ha}^{-1}$. No Centro o acumulado é três vezes menor, porém o número de indivíduos é 68 vezes menor, sendo que essa pequena diferença na quantidade incorporada comparada à grande variação da densidade arbórea, deve-se à área estudada pelos autores possuir apenas indivíduos jovens.

Brianézi (2012) realizou o levantamento das árvores visando à determinação do estoque de carbono no Campus-Sede da Universidade Federal de Viçosa – UFV, chegando a $221,24 \text{ kgC.indivíduo}^{-1}$. Este valor é 35% menor comparado ao obtido no presente trabalho pela EQ.1 ($342,20 \text{ kgC.indivíduo}^{-1}$) e praticamente igual ao calculado pela EQ. 3 ($208,86 \text{ kgC.indivíduo}^{-1}$) mostrando desta maneira uma possível super estimativa da EQ.1.

De acordo com a SEMA (2011) o município de Londrina em 2011 possuía uma frota de 288692 veículos e emissão anual de CO_2 de aproximadamente 14192303 ton, ou seja, $49,16 \text{ tonCO}_2.\text{veículo}$. Desta forma a partir dos dados apresentados são necessárias 144 árvores para poder compensar a emissão de apenas um veículo.

Como um dos objetivos do Plano Diretor de Arborização de Londrina é manter a maior densidade arbórea sobre as vias se faz necessária a busca pela determinação de espaços livres e sua ocupação com espécies nativas, de porte variado e adequado a cada local e, sobretudo, buscar implantar áreas verdes que possam comportar espécies de grande porte com maior potencial de incorporação de carbono em biomassa.

6 CONCLUSÃO

A partir do levantamento de dados realizado nos três trechos da arborização urbana de Londrina foram amostrados 654 indivíduos pertencentes a 43 espécies e 24 famílias. Observou-se o predomínio de espécies exóticas (67,4 %), e de plantas de grande porte (51 %). O Oiti foi a espécie nativa mais abundante nos três trechos, com 19,39% do total de indivíduos e a Pata de Vaca a espécie exótica com maior abundância (10,84%).

As áreas mais antigas tanto no Centro como na Vila Brasil possuem indivíduos de maior tamanho como a Sibipiruna, o Jacarandá e a Grevílea, presentes desde a criação destes bairros, que hoje apresentam grande estoque de carbono e que permitem a projeção da capacidade de incorporação de carbono em indivíduos mais jovens.

A EQ.1 proposta por Brown (1997) resultou na maior quantidade de carbono incorporado para um mesmo indivíduo quando comparada as demais equações, provavelmente por causa da equação ser proposta para locais com precipitação entre 1500 mm e 4000 mm e Londrina estar muito próxima do limite inferior. A EQ. 3, embora proposta considerando dados de florestas do Brasil, também foi estabelecida utilizando dados de regiões com clima, precipitação e relevo diferentes dos de Londrina. Dessa forma, se faz necessária uma cubagem rigorosa para avaliar a precisão dessas equações para as árvores do município e para propor uma adequada à região.

As espécies com maior capacidade de incorporação de carbono foram a Sibipiruna ($4580,5 \text{ kg.árvore}^{-1}$) de grande porte, a Pata de Vaca ($267,59 \text{ kg.árvore}^{-1}$) de médio porte e o Resedá ($45,31 \text{ kg.árvore}^{-1}$) de pequeno porte.

Como uma das metas do PDAU de Londrina é utilizar as plantas como sumidouros de carbono e amortecedores climáticos, se faz necessário o aumento da densidade arbórea no município, que pode ser alcançada pela determinação de espaços livres e sua ocupação com espécies nativas, de porte variado e adequado a cada local e, sobretudo, buscar implantar áreas verdes que possam comportar espécies de grande porte com maior potencial de incorporação de carbono em biomassa. Além

da incorporação de carbono, deve-se priorizar espécies de grande porte que possuem copas frondosas que atenuam o desconforto térmico

REFERÊNCIAS

ALVES, A. O. **Expansão urbana de Londrina e tendências a metropolização**. 2005. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Geografia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2005.

BARRETO, L. V.; FREITAS, A. C. S.; PAIVA, L. C. Sequestro de Carbono. Centro Científico Conhecer, **Enciclopédia Biosfera**, N.07, Goiânia 2009.

BARRY, R. G.; CHORLEY, R. J. **Atmosfera, tempo e clima** [Recurso eletrônico]. 9ª. ed. Tradução: Ronaldo Cataldo Costa. Porto Alegre: Bookman, 2013. Disponível em: <http://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=t8LXP791TMIC&oi=fnd&pg=PR2&dq=composi%C3%A7ao+da+atmosfera&ots=QO2V26KWft&sig=SThcHNaNn8U4aIY_yWTscWPGLD0#v=onepage&q=efeito%20estufa&f=false>. Acesso em: 27/05/2014.

BORGES, L.; FARIA, B. M.; ODEBRECHT, C.; ABREU, P. C. Potencial de absorção de carbono por espécies de microalgas usadas na aquicultura: primeiros passos para o desenvolvimento de um “mecanismo de desenvolvimento limpo”. **Atlântica**, Rio Grande, 29(1): 35-46, 2007. Disponível em: <<http://www.repositorio.furg.br:8080/bitstream/handle/1/672/POTENCIAL%20DE%20ABSOR%C3%87%C3%83O%20DE%20CARBONO%20POR%20ESP%C3%89CIES%20DE%20MICROALGAS%20USADAS.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 27/05/2014.

BORSARI, V. **Caracterização das emissões de gases de efeito estufa por veículos automotores leves no Estado de São Paulo**. 2009. 189 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

BRACK, C.L. Pollution mitigation and carbon sequestration by an urban forest. **Environmental Pollution** 116, 2002, S195–S200.

BRIANÉZI, D. M. Sc. **Estocagem e compensação de carbono pelas árvores do campus-sede da Universidade Federal de Viçosa**. 2012. 144 f. Dissertação (Mestrado em Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

BROWN, S. **Estimating biomass and biomass changing of tropical forests: a primer**. FAO Forestry Paper: Rome, 1997. Disponível em: <<http://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=uv-ISEzvitwC&oi=fnd&pg=PA1&dq=METHODS+FOR+ESTIMATING+BIOMASS+DENSITY+FROM+EXISTING+DATA&ots=OBo3Tq6YIO&sig=tjJlQFzO43z8hV-X5XaLHoc4Ckg#v=onepage&q=METHODS%20FOR%20ESTIMATING%20BIOMASS%20DENSITY%20FROM%20EXISTING%20DATA&f=false>>. Acesso em: 31/05/2014.

BRUN, F. G. K. **Avaliação do potencial de estoque de carbono por *Sibipirura (poincianella pluviosa var. peltophoroides (Benth.) L.P. Queiróz*) na arborização viária de Maringá – PR**. 2012. Tese (Doutorado em Ciências) ESALQ/USP – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2012.

CHANG, M. Y. **Sequestro florestal do carbono no Brasil: dimensões políticas, socioeconômicas e ecológicas**. Curitiba, 2004. 276 f. Tese (Doutorado em Meio Ambiental e Desenvolvimento) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

CHAVE, J.; ANDALO, C.; BROWN, S.; CAIRNS, M. A.; CHAMBERS, J. Q.; EAMUS, D.; FÖLSTER, H.; FROMARD, F.; HIGUCHI, N.; KIRA, T.; LESCURE, J.-P.; NELSON, B. W.; OGAWA, H.; PUIG, H.; RIÉRA, B.; YAMAKURA, T. Tree Allometry and Improved Estimation of Carbon Stocks and Balance in Tropical Forests. **Oecologia**, Springer-Verlag, 2005, 145: 87–99.

COSTA, F. P. S. **Evolução urbana e da cobertura vegetal de Piracicaba – SP (1940-2000)**. Dissertação (Mestrado em Agronomia). ESALQ/USP - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2004.

DELESPINASSE, C. F. B.; HASSE, I.; SILVA, L. M.; CAMPESTRINI, F. Cenário da Arborização Urbana nas Maiores Cidades do Estado do Paraná. Soc. Bras. de Arborização Urbana. **REVSBAU**, Piracicaba – SP, v.6, n.3, p.149-171, 2011.

ESTEVES, L. M. **Meio ambiente & botânica**. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2011. (Serie Meio Ambiente; 12)

FERNANDES, S. S. L.; PEREIRA, Z. V.; FRÓES, C. Q.; FIGUEIREDO, F. G.; COSTA, P. F.; PADOVAN, M. P. Dinâmica, Biomassa e Estoque de Carbono de Espécies Arbóreas em um Sistema Agroflorestal sob Bases Agroecológicas em Mato Grosso do Sul. **Cadernos de Agroecologia**. v. 9, n. 4, nov 2014.

GERÊNCIA DE GEOPROCESSAMENTO DA PREFEITURA MUNICIPAL DE LONDRINA. **Cidade de Londrina – Loteamentos**. 2009. Disponível em: <http://www.londrina.pr.gov.br/dados/images/stories/Storage/ippul/mapas/loteamentos_londrina.pdf>. Acesso: 09/05/2015

GOOGLE MAPS. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/@-23.3212795,-51.165122,12z/data=!4m2!5m1!1b1?hl=pt-BR>>. Acesso: 12/03/2015.

LEIS MUNICIPAIS. **Lei Nº 11.996, de 30 de Dezembro de 2013**. Institui o Plano Diretor de Arborização do Município de Londrina. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/pr/l/londrina/lei-ordinaria/2013/1199/11996/lei-ordinaria-n-11996-2013-institui-o-plano-diretor-de-arborizacao-do-municipio-de-londrina>>. Acesso em: 20/07/2015.

LISTA DE ESPÉCIES DA FLORA DO BRASIL. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 28 Out. 2015

LORENZI, H.; **Árvores Brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. v. 1. 5. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008.

LORENZI, H.; **Árvores Brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. v. 2. 3. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2009.

LORENZI, H.; **Árvores Brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. v. 3. 3. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2009.

LORENZI, H.; SOUZA H. M. de; BACHER, L. B.; TORRES, M. A. V. **Árvores Exóticas no Brasil**: Madeiras, Ornamentais e Aromáticas. Nova Odessa: Editora Plantarum, 2003.

LUIZ, J. S.; SANTOS, B. B.; JACOB, A. C.; BIANCO, R.; GUIZILINI, I.; LOBO-FARIA, P. C. Caracterização Da Arborização Urbana De Dois Trechos Periféricos À Região Central De Londrina, PR. **Seminário de Extensão e Inovação da UTFPR – 3º SEI-UTFPR**. Dois Vizinhos. 2013.

MARTINS, O. S. **Determinação do potencial de seqüestro de carbono na recuperação de matas ciliares na região de São Carlos – SP**. 2004. 133f. Tese

(Doutorado em Ciências Biológicas e da Saúde) – Setor de Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

MARTINS, C. R.; PEREIRA, P. A. P.; LOPES, W. A.; ANDRADE, J. B. Ciclos Globais de Carbono, Nitrogênio e Enxofre: a Importância na Química da Atmosfera. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, N° 5 – Novembro 2003. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/05/quimica_da_atmosfera.pdf>. Acesso em: 30/05/2014.

MCPHERSON, E. G.; NOWAK, D. J.; ROWNTREE, R. A. (Ed.). Chicago's Urban Forest Ecosystem: Results of the Chicago Urban Forest Climate Project. **General Technical Report NE-186**. Radnor, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station, 1994.

MCPHERSON, E. G.; ROWNTREE, R.A Using Structural Measures to Compare Twenty-Two U.S. Street Tree Populations. **Landscape Journal**. Minneapolis, MN, v.8, n.1, p.13-23, 1989.

MELO, A. C. G; DURIGAN, G. Fixação de carbono em reflorestamentos de matas ciliares no Vale do Paranapanema, SP, Brasil. **Scientia Forestalis**, n. 71, p. 149-154, 2006.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Efeito Estufa e Aquecimento Global**. 2014. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/ciencia-da-mudanca-do-clima/efeito-estufa-e-aquecimento-global>> Acesso em: 27/05/2014.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Protocolo de Quioto**. 2014. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/protocolo-de-quioto>>. Acesso em: 19/05/2014.

MOLION, L. C. B. Aquecimento Global: Uma Visão Crítica. **Revista Brasileira de Climatologia**. 2008. 7-24.

MOLION, L. C. B. **Considerações Sobre o Aquecimento Global Antropogênico**. Instituto de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Alagoas. Alagoas. Disponível em: <http://www.acquacon.com.br/drenagem/palestras/luizcarlosmolion_artigo.pdf>. Acesso em: 05/07/2014.

MUNDO PNG. Disponível em:<<http://mundopng.blogspot.com.br/2012/09/arvores.html>>. Acesso: 25/11/2015.

MUNEROLI, C. C.; MASCARÓ, J. J. Arborização Urbana: Uso de Espécies Arbóreas Nativas na Captura do Carbono Atmosférico. **Soc. Bras. de Arborização Urbana REVSBAU**, Piracicaba – SP, v.5, n.1, p.160-182, 2010. Disponível em:<http://www.revsbau.esalq.usp.br/artigos_cientificos/artigo107-publicacao.pdf>. Acesso em: 20/05/2014

NICODEMO, M. L. F.; PRIMAVESI, O. **Por que manter árvores na área urbana?** São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2009. Disponível em:<<http://www.cppse.embrapa.br/080servicos/070publicacaogratis/documentos/documentos89.pdf>> Acesso: 28/06/2014.

NICOLETTI, M. F. **Comparação de métodos não destrutivos de cubagem de árvores em pé visando à determinação da biomassa.** 2011. 83f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Programa: Recursos Florestais) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP. Piracicaba 2011.

NICOLETTI, M. F.; CARVALHO, S. P. C.; BATISTA, J. L. F. Revisão Bibliográfica Sobre Métodos Não-Destrutivos de Cubagem de Árvores em Pé Visando à Determinação da Biomassa. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal - Re.C.E.F.**, v.20, n.1, ago, 2012.

NOBRE, C. A. Mudanças climáticas globais: possíveis impactos nos ecossistemas do país. **Parcerias Estratégicas**, n. 12 - Setembro 2001 Disponível em:<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/mudancasclimaticas/proclima.../file/publicacoes/impactos_vulnerabilidade/portugues/impactos_ecossistemas_cnobre.pdf>. Acesso em: 15/02/2014.

NOBRE, P. Aquecimento global, oceanos & sociedade. **INTERFACEHS** – Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente - v.3, n.1, Artigo 1, jan./ abril 2008.

NOWAK, D. J.; HOEHN III, R. E.; CRANE, D. E.; STEVENS, J. C.; WALTON, J. T. Forest Service’s Northern Research Station at Syracuse, NY. Assessing Urban Forest: Effects and Values. **Northern Research Station Resource Bulletin NRS-9**, Feb. 2007.

OHSE, S.; DERNER, R. B.; OZERIO, R. A.; CUNHA, P. C. R.; LAMARCA, C. P.; SANTOS, M. E.; MENDES, L. B. B.; Revisão: Sequestro de Carbono Realizado Por Microalgas e Florestas e a Capacidade de Produção de Lipídios Pelas microalgas. INSULA nº36, p.39-74. FLORIANÓPOLIS. 2007.

ONÇA, D. S. Metáfora do Efeito Estufa. In: **IX Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 9, n. 8, 2013, p. 132-136. Disponível em: <http://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum_ambiental/article/view/470/496>. Acesso em: 27/05/2014.

ONU – Organização das Nações Unidas. **Emissões de gases de efeito estufa aumentaram 20% desde 2000**. 21 de novembro de 2012. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/emissoes-de-gases-de-efeito-estufa-aumentaram-20-desde-2000/>>. Acesso em: 27/05/2014.

ONU – Organização das Nações Unidas. **‘O tempo está acabando’, alerta ONU diante de novo recorde nas emissões de CO₂ no hemisfério norte**. 27 de maio de 2014. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/o-tempo-esta-acabando-alerta-onu-diante-de-novo-recorde-nas-emissoes-de-co2-no-hemisferio-norte/>>. Acesso em: 27/05/2014.

POLIDORO, M.; LOLLO, J.A. de; BARROS, M. V. F. Impactos Decorrentes do Sprawl Urbano em Londrina – Pr. **Tempo - Técnica – Território**, UNB, v.2, n.1, 2011, 1:24

PORTAL BRASIL. **Protocolo de Quioto**. 2010. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2010/11/protocolo-de-quioto>>. Acesso em: 19/05/2014.

PREFEITURA DE LONDRINA. **Mapas Temáticos**. Disponível em: <http://www.londrina.pr.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=587&Itemid=705>. Acesso em 07/05/2015.

PREFEITURA DE LONDRINA. **Dados Geográficos**. 2014. Disponível em: <http://www.londrina.pr.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=40&Itemid=58>. Acesso em: 26/05/2014.

PREFEITURA DE LONDRINA. **Projeto de Lei Nº 233/2010**. Institui o Plano Diretor de Arborização do Município de Londrina. 2010. Disponível em <http://www.londrina.pr.gov.br/dados/images/stories/Storage/consemma/eventos/projeto_de_lei_233_2010_plano_diretor_de_arborizacao.pdf>. Acesso em:20/07/2014

RAMOS, M. A. B.; VIANA, S.; ESPÍRITO SANTO, E. B. do - Mudanças Climáticas. In: SILVA, C. R. da. **Geodiversidade do Brasil**. Conhecer o passado para entender o presente e prever o futuro. Departamento de Gestão Territorial. CPRM – Serviço Geológico do Brasil, Rio de Janeiro, Brasil, 2008.

ROCHA, M. T. Mudanças Climáticas e Mercado de Carbono. In: SANQUETTA, C. R.; BALBINOT, R.; ZILLIOTTO, M. A. **Fixação de Carbono**: Atualidades, Projetos e Pesquisas. Curitiba, Brasil: 2004. p.39-54

SANQUETTA, C. R.; BALBINOT, R.; ZILLIOTTO, M. A. B.(Ed.).-**Fixação de carbono**: Atualidades, projetos e pesquisas. Curitiba: UFPR/Laboratório de Inventário Florestal: Instituto Ecoplan: PELD, 2004.

SCHUCH, M. I. S. Arborização urbana: uma contribuição à qualidade de vida com uso de Geotecnologias. 2006. Dissertação (Pós-Graduação em Geomática). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

SCOLARI, G. O. **Biomassa de espécies arbóreas nativas em reflorestamentos no Norte do Paraná, Brasil**. 2011. 59 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011.

SEIFFERT, M. E. B. **Mercado de Carbono e Protocolo de Quioto**: Oportunidades de Negócio na Busca da Sustentabilidade. São Paulo: Atlas, 2009.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS – SEMA **Plano de Controle de Poluição Veicular – PCPV**. Governo do Estado do Paraná. 2011.

SOLOMON, S., D. QIN, M. MANNING, Z. CHEN, M. MARQUIS, K.B. AVERYT, M. TIGNOR AND H.L. MILLER (Ed.). **Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**., Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007. In: IPCC – Intergovernmental Panel of Climate Change. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Disponível em:

<http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_wg1_report_the_physical_science_basis.htm>. Acesso em: 01/07/2014.

SOUZA, A.L.; SOARES, C. P. B. **Florestas nativas**: estrutura, dinâmica e manejo. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2013.

VELASCO, G. D. N.; HIGUCHI, N. Estimativa de seqüestro de carbono em mata ciliar: projeto POMAR, São Paulo (SP). **Ambiência Guarapuava**, v.5 n.1 p.135 -141 Jan./Abr. 2009

VIEIRA, S.A. et al. Estimation of biomass and carbon stocks: the case of the Atlantic Forest, **Biota Neotrop**, 2008, 8(2): 21-29.

APÊNDICE B – Ilustração de algumas espécies amostradas na arborização urbana de Londrina.



Murta



Hibisco



Resedá



Cerejeira Branca

Principais espécies de pequeno porte amostradas nos três trechos da arborização urbana de Londrina.

Fonte: Autoria própria.



Alfeneiro



Aroeira Salsa



Escovinha de Garrafa



Ipê Amarelo



Pata de Vaca



Quaresmeira

Principais espécies de médio porte amostradas nos três trechos da arborização urbana de Londrina.

Fonte: Autoria própria.



Acácia Imperial



Alecrim de Campinas



Figueira



Grevilea



Ipê Branco



Ipê Rosa



Jacarandá



Magnólia Amarela



Oiti



Tipuana



Sibipiruna

Principais espécies de grande porte amostradas nos três trechos da arborização urbana de Londrina.

Fonte: Autoria própria.