



## DINÂMICA DA BIOMASSA E DO CARBONO EM FRAGMENTO URBANO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA

---

Tauane Garcia Barreto<sup>1</sup>, Ana Paula Dalla Corte<sup>2</sup>, Francelo Mognon<sup>3</sup>, Aurélio Lourenço Rodrigues<sup>3</sup>, Carlos Roberto Sanquetta<sup>2</sup>

1. Mestranda em Engenharia Florestal na Universidade Federal do Paraná.  
(tauanebiologia@gmail.com).
2. Professor (a) Doutor (a) da Universidade Federal do Paraná.
3. Doutorando em Engenharia Florestal na Universidade Federal do Paraná.

Recebido em: 12/04/2014 – Aprovado em: 27/05/2014 – Publicado em: 01/07/2014

---

### RESUMO

O presente estudo teve como objetivo avaliar a dinâmica de biomassa e carbono em um fragmento urbano de Floresta Ombrófila Mista, durante um período de cinco anos. Para tal foram utilizados dados de inventários florestais contínuos advindos de uma parcela permanente de 100x100 m (1 ha), dividida em sub-parcelas de 20x20 m (400m<sup>2</sup>), localizada em Curitiba/PR. Por meio desses dados foi possível estimar o volume, biomassa, teor médio de carbono e CO<sub>2</sub> equivalente para a parcela, bem como para as espécies mais expressivas em termos de frequência. Os resultados das estimativas da biomassa total arbórea acima do solo apresentaram valores de 236,60 t.ha<sup>-1</sup> em 2009, aumentado em 2013 para 257,25 t.ha<sup>-1</sup>, sendo o seu incremento médio anual (IMA) de 5,16 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>. Para o carbono pode-se obter 97,19 e 105,65 t.ha<sup>-1</sup> para 2009 e 2013 respectivamente, com IMA de 2,11 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>. Conclui-se que este fragmento urbano, por estar em estágio de sucessão avançado, apresenta baixa capacidade em fixar carbono. No entanto, é importante seu papel como sumidouro, em função do grande estoque de carbono existente em sua biomassa.

**PALAVRAS-CHAVE:** Crescimento, Floresta Ombrófila Mista, remanescente.

### DYNAMICS OF BIOMASS AND CARBON IN URBAN SHRED OF ARAUCARIA FOREST

#### ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the dynamics of biomass and carbon in an urban fragment of Araucaria Forest, over a period of 5 years. For this we used data from continuous forest inventory arising from a permanent plot of 100x100 m (1 ha), divided into sub-plots of 20x20 m (400m<sup>2</sup>), located in Curitiba/PR. By means of the data it was possible to estimate the volume, biomass, carbon and CO<sub>2</sub> equivalent to the whole portion as well as the two most significant in frequency. The results of the estimates of the total biomass tree above ground showed values of 236.60 t ha<sup>-1</sup> in 2009, increased in 2013 to 257.25 t ha<sup>-1</sup>, and its mean annual increment (MAI) of

5.16 t.ha<sup>1</sup>.ano<sup>-1</sup>. For carbon can be obtained 97.19 t ha<sup>-1</sup> and 105.65 in 2009 and 2013 respectively, IMA 2.11 t.ha<sup>1</sup>.ano<sup>-1</sup>. We conclude that this fragment urban, to be in advanced stage of succession has low capacity to fix carbon. However, it's important role as a sink, due to the large stock of existing carbon in their biomass.

**KEYWORDS:** Growth, Araucaria Forest, remaining.

## INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas constituem-se em uma ameaça em longo prazo para os ecossistemas e possivelmente para a população. Tais alterações se devem a maior concentração de certos gases na atmosfera, como por exemplo, o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), que tendem a provocar o aumento da temperatura média do planeta ocasionando o efeito estufa (UNFCCC, 2013).

Em virtude disso, foram realizados eventos internacionais, como a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, criada em 1992, que requereu dos países membros a realização de inventários periódicos de emissões de gases gerados por atividades agrícolas, industriais e urbanas (FIDALGO et al., 2007). Posteriormente, a Conferência das Partes realizada em Quioto no ano de 1997, destacou-se também como uma das mais importantes por estabelecer um acordo de metas definidas para a redução da emissão de gases de efeito estufa (GEE) para os países compromissados em reduzir suas emissões, além de critérios e diretrizes para a utilização dos mecanismos de mercado. Este acordo ficou conhecido como Protocolo de Quioto e instituiu que os países industrializados reduzissem suas emissões em 5,2% abaixo dos níveis observados em 1990 entre 2008 a 2012, em seu primeiro período de compromisso (UNFCCC, 2001).

Em seguida, foram criadas propostas de mecanismos internacionais que podem contribuir para estabilizar os níveis de emissões de GEE estabelecidos. Pode citar-se como exemplo o mecanismo REDD (*Reduced Emissions from Deforestation and Forest Degradation*), ou Redução de Emissões pelo Desmatamento e Degradação Florestal, que visa criar valores econômicos para a floresta em pé, ou para o desmatamento evitado (BADR & MATTOS, 2010). Diferentemente do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - MDL, que não inclui as florestas naturais remanescentes, o REDD vai além do Protocolo de Quioto quando propõe compensações financeiras aos proprietários de florestas naturais, que se prontificam a proteger suas florestas. Logo, o REDD é uma proposta criada para evitar a emissão de carbono, a qual pode vir a representar um dos mais promissores caminhos para a proteção da biodiversidade (PADUA, 2008).

De acordo com CHANG (2002), as formas de mitigar o carbono florestal emitido podem ser basicamente classificadas em três tipos: preservação do estoque de carbono nas florestas já existentes através de ação protetora; aumento do estoque de carbono florestal por meio de uma ação combinada de práticas de manejo florestal sustentável, regeneração florestal e reflorestamento em áreas degradadas, ou introdução de atividades agroflorestais em áreas de agricultura; e substituição de combustíveis fósseis por produtos de biomassa de origem vegetal de forma sustentável. Logo, para tentar minimizar as concentrações de carbono emitidas, a ampliação das áreas florestais visando fixar carbono na forma de biomassa vegetal é recomendada.

As florestas proporcionam diversos serviços ambientais, sendo o armazenamento de carbono considerado como um dos principais (SANQUETTA et

al., 2011). Elas possuem importância significativa no equilíbrio do ciclo do carbono, pois estocam grande quantidade de carbono fixado na biomassa tanto a acima como abaixo do solo (RATUCHNE, 2010). Em virtude disso, vários trabalhos científicos têm sido desenvolvidos com a finalidade de quantificar os reservatórios de carbono e entender os fatores que controlam a dinâmica dos mesmos.

Uma das maneiras de se conhecer o estoque de carbono das florestas é por meio da determinação da biomassa (método direto) e desenvolvimento de modelos matemáticos para sua estimativa (método indireto). Os modelos matemáticos, nesse caso, têm por objetivo estimar a biomassa e o carbono das árvores utilizando variáveis de fácil obtenção, a exemplo do DAP (diâmetro a altura do peito) e altura, sem que haja a necessidade de se recorrer a métodos diretos como o corte e a pesagem total das árvores (MOGNON, 2011). WALKER et al. (2011) afirmam que as limitações associadas com métodos diretos têm levado muitos pesquisadores a desenvolver relações matemáticas, comumente referidas como equações alométricas, as quais associam a biomassa acima do solo de árvores a outros atributos de fácil mensuração em campo.

Levando em conta que os remanescentes da Floresta Ombrófila Mista presentes no Paraná são muito importantes, do ponto de vista florestal e ambiental, trabalhos com o intuito de elucidar a dinâmica destes fragmentos florestais, bem como quantificar a biomassa, o carbono e os nutrientes têm sido desenvolvidos, sendo alguns destes citados por RATUCHNE (2010).

De uma forma específica, a conservação destes remanescentes em áreas urbanas tem encontrado sérias barreiras por conta das pressões do processo de urbanização, com a tendência de ocupar todos os espaços. SANQUETTA (2013) afirma que a cobertura florestal natural do Paraná representa 18%, sendo cerca de 10% com florestas bem conservadas. Já a área total revestida por Floresta Ombrófila Mista é de aproximadamente 2,7 milhões de hectares, correspondendo a 24%. Isto quer dizer que cerca de  $\frac{1}{4}$  da área da Floresta de Araucária é representada por remanescentes atualmente.

Particularmente, o município de Curitiba possui remanescentes significativos de Floresta Ombrófila Mista, alguns abrigados em áreas protegidas públicas e outros em áreas particulares (RIBEIRO et al., 2013), e tem se destacado em função de seu planejamento focado nas questões ambientais, o que se traduz, dentre outros aspectos, em elevados índices de áreas verdes por habitante (IPPUC, 2004). De acordo com MIGUEZ (2001), Curitiba apresenta 51,5 m<sup>2</sup> de fragmentos florestais por habitante, considerada uma das melhores médias do país, embora o processo de fragmentação florestal apresente tendência de aumento nas regiões economicamente mais desenvolvidas do país, especialmente no Sul e Sudeste do país (OLIVEIRA, 2007).

Considerando o exposto, atualmente as mudanças climáticas estão atreladas ao cenário florestal, necessitando-se aprimorar ou desenvolver novas técnicas de quantificação desses serviços ambientais, assim como sua real valoração econômica, além de desenvolver e/ou aperfeiçoar mecanismos de compensação ambiental para que os proprietários de áreas com remanescentes florestais possam ser beneficiados por práticas conservacionistas (SANQUETTA et al., 2011).

Desta forma, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a dinâmica em biomassa e carbono do componente arbóreo acima do solo em remanescente urbano de Floresta Ombrófila Mista (FOM) localizado em Curitiba - PR, durante um período de cinco anos.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Caracterização da área de estudo

O local de estudo pertence ao Departamento de Polícia Federal do Estado do Paraná, localizada na Superintendência Regional de Polícia Federal no bairro Santa Cândida, Curitiba/PR. Esse local contribui para o Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração – PELD Sitio 9, e tem sua área inventariada continuamente desde 2009.

Trata-se de um fragmento florestal urbano, com 1,4ha de área total e está situada nas coordenadas 25°22'35,04" Latitude Sul e 49°13'48" Longitude Oeste, a altitude regional gravita em torno de 800 metros s.n.m (Figura 1).



**FIGURA 1.** Localização da área de estudo, no município de Curitiba/PR.

**Fonte:** Os autores.

O clima da região de Curitiba é caracterizado como temperado (ou subtropical) úmido, mesotérmico, sem estação seca, pertencente ao tipo Cfb segundo a classificação de Köppen. Possui verões frescos e invernos rigorosos com geadas frequentes, com as temperaturas médias anuais nos meses quentes e frios inferiores a 22 e 18°C, respectivamente, e a temperatura média anual é de 17°C. (IPPUC, 2004).

De acordo com EMBRAPA (1984), a maior parte da área da região metropolitana de Curitiba, (87,5 %), é constituída por Cambissolo (60 %), Latossolo (17 %) e solos orgânicos (10,5 %). Contudo, não se tem conhecimento sobre a classificação pedológica na área de estudo.

O fragmento possui tipologia vegetal classificada como Floresta Ombrófila Mista. De acordo com dados da SMMA (2012), o bairro Santa Cândida no qual está inserido, contribui com 3,80% da área verde total de Curitiba, sendo que esta cidade, até o ano de 2010, possuía mais de 77 milhões de metros quadrados de vegetação

nativa e de porte arbóreo, distribuídos entre áreas particulares e bosques públicos (SMMA, 2010).

### **Amostragem e processamento dos dados**

O método de amostragem utilizado para o inventário florestal neste fragmento florestal foi o mesmo descrito por MOGNON et al., (2010), em estudos na mesma área. Foi instituída por estes pesquisadores, uma parcela fixa, com a metragem de 100 x 100 metros, totalizando 10.000 m<sup>2</sup> (1 ha). Esta parcela foi dividida em 25 sub-parcelas com dimensões de 20 x 20m (400 m<sup>2</sup>), delimitadas com canos de PVC (Poli Cloreto de Vinila).

A coleta de dados da parcela visou mensurar os atributos dendrométricos e florísticos do fragmento, por meio de um inventário contínuo da área, utilizando uma base de dados de 2009 a 2013.

A variável dendrométrica mensurada foi o perímetro à altura do peito (PAP - 1,3 m de altura), de todos os indivíduos com PAP superior a 31,4 centímetros, ou seja, DAP (diâmetro à altura do peito – 1,3 m de altura do solo) maior que 10 centímetros. Os indivíduos encontrados foram identificados em nível de espécie e família botânica. Contudo, para as espécies que por ventura não foram identificadas em campo, tiveram o seu material comparado ao acervo do EFC – Herbário Escola de Florestas de Curitiba (Centro de Ciências Florestais e da Madeira/UFPR), por meio de exsicatas.

Para a análise dos dados e representação gráfica dos resultados, empregou-se o software Microsoft Excel 2007, enquanto que para o cálculo dos descritores fitossociológicos (Densidade, Dominância, Frequência, Valor de Importância e Índice de Diversidade de Shannon-Weaver), bem como as variáveis dendrométricas, foi utilizado o software FlorExel, desenvolvido pelo Prof. Dr. Julio Eduardo Arce - UFPR.

### **Variáveis dendrométricas e florísticas**

O processamento fitossociológico constituiu na avaliação de variáveis estruturais do fragmento, segundo estudos feitos por CURTIS & MCINTOSH (1951), através de cálculos referentes às seguintes variáveis: Densidade absoluta e relativa, Dominância absoluta e relativa, Frequência absoluta e relativa, Índice de importância (IVI) e Índice de Diversidade de Shannon-Weaver.

#### *Densidade*

Também conhecida como abundância, foi descrita como sendo o número de indivíduos pertencentes a uma determinada espécie. Já a densidade relativa referiu-se à participação em porcentagem de cada espécie, considerando o número total de indivíduos levantados na amostragem igual a 100%, segundo a equação (1):

$$DA_i = \frac{n_i}{A}; DR_i = \frac{DA_i}{DT} \times 100; DT = \frac{N}{A} \quad (1)$$

Onde:

$DA_i$  = densidade absoluta da i-ésima espécie, em número de indivíduos por hectare;  $n_i$  = número de indivíduos da i-ésima espécie na amostragem;  $N$  = número total de indivíduos amostrados;  $A$  = área total amostrada, em hectare;  $DR_i$  =

densidade relativa (%) da *i*-ésima espécie;  $DT$  = densidade total, em número de indivíduos por hectare.

### *Dominância*

Refere-se à soma dos valores da área basal dos indivíduos pertencentes a uma determinada espécie. A dominância relativa trata-se do produto da dominância absoluta pela dominância total em  $m^2/ha$ , expressa em porcentagem, conforme a equação (2):

$$DoA_i = \frac{AB_i}{A}; DoR = \frac{DoA}{DoT} \times 100; DoT = \frac{ABT}{A}; ABT = \sum_{i=1}^s AB_i \quad (2)$$

Onde:

$DoA_i$  = dominância absoluta da *i*-ésima espécie, em  $m^2/ha$ ;  $AB_i$  = área basal da *i*-ésima espécie, em  $m^2$ , na área amostrada;  $A$  = área amostrada, em hectare;  $DoR_i$  = dominância relativa (%) da *i*-ésima espécie;  $DoT$  = dominância total, em  $m^2/ha$  (soma das dominâncias de todas as espécies).

### *Frequência*

É exposta como a regularidade da distribuição espacial de cada espécie sobre uma determinada área, ou seja, sua dispersão média. Está baseada no produto da frequência absoluta de cada espécie pela soma total das frequências absolutas de uma determinada unidade amostral, expressa em porcentagem, de acordo com a equação (3):

$$FA_i = \left( \frac{u_i}{u_t} \right) \times 100 \text{ e } FR_i = \left( \frac{FA_i}{\sum_{i=1}^P FA_i} \right) \times 100 \quad (3)$$

Onde:

$FA_i$  = frequência absoluta da *i*-ésima espécie na comunidade vegetal;  $FR_i$  = frequência relativa da *i*-ésima espécie na comunidade vegetal;  $u_i$  = número de unidades amostrais em que a *i*-ésima espécie ocorre;  $u_t$  = número total de unidades amostrais;  $P$  = número de espécies amostradas.

### *Índice de Valor de Importância (IVI)*

Este índice resultante da soma da dominância com a densidade e a frequência, todas relativas, expressando assim o valor de importância de cada espécie em relação à composição estrutural de toda a floresta, conforme a equação (4):

$$IVI_i = DR_i + DoR_i + FR_i \text{ e } IVI_i(\%) = \frac{IVI_i}{3} \quad (4)$$

Onde:

$IVI_i$  = índice de valor de importância;  $DR_i$  = densidade relativa (%) da i-ésima espécie;  $DoR_i$  = dominância relativa (%) da i-ésima espécie;  $FR_i$  = frequência relativa da i-ésima espécie na comunidade vegetal.

#### *Índice de Diversidade de Shannon-Weaver*

Com relação à diversidade do fragmento, MAGURRAN (1988) afirmou que pode ser medida pelo número de espécies, pela descrição da distribuição da abundância relativa das espécies, ou por uma combinação desses dois componentes. Este indicativo segue o princípio descrito por RODE et al., (2009), quanto mais espécies existirem e mais homogênea for sua distribuição, maior será a diversidade, e, portanto, maior o valor do índice. Utilizou-se a fórmula (5):

$$H' = - \sum \frac{ni}{N} \times \ln \frac{ni}{N} \quad (5)$$

Onde:

$H'$  = índice de Shannon-Weaver;  $ni$  = número de indivíduos amostrados para a espécie  $i$ ;  $N$  = número total de indivíduos amostrados.

Quanto às variáveis dendrométricas do fragmento, a partir dos valores de DAP obtidos para cada indivíduo, pode-se calcular a altura (total, média e dominante), área basal e volume.

Para o cálculo da altura, em análise da estrutura vertical do fragmento estudado, aplicou-se um modelo matemático que expressa a relação hipsométrica descrito por PIZATTO (1999), conforme o modelo (6):

$$HT = (\beta_0 + \beta_1 DAP + \beta_2 DAP^2) / DAP \quad (6)$$

Onde:

$HT$  = Altura total da árvore, em metros;  $DAP$  = diâmetro a 1,30 metro do solo;  $\beta_0$ ,  $\beta_1$  e  $\beta_2$  = Coeficientes do modelo apresentados na Tabela 1.

E a partir da altura calculada, pode-se estimar o volume de madeira por indivíduo, na qual empregou-se a integral do polinômio de 5º grau, ajustado também por PIZATTO (1999), e exposto por SANQUETTA et al. (2010), conforme o modelo (7):

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 + \beta_5 x_5 \quad (7)$$

Onde:

$y = Di/DAP$ ;  $DAP$  = diâmetro a 1,30 metro do solo;  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\beta_3$ ,  $\beta_4$ ,  $\beta_5$  = Coeficientes do modelo apresentados na Tabela 1.

Em ambos, foram utilizados os coeficientes ajustados diferenciados, sendo prezada separadamente a altura e volume da espécie *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (pinheiro-do-paraná) das demais espécies arbóreas (Tabela 1).

Conforme PIZATTO (1999), as coníferas comparativamente as folhosas em

geral, possuem um comportamento diferenciado quanto a sua altura, motivo que trouxe a necessidade de um coeficiente de ajuste diferenciado para o Pinheiro do Paraná em seu modelo hipsométrico e volumétrico.

**TABELA 1.** Coeficientes ajustados para o modelo hipsométrico e volumétrico.

Coeficiente	Hipsométrico		Volumétrico	
	Coníferas	Folhosas	Coníferas	Folhosas
$\beta_0$	-56,2432	-79,853	1,2176	1,2000
$\beta_1$	20,0058	20,0058	-3,8008	-1,5093
$\beta_2$	0,112721	0,113487	17,367	3,1739
$\beta_3$			-44,688	0,5433
$\beta_4$			54,559	-8,9023
$\beta_5$			-24,7	4,8832

Fonte: PIZATTO (1999).

#### Estimativa de Biomassa e Carbono

A estimativa da biomassa aérea do fragmento ocorreu por meio do método indireto, utilizando a regressão, na qual foi aplicada a equação ajustada por RATUCHNE (2010) para Floresta Ombrófila Mista (8):

$$P = -3,025 \times \text{DAP} + 0,425 \times \text{DAP}^2 + 0,006 \times (\text{DAP}^2 \times \text{HT}) \quad (8)$$

Onde:

P = biomassa (kg); a, b, c = coeficientes estimados por regressão; DAP = diâmetro à altura do peito (cm); HT = altura total (m).

No cálculo anual da biomassa total arbórea acima do solo, foram incluídos todos os indivíduos vivos existentes nas parcelas. Os indivíduos mortos constatados no ano de medição também foram incluídos, ou seja, depois de constatada a mortalidade do indivíduo, a sua biomassa foi computada apenas no seu ano de mortalidade, não sendo utilizada posteriormente. O mesmo procedimento utilizado no cálculo anual da biomassa foi adotado para o cálculo anual do carbono total arbóreo acima do solo.

Para a estimativa dos estoques de carbono presentes na biomassa arbórea, utilizou-se os teores médios de carbono, descritos no trabalho de WATZLAWICK et al., (2004), que expressam os teores de carbono em diferentes compartimentos para diversas espécies da Floresta Ombrófila Mista Montana em General Carneiro/PR (Tabela 2). Para as espécies não citadas no trabalho mencionado, foram utilizados teores médios.



**TABELA 2.** Teores de carbono utilizados para cada espécie florestal.

Nome científico	Teor de C
<i>Matayba elaeagnoides</i>	0,4146
<i>Nectandra megapotamica</i>	0,3984
<i>Ocotea puberula</i>	0,4306
<i>Ilex paraguariensis</i>	0,4157
<i>Araucaria angustifolia</i>	0,4167
<i>Clethra scabra</i>	0,4128
<i>Styrax leprosus</i>	0,4094
<i>Prunus brasiliensis</i>	0,4284
<i>Sebastiania commersoniana</i>	0,3903
<i>Casearia decandra</i>	0,4002
<i>Sapium glandulatum</i>	0,3819
<i>Allophylus edulis</i>	0,3927
<i>Schinus terebinthifolius</i>	0,3954
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	0,3906
<i>Ilex dumosa</i>	0,4089
<i>Lithraea brasiliensis</i>	0,4036
<i>Cupania vernalis</i>	0,4070
Teor médio das espécies arbóreas da FOMM	0,4091

**Fonte:** WATZLAWICK et al. (2004).

Logo, pela multiplicação do valor de biomassa estimado, de cada indivíduo, pelo seu respectivo teor de carbono pôde-se estimar o estoque de carbono por espécie e para o total da área.

Na obtenção da estimativa de CO<sub>2</sub> equivalente, segundo BALBINOT (2004), foi realizada a multiplicação do peso atômico do carbono por 3,6667, que é o fator de conversão dos pesos atômicos da molécula de C (peso atômico 12) para a de CO<sub>2</sub> (peso atômico 44), que é o gás sobre o qual é valorado o serviço da floresta de fixar carbono e que deve servir de base para os cálculos do fluxo de caixa para um possível projeto.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Condição estrutural do fragmento

Por meio do inventário florestal realizado no fragmento urbano em questão, foram encontrados 1.020 indivíduos para o ano de 2009, sendo estes classificados em 54 espécies e pertencentes a 31 famílias botânicas. Dentre as espécies levantadas, as mais expressivas em número de indivíduos nesse ano foram *Matayba elaeagnoides* Radlk. (143 ind.), *Jacaranda micrantha* Cham. (134 ind.), *Curitiba prismatica* (D.Legrand) Salywon & Landrum (118 ind.), *Ilex paraguariensis* A.St.-Hil. (53 ind.), *Nectandra megapotamica* Mez (51 ind.), *Ocotea corymbosa* Mez (50 ind.), *Casearia sylvestris* Sw. (44 ind.), *Clethra scabra* Pers. (37 ind.), *Maytenus aleternoide* Reiss. (36 ind.). A família mais representativa foi a Myrtaceae com oito espécies e a família com maior número de indivíduos foi a Sapindaceae representada pela espécie *Matayba elaeagnoides* (miguel pintado).

Em relação ao ano de 2013, o número de indivíduos aumentou para 1.028,

com o acréscimo de duas novas espécies (*Symplocos uniflora* (Pohl) Benth. e *Xylosma pseudosalzmanii* Sleumer), elevando o número de espécies neste ano para 56 e distribuídas em 32 famílias. As espécies mais expressivas em número de indivíduos permaneceram no mesmo *ranking* comparado a 2009, contudo, a espécie *Maytenus aleternoides* inverteu sua posição com *Clethra scabra*, apresentando 37 e 35 indivíduos, respectivamente.

Destaca-se também, que a dinâmica da densidade da espécie, *Hovenia dulcis* Thunb. (uva-do-japão), a qual em 2009 existiam cinco indivíduos, tendo sua densidade aumentado para nove em 2013, representa um alerta para a conservação deste fragmento, uma vez que essa espécie é exótica do Brasil e apresenta comportamento invasivo. A ocorrência dessa espécie em Floresta Ombrófila Mista tem se tornado cada vez mais comum, pois os indivíduos apresentam frutificação consistente, regeneração natural intensa por sementes, rápido crescimento e não dispõe de inimigo natural. A fim de comprovar os possíveis efeitos alelopáticos desta espécie exótica sobre outras, ARALDI (2011) e BOENI (2011) em seus estudos verificaram que extratos de *Hovenia dulcis* influenciaram negativamente na germinação das sementes e reduziram o desenvolvimento inicial das espécies *Parapiptadenia rígida* e *Casearia sylvestris* (CALLEGARO et al., 2013).

Comparativamente ao exposto, PIROLI & CHAFFE (2000) em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista no município de Sertão/RS encontraram 55 espécies arbóreo-arbustivas, distribuídas em 44 gêneros e 25 famílias. Dentre as espécies mais abundantes, e que determinam ou caracterizam a fisionomia desta floresta, pode citar-se *Araucaria angustifolia*, *Nectandra megapotamica*, *Matayba elaeagnoides*, *Prunus selowii*, *Allophylus edulis*, *Capsicodendron dinisii*, *Ocotea puberula*, *Ocotea pulchella*, e *Lithraea brasiliensis*, não deixam, todavia, de ser importantes na estrutura da floresta, espécies como *Ilex brevicuspis*, *Lamanonia speciosa* e várias espécies da família Myrtaceae.

A diversidade deste fragmento foi estimada através do Índice de Shannon-Weaver que, para 2009 este índice foi de 3,09, aumentado para 3,12 em 2013. Segundo MARGURRAN (1988) os valores desse índice em geral situam-se entre 1,50 e 3,50 e raramente ultrapassam 4,50. DURIGAN (1999) também afirma que os valores deste índice, em geral situam-se entre 1,50 e 3,50 na Floresta Ombrófila Mista, indicando que o valor encontrado para a área estudada é considerado alto, visto que se trata de um fragmento urbano.

Os parâmetros que expressam a condição florestal do local, em resumo, podem ser observados na Tabela 3.

**TABELA 3.** Variáveis dendrométricas do fragmento nos anos de 2009 e 2013.

Variável	DAP médio	DAP dom	H média	H dom	G	Volume médio
Ano	cm	cm	m	m	m <sup>2</sup> /ha	m <sup>3</sup> /ha
2009	21,2	41,7	17,9	22,6	43,3	591,86
2013	21,7	43,7	18,1	22,9	46,4	675,24

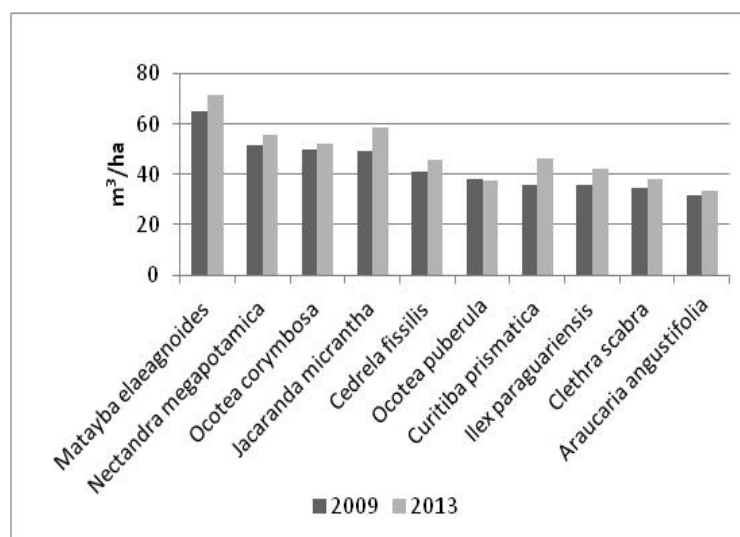
Onde: DAP médio= Diâmetro à altura do peito médio; DAP dom= Diâmetro à altura do peito dominante; H média= altura média; H dom= altura dominante; G= área basal.

Em estudo feito por WEBER et al. (2005) no município de São João do Triunfo/PR em Floresta Ombrófila Mista, obteve-se a área basal da parcela, no primeiro ano analisado, com o valor de 44,99 m<sup>2</sup>/ha e ao final de seu estudo, após

cinco anos, a parcela apresentou um valor de 47,95m<sup>3</sup>/ha, os autores consideraram esses valores bastante elevados para uma floresta que já passou por processos exploratórios no passado. No fragmento urbano estudado, foram obtidos valores de 43,3 e 46,4 m<sup>3</sup>/ha para 2009 e 2013 respectivamente, sendo estes semelhantes ao apresentado pelos autores citados anteriormente.

Quanto à estimativa do volume médio no fragmento, obteve-se 591,86 e 675,24 m<sup>3</sup>/ha nos anos de 2009 e 2013, respectivamente, o que representa um incremento médio anual (IMA) de 20,85 m<sup>3</sup>/ha/ano. Este incremento se deve a variável dominância que apresentou um acréscimo de 0,8 m<sup>2</sup>/ha/ano em 2013. WEBER et al. (2005) expressaram valores de volume para a sua parcela de 524,57 (1997) à 560,99 (2005) m<sup>3</sup>/ha, sendo o valor do seu último ano de estudo inferior ao primeiro ano de análise deste fragmento urbano estudado.

Dentre as espécies contidas no fragmento estudado, foram selecionadas as 10 com maiores valores para o volume estimado (Figura 2).



**FIGURA 2.** Espécies com maior volume estimado no fragmento urbano.

**Fonte:** Os autores.

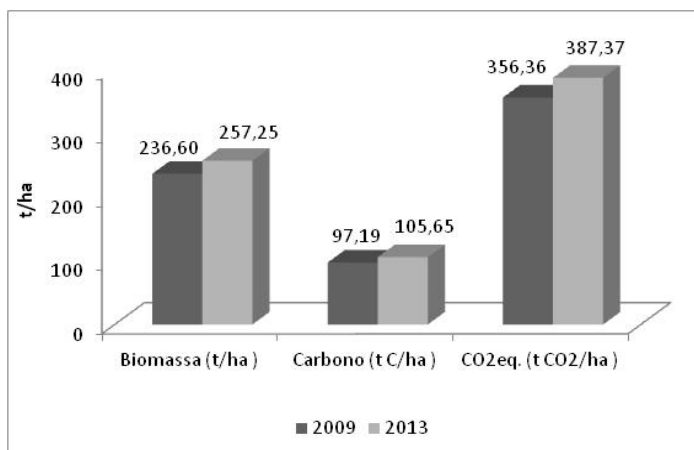
De uma forma geral, o volume possuiu uma tendência de crescimento semelhante entre as espécies do fragmento. Dentre estas, pode citar-se a *Curitiba prismatica*, *Jacaranda micrantha*, *Matayba elaeagnoides* e *Ilex paraguariensis*, as quais representaram 12,6; 11,1; 7,9 e 7,5% do IMA em volume no fragmento estudado.

Cabe destacar também que a espécie *Ocotea puberula* apresentou decréscimo em seu volume para o ano de 2013, por conta da mortalidade de dois indivíduos entre o período estudado. No entanto, esse fato não impediu que a mesma apresentasse volume superior às demais não citadas no gráfico.

### **Biomassa e Carbono**

Os resultados das estimativas da biomassa total arbórea acima do solo apresentaram valores de 236,60t.ha<sup>-1</sup> em 2009, aumentado em 2013 para 257,25 t.ha<sup>-1</sup>, sendo o IMA da biomassa de 5,16 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>. Nas estimativas de carbono e CO<sub>2</sub> equivalente, seguiu-se a mesma tendência dos valores apresentados para a biomassa do fragmento. O carbono e o CO<sub>2</sub> eq. estimados apresentaram IMA de

2,11 e 7,75 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> respectivamente (Figura 3).



**FIGURA 3.** Estimativas de biomassa, carbono e CO<sub>2</sub> eq. para o fragmento urbano estudado.

**Fonte:** Os autores.

No município de General Carneiro/PR, MOGNON et al. (2013) analisando um período de 10 anos em Floresta Ombrófila Mista, encontraram estimativas da biomassa total o valor de 186,75 t.ha<sup>-1</sup>, sendo o incremento periódico anual (IPA) de 0,75 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>. A estimativa de carbono estocado encontrado pelos autores foi em 1999 foi de 74,07 t.ha<sup>-1</sup>, aumentando para 77,53 t.ha<sup>-1</sup> em 2009, resultando em um IPA de 0,31 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>.

WEBER et al. (2005) no município de São João do Triunfo/PR em Floresta Ombrófila Mista, com estágio de sucessão vegetal mais próximo do avançado, revelam estimativas de biomassa na importância de 252,38 t.ha<sup>-1</sup>, bem como um estoque de carbono em torno de 104,32 t.ha<sup>-1</sup>, resultado este semelhante ao obtido neste estudo.

Além disso, WATZLAWICK et al. (2002) realizaram trabalhos também no município de General Carneiro e obtiveram resultados de estoques de biomassa no componente arbóreo em Floresta Ombrófila Mista Montana e em diferentes estágios sucessionais, sendo encontrados valores de 69,37 t.ha<sup>-1</sup> para estágio inicial, 168,84 t.ha<sup>-1</sup> para estágio médio e 397,79 t.ha<sup>-1</sup> para estágio avançado. Com relação ao estoque de carbono, os autores obtiveram 28,84 t.ha<sup>-1</sup>, 70,23 t.ha<sup>-1</sup> e 165,02 t.ha<sup>-1</sup> para os estágios inicial, médio e avançado, respectivamente.

Deste modo, demonstra-se que pela proximidade dos resultados dos estudos realizados em outras áreas com a mesma tipologia florestal, os valores de biomassa e carbono obtidos para este fragmento urbano seguem a tendência expressa em sucessão florestal avançada. Isso explica os valores baixos para IMA em biomassa e carbono, indicando que o fragmento tem a sua importância relacionada ao estoque de carbono atual e não mais a fixação do mesmo.

Em análise das estimativas de carbono e biomassa por espécie para o fragmento em questão, podem-se apresentar as 10 espécies mais representativas com seus respectivos valores para o ano final do período estudado (Tabela 4).

**TABELA 4.** Estimativa de biomassa, carbono e CO<sub>2</sub> equivalente.

Espécie	Biomassa (t/ha)			Carbono (t C/ha)			CO <sub>2</sub> eq. (t CO <sub>2</sub> /ha)		
	2009	2013	IMA*	2009	2013	IMA*	2009	2013	IMA*
<i>Matayba elaeagnoides</i>	25,8	27,6	0,5	10,7	11,4	0,2	39,2	42,0	0,7
<i>Nectandra megapotamica</i>	20,7	22,4	0,4	8,2	8,9	0,2	30,2	32,7	0,6
<i>Ocotea corymbosa</i>	20,0	20,9	0,2	8,2	8,5	0,1	29,9	31,3	0,3
<i>Jacaranda micrantha</i>	19,3	19,5	0,1	7,9	8,0	0,0	28,9	29,2	0,1
<i>Cedrela fissilis</i>	16,4	18,2	0,5	6,7	7,5	0,2	24,5	27,3	0,7
<i>Ilex paraguariensis</i>	14,3	16,8	0,6	5,9	7,0	0,3	21,7	25,6	1,0
<i>Curitiba prismatica</i>	14,0	16,3	0,6	5,7	6,7	0,2	21,0	24,4	0,9
<i>Clethra scabra</i>	14,1	15,4	0,3	5,8	6,3	0,1	21,3	23,3	0,5
<i>Araucaria angustifolia</i>	14,5	15,3	0,2	6,1	6,4	0,1	22,2	23,4	0,3
<i>Ocotea puberula</i>	15,3	15,0	-0,1	6,6	6,5	0,0	24,1	23,7	-0,1

\* t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>

Dentre as variáveis apresentadas, o maior IMA foi obtido pela espécie *Ilex paraguariensis*, seguido da *Curitiba prismatica*, *Cedrela fissilis* e *Matayba elaeagnoides*. Cabe ressaltar que a espécie *Matayba elaeagnoides* apresentou uma importância de 10,8% do total de biomassa, carbono e CO<sub>2</sub> eq. no fragmento. MOGNON et al. (2013) afirmam que isso pode ser explicado pela importância dessa espécie no fragmento, pois apresentou o maior IVI no ano de 2009, mantendo essa colocação após os cinco anos de estudo.

Destaca-se também o comportamento das espécies *Ocotea puberula* e *Jacaranda micrantha*, as quais expressaram incremento baixo, negativo ou nulo para as variáveis analisadas. Isso se deve a mortalidade de três indivíduos destas espécies de 2009-2013.

### CONCLUSÃO

O fragmento urbano estudado possui diversidade florística arbórea considerada alta, contendo espécies chaves da tipologia de Floresta Ombrófila Mista, sendo caracterizado em estágio de sucessão avançado. Quanto à dinâmica de biomassa e carbono, a floresta apresentou crescimento leve, sendo a dinâmica dessas variáveis ao longo do período estudado considerada próxima do equilíbrio.

Este fragmento urbano, por estar em estágio de sucessão avançado, apresenta baixa capacidade em fixar carbono. No entanto, é importante seu papel como sumidouro, em função do grande estoque de carbono existente em sua biomassa (105,7 t C/ha). Isso demonstra a importância da manutenção e preservação desses ecossistemas naturais como forma de manutenção desse estoque de carbono orgânico fixado na biomassa vegetal.

Além da importância estrutural e ecológica apresentada, pode-se destacar também o valor educacional e social do fragmento para o município no qual está inserido, pois caracteriza uma área de floresta nativa em pequena escala.

### REFERÊNCIAS

ARALDI, D. B. **Interferência alelopática de extratos de *Hovenia dulcis* Thunb. na germinação e crescimento inicial de plântulas de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan.** 2011. 208 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade

Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

BADR, F. M.; MATTOS, F. M. F. Remuneração pela Preservação da Floresta em Pé: Análise do REDD e a Experiência do Programa Bolsa Floresta no estado do Amazonas. In: XIX Encontro Nacional do CONPEDI, Fortaleza: **Anais...**, 2010, p.1721-1728. 2010.

BALBINOT, R. **Implantação de florestas geradoras de créditos de carbono: estudo de viabilidade no sul do estado do Paraná, Brasil.** 71 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2004.

BOENI, B. O. **Riqueza, estrutura e composição de espécies arbóreas em floresta secundária invadida por *Hovenia dulcis* Thund., caracterização do seu nicho de regeneração e efeitos alelopáticos.** 2011. 106 p. Dissertação (Mestrado em Biologia) - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2011.

CHANG, M. Seqüestro de Carbono Florestal: oportunidades e riscos para o Brasil. **R. paran. Desenv.**, Curitiba, n. 102, p. 85-101, 2002.

CALLEGARO R. M.; ANDRZEJEWSKI C.; LONGHI S. J.; ARAUJO M. M.; SERRA G. C. Potencial de três plantações florestais homogêneas como facilitadoras da regeneração natural de espécies arbutivo-arbóreas. **Sci. For.**, Piracicaba, v. 41, n. 99, p. 331-341, 2013.

CURTIS. J.T.; McINTOSH, R. P. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. **Ecology**, Duran v. 32, n. 3, p. 476 - 496, 1951.

DURIGAN, M. E. **Florística, dinâmica e análise proteica de uma Floresta Ombrófila Mista em São João do Triunfo –PR.** 125f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

EMPRESA NACIONAL DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná.** Rio de Janeiro, Londrina, 1984. 413p.

FIDALGO C. C. E.; BENITES M. V.; MACHADO A. O. L. P.; MADARI E. B.; COELHO R. M.; MOURA B. I.; LIMAX. C. **Estoque de Carbono nos Solos do Brasil.** Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 121- Embrapa Solos, 2007. 27 p.

IPPUC. Curitiba em Dados 2004. CD-ROM. Curitiba-PR: Ippuc, 2004.

MAGURRAN, A. E. **Ecological diversity and its measurement.** New Jersey: Princeton, 1988. 179 p.

MIGUEZ, L. A. **Mapeamento e monitoramento dos maciços vegetais do município de Curitiba, PR.** 36f. Monografia (Especialização em Qualidade de Vida Urbana) – Faculdade de Administração e Economia do Paraná (FAEP), Instituto de Engenharia do Paraná (IEP), Curitiba, 2001.

MOGNON, F.; SANQUETTA, C. R.; CORTE, A. P. D.; DALLAGNOL, F. S.; ACCIOLY, A. Estimativas de biomassa e carbono em fragmento de Floresta Ombrófila Mista na área urbana de Curitiba. In: II Simpósio de Ciências e Tecnologia da Madeira do RJ, 2010, Rio de Janeiro. **Anais do...** Rio de Janeiro, 2010.

MOGNON, F. **Dinâmica do Estoque de Carbono como Serviço Ambiental Prestado por um Fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana Localizada no Sul do Estado do Paraná.** 125f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2011.

MOGNON, F.; DALLAGNOL, F. S.; SANQUETTA, C. R.; CORTE, A. P. D.; BARRETO, T. G. Uma década de dinâmica da fixação de carbono na biomassa arbórea em Floresta Ombrófila Mista no sul do Paraná. **Floresta (UFPR. Impresso)**, Curitiba, v. 43, p. 153-164, 2013.

OLIVEIRA S. F. **Comparação do banco de sementes do solo de três fitofisionomias do bioma cerrado em áreas perturbadas.** Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade de Brasília. Brasília, 2007.

PADUA, S. **O que é REDD (Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação) e o que pode representar para a conservação de nossas florestas?** 2008. Disponível em: <<http://www.oeco.com.br/suzana-padua/18264-oeco26975>>, Acesso em: 20 de setembro de 2013.

PIROLI, E. L.; CHAFFE, P. P. Análise florística e determinação de volume das principais espécies ocorrentes em uma Floresta Ombrófila Mista. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 3., 2000, Campinas. **Anais...** Disponível em : [http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=MSC000000002200000100001&lng=en&nrm=abn](http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC000000002200000100001&lng=en&nrm=abn), Acesso em: 22 de agosto de 2013.

PIZATTO, W. **Avaliação biométrica da estrutura e da dinâmica de uma Floresta Ombrófila Mista em São João do Triunfo – PR: 1995 a 1998.** 172f. Dissertação (Mestrado em Manejo Florestal) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 1999.

RATUCHNE L. C. **Ajuste e seleção de equações alométricas para a estimativa de biomassa, carbono e nutrientes em uma Floresta Ombrófila Mista.** 98f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná, Guarapuava, 2010.

RIBEIRO, J. B.; BORGIO, M.; MARANHÃO, L. T. Áreas protegidas de Curitiba (PR, Brasil) como sumidouros de CO<sub>2</sub>. **Floresta**, Curitiba, v. 43, n. 2, p. 181 – 190, 2013.

RODE, R.; FIGUEIREDO FILHO, A.; MACHADO, S. A. Comparação florística entre uma Floresta Ombrófila Mista e uma vegetação arbórea estabelecida sobre um povoamento de Araucaria angustifolia de 60 anos. **Cerne**, Lavras, v. 15, n. 1, p. 101 – 115, 2009.

SANQUETTA, C. R ; THIELE, P. ; CORTE A. P. D. Crescimento, mortalidade e recrutamento de duas Florestas de Araucária no Estado do Paraná, Brasil, no período de 1995-2007. **Naturalia**, Rio Claro, v.33, p. 117-126, 2010.

SANQUETTA C. R., MOGNON F., CORTE A. P. D., DALLAGNOL F. S., MAAS G. C. B. Pagamento por serviços ambientais em Floresta Ombrófila Mista. In: IX ENCONTRO NACIONAL DA ECOECO, 2011, Brasília. **Anais do...** Brasília, 2011. p. 1 – 13.

SANQUETTA, C. R. **Os números atuais da cobertura florestal do Paraná.** Disponível em: <[http://ambientes.ambientebrasil.com.br/florestal/artigos/os\\_numeros\\_atuais\\_da\\_cobertura\\_florestal\\_do\\_parana.html](http://ambientes.ambientebrasil.com.br/florestal/artigos/os_numeros_atuais_da_cobertura_florestal_do_parana.html)>. Acesso em: 15 de julho de 2013.

SMMA (Secretaria Municipal de Meio Ambiente). **Bosques de Preservação.** Disponível em: <<http://www.curitiba.pr.gov.br/conteudo/smma-bosques-de-preservacao-secretaria-municipal-do-meio-ambiente/131>>. Acesso em: 10 de setembro de 2013.

SMMA (Secretaria Municipal de Meio Ambiente). **Áreas verdes - 2010.** Disponível em: <<http://www.curitiba.pr.gov.br/conteudo/smma-sobre-areas-verdes/123>>. Acesso em: 12 de setembro de 2013.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENCION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC). **Protocolo de Quioto.** Brasília: MCT, 2001.2. ed.. 34 p.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC). Disponível em <[http://unfccc.int/ghg\\_data/ghg\\_data\\_unfccc/items/4146.php](http://unfccc.int/ghg_data/ghg_data_unfccc/items/4146.php)>. Acesso em: 11 de outubro de 2013.

WALKER, W. A.; BACCINI, M.; NEPSTAD, N.; HORNING, D.; KNIGHT, E.; BRAUN, and A. BAUSCH. **Guia de Campo para Estimativa de Biomassa Florestal e Estoque de Carbono - Centro de Pesquisas Woods Hole,** Massachusetts, p. 1 – 72, 2011.

WATZLAWICK, L. F.; KIRCHNER, F. F.; SANQUETTA, C. R.; SCHUMACHER, M. V. O Papel do Sensoriamento Remoto nos Estudos de carbono. In: SANQUETTA, C. R. et al. (Eds). **As Florestas e o Carbono. Curitiba,** p. 215-235, 2002.

WATZLAWICK, L. F.; BALBINOT, R.; SANQUETTA, C. R.; CALDEIRA, M. V. W. Teores de carbono em espécies da Floresta Ombrófila Mista. In: SANQUETTA, C. R.; BALBINOT, R.; ZILIOTO, M. A. B. **Fixação de carbono: atualidades, projetos e pesquisas.** Curitiba: AM Impressos, 2004. p. 95-109.

WEBER, K. S.; SANQUETTA, C. R.; EISFELD, R. L. Variação volumétrica e distribuição espacial do estoque de carbono em Floresta Ombrófila Mista. **Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais,** Curitiba, v. 3, n. 2, p. 77 - 85, 2005.