

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE, UNICENTRO - PR

**DINÂMICA E SEQUESTRO DE CARBONO EM
FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL URBANA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

SUZAMARA BIZ

GUARAPUAVA-PR

2017

SUZAMARA BIZ

**DINÂMICA E SEQUESTRO DE CARBONO EM FLORESTA OMBRÓFILA MISTA
ALUVIAL URBANA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Luciano Farinha Watzlawick
Orientador

Prof. Dra. Flávia Gizele König Brun
Co-orientadora

GUARAPUAVA-PR

2017

Catálogo na Publicação

Biblioteca Central da Unicentro, Campus Santa Cruz

B625d Biz, Suzamara
Dinâmica e sequestro de carbono em floresta ombrófila mista aluvial urbana / Suzamara Biz. -- Guarapuava, 2017.
xiv, 107 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, 2017

Orientador: Luciano Farinha Watzlawick
Coorientadora: Flávia Gizele König Brun
Banca examinadora: Luciano Farinha Watzlawick, Luiz Carlos Ratuchne, Flávia Gizele König Brun, Eleandro José Brun, Solon Jonas Longhi

Bibliografia

1. Agronomia. 2. Produção vegetal. 3. Compensação de carbono. 4. Fragmentos urbanos. 5. Inventário das emissões. I. Título. II. Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

CDD 630

Suzamara Biz


**DINÂMICA E SEQUESTRO DE CARBONO DE UMA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA
ALUVIAL URBANA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 17 de fevereiro de 2017.



Prof. Dr. Luciano Farinha Watzlawick
(UNICENTRO)




Dr. Luiz Carlos Ratuchne
(UTFPR)



Prof.ª Dr.ª Flavia Gizele König Brun
(UTFPR)



Prof. Dr. Eleandro José Brun
(UTFPR)



Prof. Dr. Solon Jonas Longhi
(UTFPR)

GUARAPUAVA-PR

2017

AGRADECIMENTOS

Inicialmente a Deus pela dádiva da vida, autor de meu destino e meu guia.

A meus pais Genesio Biz e Zuleide Joaquim Biz meus maiores exemplos que sempre estiveram ao meu lado apoiando, incentivando e com muito carinho não mediram esforços para que eu chegasse até aqui. A meu irmão Ismael Biz que foi fonte incentivadora e auxiliou para que este trabalho fosse desenvolvido.

O meu reconhecimento e profundo agradecimento a Prof. Dra. Flávia Gizele König Brun, minha Co-orientadora, pelos últimos 6 anos. Meu exemplo e motivadora, a qual sempre foi presente, companheira, incentivadora e dedicou seu tempo, não medindo esforços, para realização deste trabalho. Agradeço também a todo conhecimento e experiência compartilhada.

Meu muito obrigado ao meu orientador Prof. Dr. Luciano Farinha Watzlawick por todo seu auxílio, confiança e incentivos, e pela inestimável contribuição ao traçar os rumos desta pesquisa.

Ao professor Dr. Eleandro José Brun, pela gentileza e paciência ao me receber e transmitir seus ensinamentos e por suas valiosas sugestões.

Sou muito grata a Tia Santina e ao Tio Evaldo, que me receberam em sua casa com muito carinho e generosidade durante o período do mestrado, pelas conversas e apoio.

Obrigada a todos os colegas do Laboratório de Ciências Florestais e Forrageiras pela amizade e troca de experiência.

A coordenação do Programa de Pós Graduação em Produção Vegetal e a Secretária Lucília, por sua ajuda e gentileza para com todos.

Serei eternamente grata a todos que estiveram presentes durante a trajetória do mestrado, amigos e colegas que contribuíram com sua força, conselhos, ajuda e colaborações.

A CAPES pelo apoio financeiro durante o desenvolvimento desta pesquisa.

O caminho percorrido foi longo e nada foi fácil, mas com persistência e fé estamos aqui. “A sola dos pés conhecem toda a poeira e sujeira da estrada (Proverbio Africano)”

Muito obrigada!

“A sabedoria não é nos dada.
É preciso descobri-la por nós mesmos,
depois de uma viagem que ninguém nos pode poupar
ou fazer por nós.”
-Marcel Proust

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	IV
LISTA DE FIGURAS.....	VIII
LISTA DE QUADROS.....	IX
LISTA DE TABELAS.....	X
LISTA DE EQUAÇÕES	XI
LISTA DE ABREVEATURA E SIGLAS	XII
RESUMO.....	XIII
ABSTRACT	XIV
1. ASPECTOS GERAIS DA PESQUISA	15
1.2. INTRODUÇÃO	15
1.4. HIPÓTESES	18
1.3. OBJETIVOS	19
1.3.1. Objetivo Geral	19
1.3.2. Objetivos Específicos	19
1.5. REFERENCIAL TEÓRICO	20
1.5.1. Florestas urbanas	20
1.5.2. Floresta Ombrófila Mista	21
1.5.3. Dinâmica florestal.....	23
1.5.4. As mudanças climáticas globais e emissões de gases de efeito estufa.....	24
1.5.5. Sequestro de carbono.....	26
1.5.6. Inventário das emissões de Gases de Efeito estufa.....	28
1.6. MATERIAL E MÉTODOS	31
1.6.1. Local do experimento	31
1.6.2. Material experimental.....	32
2. FLORÍSTICA, FITOSSOCIOLOGIA, BIOMASSA E CARBONO EM FLORESTA OMBROFILA MISTA ALUVIAL URBANA, GUARAPUAVA-PR	34
RESUMO.....	34
ABSTRACT	35
2.1. INTRODUÇÃO	36
2.2. MATERIAL E MÉTODOS	38
2.2.1. Avaliação da Composição Florística e Estrutura Fitosociológica	38
2.2.2. Índice de Diversidade de Shannon-Wiener (H')	39
2.2.3. Índice de Uniformidade de Pielou	40
2.2.4. Índice de diversidade Simpson (D)	40
2.2.5. Índice de impacto ambiental de exóticas	40
2.2.5. Densidade	41
2.2.6. Frequência	41
2.2.7. Dominância.....	42
2.2.8. Valor de Importância	42
2.2.9. Valor de Cobertura	42
2.2.10. Dinâmica de crescimento.....	43
2.2.11. Crescimento	44
2.2.12. Quantificação da biomassa e do carbono	44
2.2.13. Estoque de carbono na biomassa	44
2.2.14. Estoque de carbono na serapilheira acumulada sobre o solo.....	45
2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
2.3.1. Levantamento florístico.....	48
2.3.2. Índices ecológicos.....	55
2.3.3. Dinâmica de crescimento.....	56

2.3.4. Estoque de Biomassa e Carbono para o fragmento	58
2.3.5. Estoque de Biomassa e Carbono na Serapilheira	70
2.4 CONCLUSÃO.....	73
3. INVENTÁRIO DAS EMISSÕES DOS GASES DE EFEITO ESTUFA DENTRO DO CAMPUS CEDETEG DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO OESTE DO PARANÁ	74
RESUMO.....	74
ABSTRACT	75
3.1. INTRODUÇÃO	76
3.2. MATERIAL E MÉTODOS	78
3.2.1. Quantificação/Inventário das emissões de carbono dentro do Campus CEDETEG	78
3.2.2. Uso de energia não veicular.....	79
3.2.2.1. Energia Elétrica	79
3.2.3. Uso de energia veicular	80
3.2.4. Agropecuário	81
3.2.5. Fermentação entérica	81
3.2.6. Manejo de dejetos	82
3.2.7. Mudança do uso do solo e florestas.....	82
3.2.9. Agricultura.....	83
3.2.9.1. Aplicação de fertilizantes nitrogenados sintéticos	83
3.2.9.2. Aplicação de ureia	84
3.2.9.3. Aplicação de defensivos agrícolas	84
3.2.9.4. Resíduos de colheitas	85
3.2.9.5. Operações Mecanizadas	86
3.3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	88
3.3.1 Balanço do sequestro e das emissões de carbono.....	92
3.4. CONCLUSÕES	95
7. RECOMENDAÇÕES.....	96
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudo: A) Localização geográfica da área de estudo no Campus CEDETEG da Universidade Estadual do Centro Oeste, Guarapuava-PR.....	31
Figura 2. Disposição dos corpos hídricos e da instalação das unidades amostrais em fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial Urbana, Guarapuava – PR.....	33
Figura 3. Aspectos da floresta urbana no presente estudo, sendo: A) Fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial Urbana; B) Medição do CAP no fragmento em Guarapuava / PR.....	38
Figura 4. Procedimento (Passo a passo) de coleta de serapilheira para a estimativa de biomassa e carbono no Fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial Urbana em Guarapuava / PR.: A) Gabarito de madeira de 0,25m ² para a coleta de serapilheira; B, C e D) Coleta em sacos de papel de todo material dentro do gabarito; E) Pesagem em balança analítica do material coletado; e F) Secagem em estufa a 65 graus C até peso constante.....	46
Figura 5. Distribuição da taxa de ingresso e mortalidade no período 2014-2016 para o fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial Urbana de Guarapuava – PR.	57
Figura 6. Estoque de biomassa para o ano de 2016 nos diferentes compartimentos do fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial Urbana, em Guarapuava – PR.	61
Figura 7. Estoque de biomassa nos diferentes compartimentos para os 3 anos de avaliação do fragmento Floresta Ombrófila Mista Aluvial Urbana, em Guarapuava – PR.....	62
Figura 8. Evolução do estoque de carbono presente ao longo do período de avaliação nos diferentes compartimentos do Fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial Urbana em Guarapuava / PR.....	63
Figura 9. Estoque de carbono para as 10 principais espécies que ocorreram no fragmento: A) Estoque de carbono no ano de 2011; B) Estoque de carbono no ano de 2014; C) Estoque de carbono no ano de 2016.....	67
Figura 10. Estoque de carbono presente na serapilheira para as estações do ano no Fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial Urbana em Guarapuava / PR.....	71

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Fatores de emissão para o subsetor de pecuária.	81
Quadro 2. Fatores de emissão de fertilizantes nitrogenados sintéticos.	84
Quadro 3. Fatores de emissão da ureia.	84
Quadro 4. Fatores de emissão para uso de defensivos agrícolas.	85
Quadro 5. Fatores utilizados para a determinação do N ₂ O provenientes de resíduos das culturas.	86
Quadro 6. Fatores de emissão para queima de óleo diesel.	87

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Equações ajustadas utilizadas para a estimativa do carbono no fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial Urbana em Guarapuava – PR.....	45
Tabela 2. Estimadores fitossociológicos das espécies arbóreas (DAP > 5 cm) amostradas no fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial Urbana, em Guarapuava – PR	50
Tabela 3. Estoque de biomassa obtido por espécie ao longo de três anos de monitoramento no fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial Urbana, em Guarapuava – PR.	58
Tabela 4. Estoque de carbono obtido por espécie ao longo de três anos de monitoramento no fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial Urbana, em Guarapuava – PR.	63
Tabela 5. Frota de Veículos por tipo de combustível circulando diariamente dentro do Campus UNICENTRO – CEDETEG em Guarapuava-PR.	88
Tabela 6. Fontes emissoras de CO ₂ e respectivas emissões no ano de 2016 dentro do Campus CEDETEG, Guarapuava - PR.	89
Tabela 7. Balanço final entre o sequestro e as emissões de carbono dentro do Campus CEDETEG, UNICENTRO Guarapuava - PR.	92

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1	$DQ = \sqrt{DAP1^2 + DAP2^2 + \dots + DAPi^2}$	39
Equação 2	$H' = \sum_{i=1}^s (ni/N) * \ln (ni/N)$	39
Equação 3	$J' = H' / H' \max$	40
Equação 4	$D = \sum_{i=1}^s pi^2$	40
Equação 5	$IIAE = - ((P_{exótica} - P_{nativa})_{sub\acute{a}rea} / (P_{total} / N_{\acute{a}rea}))$	41
Equação 6	$DA = n / ha$	41
Equação 7	$DR = DA / N * 100$	41
Equação 8	$FA = (p / P) * 100$	42
Equação 9	$FR = (FA / \Sigma FA) * 100$	42
Equação 10	$DoA = \Sigma g / ha$	42
Equação 11	$DoR = (DoA / \Sigma DoA) * 100$	42
Equação 12	$VI = DR + FR + DoR$	42
Equação 13	$VC = DR + DoR$	43
Equação 14	$M(\%) = (nm / N) * 100$	43
Equação 15	$I\% = (ni / N) * 100$	43
Equação 16	$IP_{DAP} = DAP_{t1} - DAP_{t0}$	44
Equação 17	$IPA_{DAP} = IP_{DAP} / T$	44
Equação 18	$IP_g = g_1 - g_2$	44
Equação 19	$IPA_g = IP_g / T$	44
Equação 20	$EstoqueCO_2 = Biomassa (Mg/ha) * Teor de Carbono$	46
Equação 21	$CO_2 EF = EE * FE$	80
Equação 22	$GgCO_2 = \Sigma(((Fcab * FF) - SC) * UC) * 44/12$	80
Equação 23	$Emiss\tilde{o}es\ de\ metano\ (kgCH_4) = \Sigma (f_i * r_i)$	81
Equação 24	$Emiss\tilde{o}e\ CH_4\ (kgCH_{4/ano}) = NA * FE\ (kg\ cabe\c{c}a^{-1}ano^{-1})$	82
Equação 25	$Emiss\tilde{o}e\ CH_4\ (kgCO_2\ eq/ano) = Emiss\tilde{o}e\ CH_4\ (kgCH_4) * 21$	82
Equação 26	$GgCO_2 = Emiss\tilde{o}e\ CH_4\ (kgCO_2\ eq) * 10^{-6}$	82
Equação 27	$Emiss\tilde{o}es\ de\ metano = (e_i * c_i * r_i)$	82
Equação 28	$Emiss\tilde{o}e\ CH_4\ (kgCH_4) = N\acute{u}mero\ de\ cabe\c{c}as * fator\ emiss\tilde{o}e\ (kg\ cabe\c{c}a^{-1}ano^{-1})$ 82	
Equação 29	$Emiss\tilde{o}e\ CH_4\ (kgCO_{2eq}) = Emiss\tilde{o}e\ CH_4\ (kgCH_4) * 21$	82
Equação 30	$GgCO_2 = Emiss\tilde{o}e\ CH_4\ (kgCO_2\ eq) * 10^{-6}$	82
Equação 31	$KtCO_2 = ((ha * BG)) - (TH * ER)) * CC * 44/12$	83
Equação 32	$N_2O_{fert} = N_{fert} * (1 - FRAC_{GASP}) * EF_1$	83
Equação 33	$CO_{2ureia} = Q_{ureia} * FE_{ureia} * 44/12$	84
Equação 34	$ED_A = Q_{Herbicida} * FE_{Herbicida} + Q_{Inseticida} * FE_{Inseticida} + Q_{Fungicida} * FE_{Fungicida}$	85
Equação 35	$N_2O_{RES} = [(CROP * FRAC_{DMcrop} * (RES_{DM}/CROP_{DM}) * FRAC_{NCRes}] * FE_1$	86
Equação 36	$CO_{2DIESEL} = Q_{DIESEL} * FE_{DIESEL}$	86

LISTA DE ABREVEATURA E SIGLAS

IPCC	<i>International Panel on Climate Change</i>
CO ₂	Dióxido de carbono
GEE	Gases de efeito estufa
CH ₄	Metano
N ₂ O	Óxido nitroso
SF ₆	Hexafluoreto de enxofre
CF ₄ e CF ₄	Perfluorcarbonos
HFC	Hidrofluorcarbonos
Mt	Megatonelada
Mg	Megagrama
PPMV	Partes por milhão em volume
O ₂	Oxigênio
Cfb	Subtropical
DAP	Diâmetro a altura do peito
CAP	Circunferência a altura do peito
R	Correlação linear simples
R ² _{aj}	Coefficiente de determinação ajustado
S _{xy}	Erro padrão da estimativa
DA	Densidade Absoluta
DoA	Dominância Absoluta
FA	Frequência Absoluta
DR	Densidade Relativa
DoR	Dominância Relativa
FR	Frequência Relativa
VC	Valor de Cobertura
VI	Valor de importância
H'	Índice de Diversidade de Shannon
J'	Índice de Uniformidade de Pielou
°C	Grau Celsius
ha	Hectares

RESUMO

Suzamara Biz. **Dinâmica e Sequestro de Carbono em uma Floresta Ombrófila Mista Aluvial Urbana**

Este trabalho teve por objetivo testar a ocorrência da compensação de sequestro de carbono, por meio da análise da dinâmica de crescimento do fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial Urbana e do inventário das emissões de gases do efeito estufa, em especial o Dióxido de Carbono. O estudo foi desenvolvido na Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO) Campus CEDETEG, município de Guarapuava, Paraná. O inventário florestal, foi realizado em 3 transectos (A, B e C), totalizando 41 subparcelas: Transecto A – 15 subparcelas; Transecto B e C – 13 subparcelas, com dimensões de 10 x 10 m (100 m²), ou seja, 4100 m² de área amostral. Realizou-se o re-inventário florestal do fragmento, obtendo-se os dados da composição florística, e os parâmetros fitossociológicos de: Densidade e Dominância Absoluta; Densidade e Dominância Relativa; Frequência Absoluta e Relativa; Valor de Cobertura e Valor de Importância e o índice de diversidade de Shannon-Wiener, Índice de uniformidade de Pielou, Índice de Simpson e Índice de Impacto Ambiental de Exóticas e avaliou-se os processos dinâmicos do fragmento. Quantificou-se o estoque de biomassa e carbono existente na serapilheira e nas árvores em pé por meio de equações alométricas ajustadas. Foram quantificado/Inventariado as emissões de carbono dentro do Campus CEDETEG, para este inventário adotou-se a metodologia do IPCC 2006. Foram encontrados no total 858 indivíduos arbóreos, distribuídos em 34 espécies e 23 famílias botânica. O Índice de Shannon (H') para o fragmento em estudo foi igual a 2,22, a Uniformidade de Pielou (J') 0,63, o índice de Simpson (D) foi de 0,23 e índice de impacto ambiental de exóticas foi de 0,91, apontando que as exóticas representam pouco mais de 10 %. O estoque total de carbono sequestrado na área total do fragmento foi de 253,54 Mg de carbono em 2016. Entre as frações observou-se maior estoque de carbono em 2016 foram nos galhos 54,0%, seguida de fuste 39,7%, casca 2,8% e folhas 3,5%; O estoque de carbono presente na serapilheira para o ano de 2016 para o fragmento foi de 118,69 Mg de carbono, no qual temos teor médio de 2,19 Mg ha⁻¹ de carbono e a serapilheira acumulada de 4,72 Mg.ha de serapilheira. A emissão total foi de 92.386,10 Mg CO₂.ano⁻¹ ou 25.242,10 Mg C.ano⁻¹. O balanço entre carbono sequestrado e o emitido foi negativo no ano de 2016.

Palavras-chave: Compensação de carbono; fragmentos urbanos; inventário das emissões.

ABSTRACT

Suzamara Biz. Dynamic and Carbon Sequestration in a rain forest Mixed Alluvial City

The objective of this work was to test the occurrence of carbon sequestration compensation by analyzing the growth dynamics of the Alluvial Urban Alluvial Forest fragment and the inventory of greenhouse gas emissions, in particular Carbon Dioxide. The study was developed at the State University of the Center-West (UNICENTRO) Campus CEDETEG, municipality of Guarapuava, Paraná. The forest inventory was carried out in 3 transects (A, B and C), totalizing 41 subplots: Transect A - 15 subplots; Transect B and C - 13 subplots, with dimensions of 10 x 10 m (100 m²), that is, 4100 m² of sample area. The forest re-inventory of the fragment was obtained, obtaining the data of the floristic composition, and the phytosociological parameters of: Density d Absolute Dominance; Density and Relative Dominance; Absolute and Relative Frequency; Coverage Value and Importance Value and the Shannon-Wiener diversity index, Pielou Uniformity Index, Simpson Index and Exotic Environmental Impact Index, and the dynamic processes of the fragment were evaluated. The biomass and carbon stock in the litter and standing trees were quantified by means of adjusted allometric equations. Carbon emissions were quantified / inventoried within the CEDETEG Campus, for this inventory the IPCC 2006 methodology was adopted. A total of 858 arboreal individuals were found, distributed in 34 species and 23 botanical families. The Shannon Index (H') for the study fragment was 2.22, the Pielou Uniformity (J') 0.63, the Simpson Index (D') was 0.23 and the environmental impact index Was 0.91, indicating that exotic species represent just over 10%. The total stock of carbon sequestered in the total area of the fragment was 253.54 Mg of carbon in 2016. Among the fractions observed, the highest carbon stock in 2016 was in the branches 54.0%, followed by a 39.7% Bark 2.8% and leaves 3.5%; The carbon stock present in the litter for the year 2016 for the fragment was 118.69 Mg of carbon, in which we have an average content of 2.19 Mg ha⁻¹ of carbon and the accumulated litter of 4.72 Mg.ha Of litter. The total emission was 92,386.10 Mg CO₂.year⁻¹ or 25,242.10 Mg C.year⁻¹. The balance between carbon sequestration and emissions was negative in 2016.

Keywords: Carbon sequestration; Urban fragments; Emissions inventory.

1. ASPECTOS GERAIS DA PESQUISA

1.2. INTRODUÇÃO

O termo *Urban Forestry* (Florestas Urbanas), utilizado a partir de 1960 para designar o conjunto da cobertura arbórea urbana, é proveniente dos autores do Canadá e dos Estados Unidos, e deu origem ao termo que se utiliza atualmente Florestas Urbanas (NOWAK et al., 2002).

Dentro do termo Florestas Urbanas, considera-se toda a vegetação arbórea e suas associações dentro e ao redor das cidades, desde pequenos núcleos urbanos até as grandes regiões metropolitanas, incluindo as árvores de ruas, avenidas, praças, parques, unidades de conservação, áreas de preservação, áreas públicas ou privadas, fragmentos remanescentes de ecossistemas naturais ou plantadas (MAGALHÃES, 2006).

As florestas urbanas estão relacionadas a diversos aspectos ambientais, como a retenção e estabilização do solo, prevenção contra a erosão, produção de sombra às margens dos cursos d'água, minimização dos ruídos urbanos, remoção de gases de efeito estufa da atmosfera, amenização climática e integração à paisagem urbana (PAIVA; GONÇALVES, 2002).

Essas florestas urbanas tem sua origem no processo de urbanização, que levaram a grande fragmentação florestal das áreas de florestas, e devido a este processo alguns destes fragmentos acabaram ficando localizados em meio aos centros urbanos, sendo circundado por uma matriz urbana (MELO et al., 2011; SOUZA et al. 2013). Contudo, possuem grande importância, pois são remanescentes das florestas que antes ali existiam e contribuem para a melhoria da qualidade de vida nos centros urbanos.

Os fragmentos florestais urbanos são comuns em várias cidades brasileiras e constituem ecossistemas urbanos, onde as condições naturais se encontram quase que completamente alteradas e, ou degradadas, mas representam um recurso precioso para a melhoria da qualidade de vida nas cidades, pois o uso da vegetação ameniza os impactos causados pela ação antrópica (FEIBER, 2004).

No entanto, grande parte destes serviços não é reconhecida pela população das cidades, o que faz com que estes fragmentos não sejam valorizados e protegidos (MELO e FURTADO, 2006). Contudo, nos últimos anos estes ambientes vêm recebendo uma atenção um pouco maior, pois vem se reconhecendo o grande papel destas áreas na qualidade de vida

nos centros urbanos. Estudos conduzidos nessas comunidades vegetais afetadas pelo desenvolvimento das atividades humanas relacionadas à urbanização são importantes instrumentos para a manutenção desses frágeis ecossistemas (SALLES; SCHIAVINI, 2007).

Sanquetta et al. (2011) relatam que as florestas proporcionam diversos serviços ambientais, considerando o armazenamento de carbono um dos principais. O sequestro de carbono está diretamente relacionado às mudanças climáticas ocorridas no planeta Terra atualmente (MOGNON, 2011).

Concomitantemente às florestas, nos centros urbanos os fragmentos remanescentes atuam da mesma forma no sequestro de carbono. Isto é decorrente do fato de estes remanescentes se encontrarem inseridos em locais com grandes concentrações de dióxido de carbono que são os centros urbanos, devido a grande quantidade de automóveis e indústrias de forma geral.

O sequestro de carbono é o principal processo natural que se contrapõe às emissões constantes do dióxido de carbono (CO₂), que sendo um dos principais gases envolvidos na ocorrência do Efeito Estufa. Sendo assim, é considerada uma alternativa sustentável de reduzir o efeito estufa e suas catastróficas consequências (OLIVEIRA JUNIOR, 2004).

É por meio da dinâmica florestal de crescimento, especialmente, que se dá esta remoção e fixação do carbono. Segundo Watzlawick et al. (2002) o sequestro de carbono ocorre enquanto as árvores estão crescendo, ou seja, ocorre um aumento consideravelmente da biomassa e conseqüentemente do estoque de carbono fixado.

Desta forma, considerando os aspectos da importância das florestas, é necessário compreender esses remanescentes através de estudos florísticos, que permitam a identificação das espécies presentes nesses ambientes.

Além disso, conhecer a dinâmica dessas florestas com base nas alterações na diversidade florística e estrutura torna-se necessário, para obtenção de informações sobre o desempenho das funções ambientais, como o sequestro de carbono no meio urbano. Todas estas informações ainda servem de base para que sejam adotadas as melhores práticas de conservação e manejo destes ambientes florestais urbanos que foram tão acometidos e prejudicados.

Contudo, não basta somente quantificar o sequestro de carbono. É muito importante que as emissões dos gases de efeito estufa sejam também sejam quantificados. Observando o cenário das emissões de gases de efeito estufa (GEE) e as mudanças climáticas, o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas – IPCC, constituído em 1998, pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) e o Programa das Nações Unidas para o Meio

Ambiente (PNUMA), desenvolveu uma metodologia que possibilitasse quantificar as reais emissões destes gases por todos os países. Desta forma, seria possível a elaboração de políticas e estratégias para redução e mitigação destas emissões (CRUZ; D'AVILA, 2013).

O inventário de emissões é uma análise completa que se faz em uma empresa, grupo de empresas, setor econômico, cidade, estado ou país. Fazer a contabilidade em GEE significa quantificar e organizar dados sobre emissões com base em padrões e protocolos e atribuir essas emissões corretamente a uma unidade de negócio, empresa, país ou outra entidade (WRI, 2010).

É por meio da obtenção destas informações de sequestro e emissões de carbono que será possível traçar metas de mitigar e evitar as emissões dos gases de efeito estufa, de forma a garantir o futuro das próximas gerações no cenário global.

1.4. HIPÓTESES

As hipóteses para realização do estudo foram:

- O estoque de carbono acumulado na floresta é condizente com a tipologia analisada;
- Qual o impacto da urbanização sobre a floresta;
- O fragmento em estudo apresenta alta diversidade;
- O fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial urbana localizado no campus da UNICENTRO – CEDETEG é capaz de compensar as emissões de carbono que ocorrem dentro do campus da UNICENTRO - CEDETEG, por meio da sua dinâmica de crescimento;
- A metodologia para quantificação dos gases de efeito estufa permite conhecer os valores reais sobre a emissão, especialmente do CO₂.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo Geral

Analisar as emissões de carbono, por meio da análise da dinâmica de crescimento da Floresta Ombrófila Mista Aluvial Urbana, localizada no Campus CEDETEG da Universidade Estadual do Centro Oeste do Paraná – UNICENTRO, Guarapuava – PR, e do inventário das emissões de gases do efeito estufa, em especial o Dióxido de Carbono, dentro do Campus da universidade.

1.3.2. Objetivos Específicos

Os objetivos específicos do presente trabalho foram:

- Analisar a florística, estrutura fitossociológica, diversidade e dinâmica de crescimento do Fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial Urbana, localizado no Campus CEDETEG da UNICENTRO – Guarapuava, conhecendo desta forma, as reais condições do fragmento e as taxas de desenvolvimento do mesmo, de forma a propor melhores práticas de conservação e manejo;
- Quantificar as emissões de gases de efeito estufa, especialmente o CO₂, dentro do Campus CEDETEG da UNICENTRO, baseando-se na metodologia do IPCC, permitindo, assim, que sejam conhecidos os valores das reais emissões dentro do campus, contribuindo com dados para o inventário dos gases de efeito estufa nacional e oferecendo base para a realização de novos inventários;
- Propor modelos de compensação para as emissões, com o objetivo de avaliar se dentro do Campus CEDETEG está ocorrendo compensação entre as emissões e o sequestro de CO₂, na Floresta Ombrófila Mista Aluvial.

1.5. REFERENCIAL TEÓRICO

1.5.1. Florestas urbanas

As cidades possuem em seu interior resquícios de florestas naturais que resistiram ao processo de urbanização. Estas áreas de fragmentos florestais são consideradas como uma categoria de área verde urbana e, muitas vezes, são redesenhadas e destinadas ao uso público como área de lazer, ou permanecem abandonadas, podendo até mesmo ser extintas com o avanço urbano (MELO et al., 2011).

No ambiente urbano, os remanescentes florestais contribuem com o equilíbrio microclimático, são responsáveis pela manutenção de mananciais e asseguram a estabilidade geomorfológica. Funcionam ainda, como corredores ecológicos, sendo suporte para as cadeias tróficas e interações entre os organismos vivos aquáticos e terrestres, favorecendo a biodiversidade nativa. Também contribuem com a qualidade ambiental e de vida da sociedade, pois configuram como alternativas para o contato direto da população com os ambientes naturais (DANTAS; SOUZA, 2004; LIRA-FILHO; MEDEIROS, 2006).

Conforme Badiru; Pires; Rodriguez (2005), a inexistência de um manejo planejado ecologicamente e integrado ao ambiente urbano, faz com que os fragmentos florestais urbanos se apresentem, em muitas situações, mal estruturados e desordenados, o que acaba por impedir que estes ambientes cumpram com suas funções ambientais e sociais.

Barreto et al. (2014) mencionam que estas áreas de florestas urbanas sofrem diretamente com os efeitos da antropização, que acabam por gerar grande perda de diversidade, invasão biológica por algumas espécies exóticas, além da degradação. 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.

Outro serviço ambiental desempenhado por essas áreas é o da redução das emissões de carbono (GONTIJO, 2008). Para Ratuchne (2010), esses fragmentos florestais urbanos possuem importância significativa nessas reduções, devido às árvores possuírem a capacidade de estocarem grande quantidade de carbono, que é fixada na biomassa e desta forma retirado da atmosfera, deixando assim, de contribuir para o efeito estufa e conseqüentemente para as mudanças climáticas.

No entanto, apesar da grande importância dos fragmentos florestais urbanos, nota-se a carência de pesquisas nestas áreas, pesquisas que são de grande valor para a conservação

desses resquícios de vegetação nativa, pois embasam as medidas de manejo e conservação adequadas (MELO et al., 2011), além de contribuírem como ferramenta de informação sobre o sequestro de carbono.

Os estudos tornam-se ainda mais escassos quando se trata de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, pois esta tipologia florestal é pouco estudada em relação ao seu comportamento, especialmente quando se tratando da quantificação dos estoques de carbono, motivo esse que torna estudos como esse de suma importância. Os principais estudos desenvolvidos nesta tipologia estão concentrados na extensão do Rio Iguaçu, por: Pasdiora (2003); Barddal et al. (2004); Bonnet (2006); Curcio (2006) e Iurk (2008), contudo nenhuma das áreas eram fragmentos circundados pela matriz urbana.

1.5.2. Floresta Ombrófila Mista

A Floresta Ombrófila Mista é um dos principais biomas brasileiros (IBGE, 1990). Ela apresenta quatro subformações distintas, sendo a Aluvial em terraços antigos dos flúvios, com a *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze associada com *Podocarpus lambertii* Klotzsch ex Endl. e *Drimys brasiliensis* Miers ou gêneros da família Lauraceae; a formação Submontana que varia de 50 até mais ou menos 400 m de altitude; a Montana com variação de 400 até mais ou menos 1000 m de altitude, com a existência da *Araucaria angustifolia* associada com *Ocotea porosa* (Nees) Barroso, formando agrupamentos bem característicos; e a Alto Montana, situada a mais de 1000 m de altitude, também com a ocorrência da *Araucaria angustifolia* associada com *Podocarpus lambertii.*, *Drimys brasiliensis*, *Cedrela fissilis* Vell., além de, Lauraceae e Myrtaceae (VELOSO et al., 1991).

A Floresta Ombrófila Mista ocupava originalmente no Brasil, uma área de aproximadamente 200.000 km². Desse total, 40,0% ocorria no estado do Paraná, 31,0% em Santa Catarina, 25,0% no Rio Grande do Sul, com 3,0% em manchas isoladas nas partes mais elevadas do sul de São Paulo e 1,0% em Minas Gerais e Rio de Janeiro (CARVALHO, 2003).

De acordo com Sonego; Backes; Souza, (2007), a Floresta Ombrófila Mista (FOM) no sul do Brasil encontra-se em raros e diminutos remanescentes, muitos deles profundamente alterados e encontrados em locais de difícil acesso, como em áreas particulares ou nas poucas unidades de conservação existentes, sendo a continuidade e manutenção do sistema florestal um dos maiores desafios para os programas de conservação. Outros remanescentes se encontram em meio a matriz urbana e também ficavam esquecidos até pouco tempo. Atualmente sabe-se que estudos em cenários como esse são importantíssimos para conhecer a

realidade e a dinâmica destas áreas.

Sanquetta et al., (2013) afirma que atualmente a cobertura florestal natural do Paraná representa 18%, sendo cerca de 10% com florestas bem conservadas. A área total revestida por Floresta Ombrófila Mista é de aproximadamente 2,7 milhões de hectares, correspondendo a 24% da floresta nativa. Isto quer dizer que cerca de $\frac{1}{4}$ da área da Floresta com Araucária é representada por remanescentes atualmente. Para Barreto et al. (2014) 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.

Dentre as diferentes tipologias que a Floresta Ombrófila Mista apresenta as florestas aluviais, reconhecidas também como florestas ripárias, florestas ciliares ou de galeria. São formações florestais fortemente influenciadas pelos rios, que exercem importante função na estabilidade do regime hídrico das planícies sujeitas a inundações periódicas (KANIESKI et al., 2012).

Esta é uma tipologia florestal caracterizada por um pequeno número de espécies seletivas, que são adaptadas para se desenvolverem em solos aluviais, que são constantemente alagados e, apesar da sua grande importância ambiental, não escaparam da destruição e fragmentação (IURK, 2008).

Nascimento; Longhi; Brena, (2001) indicam que a intensa exploração de madeiras de maior valor econômico, de espécies como *Araucaria angustifolia*, *Ocotea porosa*, *Luehea divaricata* Mart & Zucc e *Cedrela fissilis*, juntamente com o avanço da urbanização reduziram as reservas naturais, o que, aliado à falta de estudos sobre a demografia e a dinâmica na comunidade, colocam essas populações residuais em grande perigo, encontrando-se fragmentada com escassos remanescentes que representem uma amostra adequada desse tipo de vegetação para a sua conservação em longo prazo.

Devido à grande pressão urbana do crescimento das cidades, as florestas aluviais estão cada vez mais deterioradas, não exercendo, assim, seu papel de proteção e conservação dos cursos d'água (KANIESKI et al., 2012).

Inúmeros fatores de perturbação, como trilhas excessivas, lixo, invasões biológicas, entre outros, degradam esses fragmentos e deterioram seu potencial ecológico e a auto sustentabilidade das populações de muitas espécies, fazendo com que essas áreas enfrentem difíceis condições de perpetuação (BADIRU; PIRES; RODRIGUEZ, 2005).

Desta forma, inúmeros são os trabalhos que vem sendo realizados, e que pretendem realizar inferências sobre as origens, características ecológicas e sinecologia, dinamismo e

tendências do desenvolvimento da floresta. Contudo, ainda persiste a necessidade da realização de estudos que retratem a florística e a estrutura dos remanescentes de Floresta Ombrófila Mista cujas informações podem ser muito úteis na elaboração e planejamento de ações que objetivam a preservação dessa formação florestal, conservando o máximo de sua diversidade (RONDON NETO et al., 2002).

Nascimento; Longhi; Brena, (2001) referem-se à realização de novos estudos a respeito da composição e a estrutura, como fonte de informação básica para a tomada de decisão da aplicação de técnicas de manejo florestal ou mesmo de conservação. Segundo os mesmos autores, a estrutura da Floresta Ombrófila Mista é complexa e os conhecimentos sobre os diversos tipos de comunidades, que existem dentro de sua área de distribuição natural, ainda não permitem uma política de conservação eficiente que mantenha a maior parte de sua diversidade vegetal pouco conhecida, sendo então necessária a realização destes estudos.

Sendo assim, segundo o mesmo autor, os estudos sobre a dinâmica destes remanescentes se apresentam como excelente alternativa, fornecendo informações importantíssimas sobre as características do fragmento, suas taxas de crescimento e diversidade. Permitindo que os gestores tomem decisões quanto ao manejo e conservação destas áreas.

1.5.3. Dinâmica florestal

Para Barth Filho (2002), a dinâmica florestal consiste nos processos de mudança da composição estrutural e funcional das florestas ao longo do tempo. A composição diz respeito à ocorrência de espécies, em função de sua estrutura, na organização das comunidades e também das populações, além do papel de cada indivíduo dentro de sua população e mesmo dentro do ecossistema como um todo.

O conhecimento da dinâmica é um tema relevante que vem sendo formulado de forma mais sistemática a partir do início do século XX, com o desenvolvimento dos conceitos de sucessão ecológica. De acordo com esses conceitos, se verificou que o ecossistema tende sempre a evoluir, a mudar a sua composição, e que esta evolução apresenta fases características. Assim, a sucessão se constitui em uma série de mudanças temporais e direcionais, envolvendo a composição de espécies e o estado do ecossistema (MAGALHÃES, 2005).

Dessa forma, a dinâmica de uma floresta corresponde à compreensão do

comportamento das espécies, sob condições naturais ou em forma manejada. Essas informações podem contribuir na adoção de técnicas adequadas que visem minimizar os impactos ambientais negativos, possibilitando a conservação e manutenção da floresta (SANTOS et al., 2012).

Mesmo reduzidas e geralmente isoladas, essas áreas são parte de um ecossistema original, detendo uma riqueza considerável de espécies vegetais, que se encarregam de abrigar e alimentar algumas espécies animais silvestres (SANTIN, 1999; PAIVA; GONÇALVES, 2002).

Para Martins (2011), estudar a dinâmica de uma floresta é imprescindível para conhecer o comportamento da mesma nos diferentes estágios de sucessão, para que assim seja realizado o aproveitamento racional e garantindo da sobrevivência das florestas naturais.

Pois será, promover a sobrevivência e conservação das áreas florestais remanescentes se torna fundamental, uma vez que essas florestas são responsáveis pelo principal meio da remoção de gases de efeito estufa da atmosfera, o sequestro de carbono.

1.5.4. As mudanças climáticas globais e emissões de gases de efeito estufa

O fenômeno das mudanças climáticas destaca-se como um dos maiores problemas que a sociedade enfrenta atualmente e serão enfrentadas nos próximos anos, com alterações na temperatura da superfície terrestre, que conseqüentemente alteram o nível do mar, mudanças no regime de chuvas com secas frequentes e prolongadas, além da constância na ocorrência de catástrofes ambientais. Essas mudanças no clima podem ser definidas de forma mais ampla, como um processo terrestre natural. Acrescenta-se a isso que, as ações antrópicas nos processos biogeoquímicos vêm acentuando e acelerando drasticamente esse processo com o aumento na emissão dos GEE (Gases de Efeito Estufa) (IPCC, 2007).

Para Etheridge (1998) as alterações globais no clima não procedem apenas de fenômenos naturais, mas também de ações antrópicas, especialmente com o aumento substancial da emissão de gases de efeito estufa (GEE), como no caso do desmatamento e da emissão proveniente da queima de combustíveis fósseis.

Para Cardoso (2012) a preocupação global não está voltada para o aquecimento causado por fontes naturais de gases de efeito estufa (GEE), sem o qual o planeta seria muito frio para suportar, mas sim no aumento das concentrações destes GEE na atmosfera por ação antropogênica (induzidas pelo homem), que causam o aquecimento global adicional e, conseqüentemente, as mudanças climáticas.

Os principais gases de efeito estufa são o dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), hexafluoreto de enxofre (SF_6), perfluorcarbonos (compostos completamente fluorados, em especial perfluormetano CF_4 e perfluoretano C_2F_6) e hidrofluorcarbonos (HFC) (MIGUEZ, 2000).

Em meio aos GEE é possível identificar o CO_2 como um dos mais importantes em se tratando de emissões, concentrações e absorção de energia. O aumento exponencial do consumo de combustíveis fósseis, nas últimas décadas do século XX, é responsável por cerca de $\frac{3}{4}$ das emissões antrópicas de CO_2 para a atmosfera terrestre (IPCC, 2007).

As primeiras avaliações quanto às mudanças no CO_2 atmosférico, com medições precisas da atmosfera se iniciaram em 1958 (KEELING, 1991), ou seja, datam de alguns anos, mostrando que este não é um problema recente, mas que nos últimos anos tem recebido mais atenção, especialmente pelos amplos efeitos que vem sendo sentidos e observados de forma global.

No Brasil, em 2014, as maiores emissões de CO_2 eram provenientes 36% do setor de energia, 32% do setor agropecuário, 19% da mudança no uso do solo, 8% de resíduos e 5% de processos industriais, totalizando a emissão de 1,85 Gt CO_2 em 2014, contribuindo com 2,9% das emissões globais, o que o coloca na sexta posição sobre os países que mais emitem CO_2 (SEEG, 2016).

Nos centros urbanos, grande parte das emissões dos gases de efeito estufa é proveniente dos automóveis. A ampla demanda por meios de transportes de cunho rodoviário se deve ao modo de crescimento econômico adotado pelo Brasil pós-guerra (MACÊDO, 2004). Esta emissão pela frota de veículos acaba por contribuir elevando as emissões nacionais, que aumentam a cada ano, contribuindo com o problema do efeito estufa.

Ao longo de 250 anos, a concentração de CO_2 aumentou de 280 para 390 ppmv (partes por milhão em volume), e na última década aumentou com uma taxa de 2 ppmv ano⁻¹, equivalente a um incremento de 3,3 Pg de C ano⁻¹ (1Pg = 1015 g ou 1 bilhão de toneladas) (IPCC, 2007).

Em 2014 nós ultrapassamos o limite das 400 ppm pela primeira vez, e começamos 2016 com 402,1 ppm. Para manter a temperatura dentro de limites nos quais é possível a humanidade se adaptar, é preciso limitar a concentração a, no máximo, 450 ppm (SEEG, 2016).

Segundo o Relatório do Greenpeace sobre o Aquecimento Global, em decorrência dessas emissões antropogênicas, análises da temperatura da terra realizadas pelos mais renomados climatologistas, que contribuem para os relatórios do IPCC, demonstraram que a

terra aqueceu entre 0,5 - 0,7 °C nos últimos 100 anos, e que se a concentração de CO₂ duplicar, os modelos matemáticos simularam o clima global com um aumento de temperatura de 1,5 a 5,8 °C nos próximos 100 anos (LEGGETT, 1992).

Essa elevação das temperaturas acaba sendo mais acentuada dentro dos centros urbanos, formando as chamadas ilhas de calor, conseqüentemente os gastos com energia para aclimatização aumentam consideravelmente, elevando a utilização dos recursos naturais. Também pode afetar pessoas mais sensíveis com doenças respiratórias, cardíacas ou mesmo hipertensão, elevando os gastos com saúde pública.

Além do inventário das emissões, é necessário que as áreas de florestas também sejam inventariadas, como forma de conhecer a capacidade de sequestrar e estocar carbono pelas florestas. Desta forma, segundo Sanquetta et al. (2013) as florestas assumem um importante papel, diante deste cenário, na mitigação das mudanças climáticas. Sendo assim, a vegetação urbana, tanto presente nas vias, praças ou mesmo esses pequenos fragmentos florestais, que encontram inseridos no meio urbano, vem em contrapartida proporcionar amenização climática e contribuir substancialmente para o sequestro do CO₂, o maior responsável pelo efeito estufa.

O carbono é fixado na biomassa florestal por meio do processo de fotossíntese realizado pelas plantas, processo no qual as plantas retiram do ar atmosférico o CO₂ e devolvem O₂ e o carbono permanece estocado em sua biomassa. Vários estudos vêm sendo desenvolvidos com o objetivo de conhecer quanto de carbono, cada tipologia ou espécie florestal é capaz de fixar, permitindo o reconhecimento do balanço que ocorre entre emissões e sequestro de carbono.

1.5.5. Sequestro de carbono

A preocupação ambiental, com que a sociedade tem se defrontado, diz respeito à manutenção de emissões de gases de efeito estufa na atmosfera, e é relativamente recente. Até meados do século passado, era impossível imaginar que as ações realizadas pelos homens pudessem causar algum impacto significativo no clima ou na sobrevivência do sistema terrestre. No entanto, a história tem provado o contrário, especialmente, em relação ao aumento da quantidade de CO₂ na atmosfera (IPCC, 2003).

Segundo Yu (2004), o uso da terra e das florestas como um mecanismo para mitigar as mudanças climáticas devido ao efeito estufa sempre foi levado em consideração. No entanto, foi somente a partir dos mecanismos de flexibilização no Protocolo de Quioto, em 1997, na

Convenção das Partes-3 (COP-3), que o foco da discussão migrou para o sequestro pelas florestas, como uma das alternativas de compensação das emissões dos países industrializados.

Foi na Conferência de Kyoto (Japão) em 1997, que se consagrou o termo “sequestro de carbono”, que possui como finalidade conter e reverter o acúmulo de CO₂ na Atmosfera, com o propósito de reduzir o efeito estufa. É frequentemente relacionado á ideia de conservação de carbono nos solos, nas florestas e em outros tipos de vegetações; ao fortalecimento de “sumidouros” de carbono, preservando áreas florestais, estabelecendo novas plantações florestais, sistemas agroflorestais e recuperação de áreas degradadas (REZENDE; MERLIN; SANTOS, 2001).

Sabe-se que as árvores têm diferentes capacidades de absorção e fixação de carbono em função da espécie, da taxa de crescimento, da longevidade, do sítio, do clima e do período de rotação, entre outros. Em geral, fixam mais carbono as florestas secundárias e as plantações jovens. As florestas primárias e as plantações maduras atingem um estágio de equilíbrio quanto à absorção de carbono, já que liberam a mesma quantidade mediante a decomposição da madeira morta e das árvores em senescência (AREVALO et al., 2002).

De acordo com Leles (1995), a fixação de carbono, durante cada ciclo de crescimento da planta florestal, é representado pelo aumento em biomassa. A matéria seca de um vegetal, que constitui a biomassa, é formada especialmente por carbono e o restante por nutrientes minerais. As concentrações variam com a espécie, fase de desenvolvimento, estado nutricional, características edafoclimáticas e com a parte do vegetal. O carbono (C) é acumulado na vegetação pelo crescimento das plantas, que assimilam o CO₂ atmosférico e incorporam-o em produtos metabolizados nos seus tecidos (50% da biomassa) (LOSI et al., 2003).

Três grupos de plantas (C3, C4 e CAM) assimilam o CO₂ atmosférico de forma diferente durante seus ciclos fotossintéticos. As duas principais vias bioquímicas para a fixação de carbono são as de plantas com o ciclo fotossintético de Calvin-Benson (denominado C3) e de Hatch-Slack (denominado C4). Essas rotas são chamadas de C3 e C4, respectivamente, em referência ao primeiro composto orgânico a ser sintetizado (3 e 4 carbonos, respectivamente) (LARCHER, 2000).

Gibbs et al. (2007) relatam que o maior reservatório florestal de carbono estocado se encontra na biomassa acima do solo, isto é das árvores, mas este também é o mais impactado pelo desmatamento e degradação.

Além do fato de que florestas mais jovens sequestram mais carbono, tem-se que as

florestas urbanas, de uma maneira geral, estocam menos C por hectare em árvores (25,1 Mg.ha) quando comparadas aos extratos florestais (53,5 Mg.ha) (NOWAK; GRANE, 2002). Este fato, provavelmente se relaciona com o estado em que se encontram estas florestas urbanas, no entanto, seu papel continua sendo fundamental no sumidouro de CO₂ em centros urbanos. Contudo, estes dados dizem respeito a outro clima, pois estes estudos foram realizados nos Estados Unidos, o que indica que estudos como esse devem ser repetidos no Brasil, para que se obtenham dados como esse a respeito das florestas urbanas.

1.5.6. Inventário das emissões de Gases de Efeito estufa

Atualmente toda a discussão se encontra direcionada para as emissões dos gases de efeito estufa e suas consequências, como as mudanças climáticas. A medida de emissão de gases pode ser quantificada por meio de um inventário dos gases de efeito estufa (BRASIL; SOUZA JUNIOR; CARVALHO JUNIOR, 2008). Segundo o IPCC (1997) toda emissão de gases de efeito estufa, de acordo com as recomendações do IPCC, deve ser calculada ou quantificada. Essa quantificação é realizada por meio de um inventário, cuja metodologia é proposta pelo IPCC.

Para a realização de inventários de gases de efeito estufa, bem como dos seus estoques de carbono em biomassa (florestas, parques, cinturões verdes), foram estabelecidos diversos protocolos e até uma norma ISO 14064 de 2006. Toda ação empresarial relacionada a mudanças climáticas deve ser fundamentada no conhecimento das suas emissões. A melhor expressão dessas emissões é um inventário. Sendo assim, o inventário de gases de efeito estufa é, portanto, a contabilização da emissão de todas as fontes definidas em grupos de atividades (BRASIL; SOUZA JUNIOR; CARVALHO JUNIOR, 2008).

Atualmente, existem algumas metodologias internacionalmente empregadas para a realização de inventários, porém, em se tratando do setor público, os documentos recomendados são o “2006 IPCC *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*” e a Norma Internacional ISO 14064 (ALMEIDA, 2011).

De acordo com IPCC (2006), os principais passos para o desenvolvimento de inventários são:

- a) Identificar o propósito de um inventário de emissões: descrever o objetivo do inventário e seu uso final e futuro;
- b) Definir as características necessárias do inventário de emissões: cada inventário de

emissões tem várias características que descrevem sua natureza (tipos de contaminantes, tipos de fonte, ano base etc.);

c) Determinar as fontes de dados para o inventário e selecionar as técnicas e métodos de estimativas de emissão: estabelecidas as características do inventário é necessário determinar as fontes de dados relacionadas com as emissões e ainda selecionar as técnicas e métodos mais adequados para estimá-las.

d) Compilar dados relacionados com as emissões e dados de atividade: os dados relacionados com as emissões incluem os fatores de emissão, os dados de amostragem da fonte e os parâmetros de modelos de fatores de emissão.

e) Calcular as estimativas de emissões: uma vez que se tenha compilado todos os dados necessários, pode-se realizar o cálculo de emissões específicas.

f) Aplicar a modelagem necessária: tendo calculado as emissões aplic-se a modelagem do inventário. Esta modelagem pode incluir a distribuição espacial e temporal, a resolução e a projeção das emissões.

g) Garantia de Qualidade (GQ): é um elemento que deve estar presente em todo o processo de desenvolvimento de inventários de emissões.

h) Avaliar a racionalidade e a incerteza dos resultados do inventário de emissão: terminado o inventário é necessário examiná-lo e avaliar a racionalidade e a incerteza dos resultados.

i) Armazenar eletronicamente os dados: este é um dos passos finais do desenvolvimento do inventário.

j) Documentar resultados: este é o último passo do desenvolvimento do inventário. A documentação deve incluir a metodologia, suposições e dados usados no processo de desenvolvimento. A documentação do inventário servirá como referência importante para futuros inventários.

Almeida (2011) sugere que para o estabelecimento de qualquer política de gestão climática é primordial o inventário de GEE, uma vez que este determina de maneira qualitativa e quantitativa as emissões atmosféricas desses gases. É a partir destas variáveis que será obtido maiores informações sobre esse tema, permitindo que sejam tomadas as medidas necessárias para contenção ou mesmo mitigação destas emissões.

No Brasil, ao final de 2009, foi sancionada a Lei 12.187 – Política Nacional de Mudanças Climáticas, a qual tem como um dos seus objetivos estimular a participação dos governos estaduais e municipais no processo de combate à mudança do clima, por meio da elaboração de um inventário dos GEE, pois este permitirá o conhecimento da realidade das

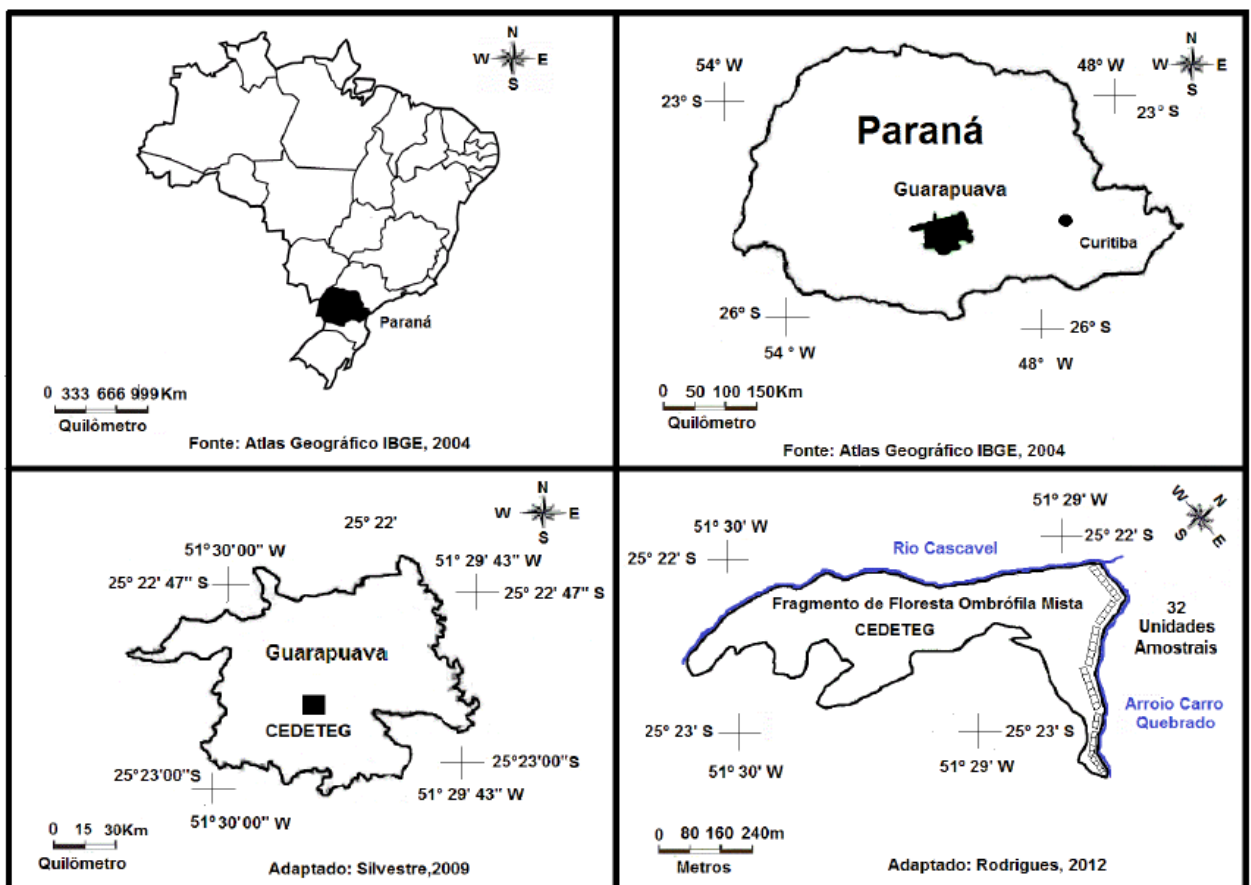
emissões locais, admitindo assim a tomada de decisão mais adequada quanto às medidas a serem realizadas nos estados e municípios, além de também contribuir para o conhecimento sobre as reais emissões do país (ALMEIDA, 2011).

Para Arias (2008) estudos relacionados a inventários de emissões atmosféricas possibilitam um melhor conhecimento e compreensão, em longo prazo, da dinâmica das emissões e das mudanças provocadas no ambiente pelas atividades biogênicas, naturais e antrópicas. Também contribui para o refinamento das metodologias e a melhoria das adaptações necessárias entre inventários nacionais, regionais ou mesmo locais, buscando uma harmonização para que os mesmos possam ser comparados entre diferentes tempos e regiões.

1.6. MATERIAL E MÉTODOS

1.6.1. Local do experimento

A área de estudo fica localizada na Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO) Campus CEDETEG, município de Guarapuava, Paraná. É um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial Urbana, com aproximadamente 11,5 ha, e se encontra inserida no terceiro planalto paranaense, entre as coordenadas geográficas $25^{\circ} 23' 00''$ S – $51^{\circ} 30' 00''$ W e $25^{\circ} 22' 47''$ S – $51^{\circ} 29' 43''$ W. A altitude da área é de aproximadamente 1020m em relação ao nível do mar (Figura 1).



Fonte: Guilhermeti (2013)

Figura 1. Área de estudo: A) Localização geográfica da área de estudo no Campus CEDETEG da Universidade Estadual do Centro Oeste, Guarapuava-PR.

Segundo Alvares et al. (2013) o clima é do tipo Cfb, com temperatura média dos três meses mais frios entre -3°C e 18°C , caracterizado por verões amenos, com geadas severas e sem estação seca definida, sendo a precipitação pluvial anual média entre 1.600–2.000 mm

(IAPAR, 2000).

A vegetação da área de estudo é classificada como Floresta Ombrófila Mista Aluvial (IBGE, 2012). Guilhermeti (2013) explica que, em função da presença de corpos hídricos no entorno deste fragmento, a distribuição natural da vegetação vem sendo influenciada, estando inserida numa região de solo úmido e frequentemente alagável, encontrando-se amplamente fragmentada, fragmentação essa, ocasionada principalmente pelos processos antrópicos de urbanização nas regiões ao entorno.

Este tipo de formação vegetal abrange as planícies aluviais onde se faz presente a *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, associada a espécies que variam de acordo com a situação geográfica e a altitude, como: *Luehea divaricata* Mart. Zucc (Açoita-Cavalo) e *Blepharocalyx salicifolius* ((Kunth) O.Berg (Murta) no estrato emergente e *Gymnanthes klotzschiana* Miill. Arg. (Branquilho), no estrato arbóreo contínuo (IBGE, 2012).

A área em questão é margeada pelo Arroio Carro Quebrado, o qual pertence à bacia do Rio Cascavel. O fragmento florestal do estudo é margeado, na porção norte pelo Arroio Carro Quebrado e na porção oeste pelo Rio Cascavelzinho. O arroio Carro Quebrado é afluente do Rio Cascavelzinho.

Quanto à composição florística do local, Guilhermeti (2013) descreveu em seu estudo como as espécies mais presentes: *Gymnanthes klotzschiana* Miill. Arg. (Branquilho), *Ligustrum lucidum* W.T. Aiton (Ligustrum), *Senegalia recurva* (Benth.) Seigler & Ebiger (Nhapindá), *Allophylus edulis* (A.St.-Hil., Cambess. & A. Juss.) Radlk. (Vacum), *Prunus brasiliensis* (Cham. & Schltdl.) D.Dietr. (Pessegueiro - Bravo), *Zanthoxylum rhoifolium* Lam. (Mamica-de-cadela), dentre outras várias espécies.

1.6.2. Material experimental

As primeiras pesquisas nesta área foram realizadas no ano de 2007, ao serem instaladas 30 parcelas permanentes de 10 x 10 m, que tiveram como objeto de estudo a dinâmica florestal (RODRIGUES, 2012). Nesta área, em 2011 foram instaladas mais 42 parcelas permanentes, divididas em três transecções.

Para a avaliação da composição florística, da dinâmica florestal e da quantificação de biomassa e carbono, foi alocado no fragmento florestal, 3 transectos (A, B e C), onde foram instaladas 41 subparcelas, sendo: Transecto A – 15 subparcelas; Transecto B e C – 13 subparcelas, com dimensões de 10 x 10 m (100 m²), ou seja, 4100 m² de área amostral (Figura 2).



Fonte: Guilhermeti (2013)

Figura 2. Disposição dos corpos hídricos e da instalação das unidades amostrais em fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial Urbana, Guarapuava – PR.

2. FLORÍSTICA, FITOSSOCIOLOGIA, BIOMASSA E CARBONO EM FLORESTA OMBROFILA MISTA ALUVIAL URBANA, GUARAPUAVA-PR

RESUMO

O objetivo deste capítulo foi realizar o inventário florestal da estrutura arbórea do Fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial Urbana localizado no Campus CEDETEG da UNICENTRO em Guarapuava, estado do Paraná, visando o conhecimento da dinâmica de crescimento e as reais condições da vegetação, quantificar o estoque de biomassa e carbono da área. O levantamento florístico foi realizado em três transecções (A – 15 subunidades; B – 13 subunidades e C – 13 subunidades). Para a avaliação da composição florística, a área foi re-inventariada durante o mês de janeiro de 2016, na forma de censo dentro dos transectos, onde todas as árvores com DAP (diâmetro à altura do peito) ≥ 5 cm foram mensuradas. Para a análise dos dados e representação gráfica dos resultados, foi empregado o software Microsoft Excel. Foram obtidos os estimadores florísticos e fitossociológicos, quantificado o estoque de carbono presente na biomassa em pé do fragmento e a serapilheira. Foram levantados 858 indivíduos arbóreos, pertencentes a 34 espécies e 21 famílias botânicas. A *Gymnanthes klotzschiana* foi à espécie mais representativa da floresta (383 indivíduos). O índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') foi 2,22 nats.ind⁻¹, a Uniformidade de Pielou (J') 0,63 e índice de Simpson (D) 0,23, indicando que o fragmento apresenta baixa diversidade, explicada pela segmentação do ambiente aluvial, pela restrição de desenvolvimento de algumas espécies devido à hidromorfia do solo e também pela grande pressão urbana que ocorre na área. O índice de impacto ambiental de espécies exóticas foi 0,91. A taxa de mortalidade média para a floresta foi superior (5,356% ha.ano⁻¹) à taxa de recrutamento (1,4% ha.ano⁻¹). O maior estoque de carbono foi verificado na *Gymnanthes klotzschiana* 9,03 Mg ha⁻¹, seguida da *Matayba elaeagnoides* com 3,33 Mg ha⁻¹. Entre as frações observou-se maior estoque de carbono em, 2016, nos galhos 54,0%, seguida de fuste 39,7%, casca 2,8%, folhas 3,5% e serapilheira 2,19 Mg ha⁻¹. O estoque de carbono presente na serapilheira para o ano de 2016 para o fragmento foi de 118,69 Mg. O fragmento sofre com pressões da urbanização, com baixa diversidade, presença de espécies exóticas invasoras, com valores de sequestro de carbono considerável, porém estes valores podem ser elevados por meio de ações de manejo na área, com a finalidade de promover a conservação do fragmento.

Palavras-chaves: Floresta ciliar; Dinâmica florestal; Estoque de carbono.

ABSTRACT

The objective of this chapter was to carry out the forest inventory of the tree structure of the Fragment of Alluvial Urban Mixed Forest located at the CEDETEG Campus of UNICENTRO in Guarapuava, state of Paraná, aiming to know of the growth dynamics and the real conditions of the vegetation, and to quantify the stock of biomass and carbon of the area. The floristic survey was performed on three transections (A - 15 subunits, B - 13 subunits and C - 13 subunits). For the evaluation of the floristic composition, the area was re-analyzed during the month of January, 2016, in the form of a census inside the transects, where all the trees with DBH (diameter at breast height) ≥ 5 cm were measured. For the analysis of the data and graphical representation of the results, it was used the Microsoft Excel software. Floristic and phytosociological estimators were obtained, quantifying the carbon stock present in the standing biomass of the fragment and the litter. A total of 858 arboreal individuals belonging to 34 species and 21 botanical families were collected. The *Gymnanthes klotzschiana* was the most representative species of the forest (383 individuals). The diversity index of Shannon-Wiener (H') was 2.22 nats.ind⁻¹, the Pielou Uniformity (J') was 0.63 and Simpson's index (D) was 0.23, indicating that the fragment is low in diversity, explained by the segmentation of the alluvial environment, by the restriction of development of some species due to the hydromorphy of the soil and also by the great urban pressure that occurs in the area. The environmental impact index of exotic species was 0.91. The average mortality rate for the forest was higher (5.356% ha.year⁻¹) than the recruitment rate (1.4% ha.year⁻¹). The largest carbon stock was verified in *Gymnanthes klotzschiana* reaching a value of 9,03 Mg ha⁻¹, followed by *Matayba elaeagnoides* with 3.33 Mg ha⁻¹. Among the fractions, it was observed a higher carbon stock in 2016, in the branches 54.0%, followed by shank 39.7%, bark 2.8%, leaves 3.5% and litter 2.19 Mg ha⁻¹. The carbon stock present in the litter for the year 2016 for the fragment was 118.69 Mg. The fragment suffers from the pressures of urbanization, with low diversity, presence of invasive exotic species, with values of considerable carbon sequestration, but these values can be raised by means of management actions in the area, with the purpose of promoting conservation of the fragment.

Keywords: Riparian forest; Forest Dynamics; Carbon Stock.

2.1. INTRODUÇÃO

As florestas aluviais são também conhecidas como florestas ciliares ou de galeria. São formações florestais fortemente influenciadas pelos rios, que exercem importante função na estabilidade do regime hídrico das planícies sujeitas a inundações periódicas (KANIESKI et al., 2012).

Socher et al. (2008) comentam que foi somente a partir da década de 90, que as pesquisas se empenharam no melhor conhecimento dos ambientes ripários, através de estudos de florística e fitossociologia. Para Rodrigues (2012) levando em consideração as condições singulares das florestas aluviais, estudos da dinâmica nestas formações são de grande interesse, possibilitando compreender a resposta da comunidade arbórea aos distúrbios periódicos.

Em geral, as florestas fluviais contêm menor diversidade florística, especialmente devido aos solos hidromórficos, contudo sua importância é tão significativa quanto às demais tipologias. Assim há uma crescente necessidade que sejam realizados estudos visando à conservação e recuperação das florestas aluviais, especialmente dos fragmentos inseridos no meio urbano, no sentido contribuir para a qualidade de vida da população (SOCHER et al., 2008).

Para Felfili e Silva-Júnior (1992), levantamentos florísticos e fitossociológicos contribuem com informações adequadas para a elaboração e planejamento de ações que visam a preservação da vegetação regional, conservando o máximo da diversidade local.

É de fundamental importância para o equilíbrio dos ecossistemas, compreender esses remanescentes através de estudos florísticos, que permitam à identificação das espécies adaptadas a heterogeneidade desses ambientes. Além do mais, compreender a dinâmica dessas florestas, com base nas alterações da diversidade florística e estrutura, torna-se necessário para o entendimento dos fatores biológicos e ambientais mais determinantes no desenvolvimento dessas formações, visando melhores práticas de conservação e manejo (RODRIGUES, 2012).

Além disso, é de fundamental importância conhecer a capacidade de sequestro de carbono desta tipologia florestal, uma vez que apresenta fundamental importância, especialmente quando inserida no meio urbano.

Desta forma, o presente estudo teve como objetivo analisar a florística, estrutura fitossociológica, diversidade e dinâmica de crescimento e sequestro de carbono do Fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial Urbana, localizado no Campus CEDETEG da

UNICENTRO – Guarapuava, conhecendo desta forma, as reais condições do fragmento e as taxas de desenvolvimento do mesmo, de forma a propor melhores práticas de conservação e manejo.

2.2. MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1. Avaliação da Composição Florística e Estrutura Fitossociológica

A área em estudo foi inventariada inicialmente no ano de 2011, re-inventariada no ano de 2014 e 2016. Para a avaliação da composição florística, a área foi re-inventariada durante o mês de janeiro de 2016, na forma de censo dentro das parcelas, onde todas as árvores com DAP (diâmetro à altura do peito) ≥ 5 cm foram mensuradas, e as árvores que alcançaram esse DAP mínimo, foram incluídas no novo inventário, sendo então numeradas com etiquetas de metal a altura de 1,20 m do solo, medidas e identificadas, por meio da coleta de matéria vegetal e fotográfico para posterior consulta com a bibliografia. Neste inventário contabilizou-se as árvores mortas, (que se encontravam mortas ou desaparecidas do ano de 2014 até 2016) e os ingressos, incluindo todos os indivíduos que alcançaram o DAP ≥ 5 cm .

No campo, todas as árvores foram mensuradas a altura de 1,30 m do solo, com o auxílio de uma fita métrica, obtendo-se, então, o CAP (circunferência a altura do peito) que foi convertido em DAP (Figura 3).



Fonte: Autor (2017)

Figura 3. Aspectos da floresta urbana no presente estudo, sendo: **A)** Fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial Urbana; **B)** Medição do CAP no fragmento em Guarapuava / PR.

Para a mensuração dos diâmetros dos indivíduos com ramificações abaixo de 1,3 m foi utilizado o método do diâmetro quadrático (MACDICKEN; WOF; BRISCOE, 1991), que é obtido através do cálculo da raiz da soma dos quadrados dos diâmetros, conforme a equação (1):

Equação 1
$$DQ = \sqrt{DAP1^2 + DAP2^2 + \dots + DAPi^2}$$

Na qual:

DQ = Diâmetro quadrático (cm);

DAP_i = DAP da *i*-ésima ramificação (cm);

Posteriormente ao inventário, para a análise dos dados e representação gráfica dos resultados, foi empregado o software Microsoft Excel®. Foram obtidos os estimadores fitossociológicos frequentemente utilizados: Densidade e Dominância Absoluta; Frequência Absoluta e Relativa; Densidade e Dominância Relativa; e Valor de Cobertura e Valor de Importância, Índices de Diversidades do fragmento, Índice de Uniformidade e Índice de Impacto Ambiental de Exóticas (SHANNON; WIENER, 1949; PIELOU, 1959; MUELLER DOMBOIS; ELLENBERG, 1974; MARTINS, 1979; REASER et al., 2007).

De acordo Longhi et al. (2000), tais parâmetros caracterizam a condição de ocorrência em que se encontram as espécies e, quando somados na forma relativa, definem o valor de importância (VI) de uma espécie em relação às demais existentes na comunidade vegetal.

A fitossociologia é amplamente utilizada para diagnóstico quali-quantitativo das formações vegetais, sendo que vários pesquisadores defendem a aplicação de seus resultados no planejamento das ações de gestão ambiental, manejo florestal e recuperação de áreas degradadas (ISERNHAGEN; SILVA; GALVÃO, 2001).

2.2.2. Índice de Diversidade de Shannon-Wiener (H')

Em áreas naturais a diversidade de espécies é muito importante, pois é um sinal de conservação da riqueza e diversidade do local. Assim, quanto maior o valor de H', maior será a diversidade florística da população em estudo, sendo que os valores normalmente variam de 1,5 a 3,5, sobretudo para as florestas da região sul.

A diversidade florística da área de estudo foi calculada com base no Índice de Shannon-Wiener – H', utilizando Equação 2.

Equação 2
$$H' = - \sum_{i=1}^s (ni/N) * \ln (ni/N)$$

Na qual:

H' = Índice de Diversidade de Shannon;

ni = número de indivíduos amostrados para a *i*-ésima espécies;

N = número total de indivíduos amostrados;

Ln = Logaritmo Neperiano.

2.2.3. Índice de Uniformidade de Pielou

O índice de uniformidade de Pielou é a relação entre a diversidade real e a diversidade máxima. Quando os valores de J' forem iguais à zero significa que todas as árvores pertencem a uma única espécie, enquanto que valores de J' igual a um, significa que todas as espécies estão igualmente representadas. É dada pela Equação 3.

Equação 3 $J' = H' / H' \text{ max}$

Na qual:

J' = Índice de Uniformidade de Pielou;

H' = Índice de diversidade real;

$H' \text{ max}$ = Diversidade máxima, = $\ln s$

S = Número de espécies.

2.2.4. Índice de diversidade Simpson (D)

O índice de Simpson (D), refere-se a probabilidade de dois indivíduos retirados aleatoriamente de uma comunidade pertencerem à mesma espécie. Uma vez que quando D aumenta a diversidade diminui para converter essa probabilidade a uma medida de diversidade, o índice é expresso como 1-D.

Equação 4 $D = \sum_{i=1}^s p_i^2$

Na qual:

D = índice de Simpson

p_i = abundancia relativa (proporção) da espécie i na amostra

$p_i = n_i / N$

2.2.5. Índice de impacto ambiental de exóticas

Este índice varia de -1 a 1, sendo que -1 significa que a área não possui plantas nativas e 1 que a área não possui plantas exóticas. Segundo Reaser et al. (2007), valores abaixo de

0,8 já significariam uma preocupação para a biodiversidade local, pois representariam que cerca de 20% da área estaria ocupada pela vegetação exótica, necessitando uma intervenção e manejo local urgente.

Índice de Impacto Ambiental de Exóticas (IIAE) foi efetuado a partir do cálculo dos coeficientes do impacto ambiental (REASER et al., 2007). O cálculo foi realizado segundo a Equação 5:

Equação 5 **IIAE = - ((P_{exótica} - P_{nativa}) / (P_{total} / N_{área}))**
 Na qual:

IIAE = índice de impacto ambiental de exóticas na subárea ou parcela estudada;

P_{exóticas} = valor do VI das plantas exóticas na parcela ou no ponto de amostragem;

P_{nativas} = valor do VI das plantas nativas na parcela ou no ponto de amostragem;

P_{total} = valor do VI total (VI = 300);

N_{área} = número de parcelas ou pontos de amostragem.

2.2.5. Densidade

A densidade das espécies foi obtida a partir da Equação 6 e 7, que denota o número de indivíduos da espécie “i” por unidade de área e sua forma relativa em função do número total de indivíduos.

Equação 6 **DA = n / ha**

Equação 7 **DR = DA / N *100**

Na qual:

DA = densidade absoluta (Ind.ha⁻¹);

DR = densidade relativa (%);

n = número de indivíduos da espécie “i”;

N = número total de indivíduos.

2.2.6. Frequência

A frequência refere-se a ocorrência de determinada espécie em porcentagem de parcelas em que ocorre, obtidas pelas Equações 8 e 9 em sua forma absoluta e relativa.

Equação 8 **FA = (p / P) * 100**
Equação 9 **FR = (FA / ΣFA) * 100**

Na qual:

FA = frequência absoluta (%);

FR = frequência relativa (%);

p= número de parcelas com ocorrência da espécie;

P = número total de parcelas.

2.2.7. Dominância

É a área ocupada pela espécie, sendo então a área de projeção das copas das árvores. Uma vez que existe a relação entre o diâmetro da copa e o DAP, utiliza-se então a área da base (área basal) das árvores para o cálculo (Equações 10 e 11).

Equação 10 **DoA = Σg / ha**
Equação 11 **DoR = (DoA / ΣDoA) * 100**

Na qual:

DoA = dominância absoluta (m². ha⁻¹);

DoR = dominância relativa (%);

g = área basal da espécie (m²).

2.2.8. Valor de Importância

O valor de importância se dá pela somatória dos valores relativos da Densidade, Frequência e Dominância, como representado pela Equação 12.

Equação 12 **VI = DR + FR + DoR**

Na qual:

VI = valor de importância;

DR = densidade relativa (%);

FR = frequência relativa (%);

DoR = dominância relativa (%).

2.2.9. Valor de Cobertura

É dado pela somatória dos valores da Densidade Relativa e Dominância Relativa

(Equação 13).

Equação 13 **VC = DR + DoR**

Na qual:

VC = valor de cobertura;

DR = densidade relativa (%);

DoR = dominância relativa (%).

2.2.10. Dinâmica de crescimento

A avaliação dos processos dinâmicos da floresta foi efetuada com base na evolução dos parâmetros fitossociológicos durante o período (entre as avaliações, entre a avaliação de 2014 e a última avaliação de 2016). O comportamento das espécies quanto aos parâmetros neste período foi considerado como indicativo do comportamento dinâmico no fragmento de estudo. Os parâmetros considerados foram: crescimento, mortalidade e recrutamento.

As árvores vivas na primeira avaliação e que morreram ao longo do período entre as avaliações indicaram taxa de mortalidade, dada para o total da floresta e por espécie, como segue na Equação 14.

Equação 14 **M(%) = (nm / N) * 100**

Na qual:

M% = percentual de mortalidade

Nm = número de indivíduos mortos da espécie no período;

N = número total de indivíduos.

O ingresso / recrutamento foi avaliado com base naquelas árvores que não constavam na medição inicial e que atingiram o diâmetro mínimo de inclusão (DAP \geq 5 cm) na medição final. A taxa de recrutamento por espécie e para toda a floresta foi obtida a partir da equação 15.

Equação 15 **I% = (ni / N) *100**

Na qual:

I% = porcentagem de recrutas (%);

ni = número de indivíduos recrutas da espécie no período;

N = número total de indivíduos.

2.2.11. Crescimento

O crescimento da floresta foi avaliado com base no incremento diamétrico e incremento em área basal dos indivíduos arbóreos. Os cálculos basearam-se nas árvores incluídas na primeira medição que permaneceram vivas até o momento da segunda e terceira avaliação. Os incrementos diamétricos e em área basal foram obtidos para espécie e também para toda a floresta. Foi calculado o incremento periódico, e incremento periódico anual, (Equações 16 e 17 para diâmetro e 18 e 19 (Área Basal).

Equação 16 $IP_{DAP} = DAP_{t1} - DAP_{t0}$

Equação 17 $IPA_{DAP} = IP_{DAP} / T$

Equação 18 $IP_g = g_1 - g_2$

Equação 19 $IPA_g = IP_g / T$

Na qual:

IP = incremento periódico ($m^2 \cdot ha^{-1}$);

IPA = incremento periódico anual ($m^2 \cdot ha \cdot ano^{-1}$);

DAP = diâmetro à altura do peito (cm);

G = área transversal ($m^2 \cdot ha$);

T = tempo decorrido entre as avaliações (anos).

2.2.12. Quantificação da biomassa e do carbono

No presente estudo ainda se quantificou a biomassa acima do solo e o estoque de carbono. Para as quantificações foram empregadas equações ajustadas por Ratuchne (2015) para a tipologia florestal do remanescente em estudo.

Buscou-se quantificar a biomassa total, assim como o carbono total da árvore, bem como para a parte aérea, folhas, galhos, para o fuste e casca, e ainda quantificou-se o carbono presente na serapilheira.

2.2.13. Estoque de carbono na biomassa

A estimativa da biomassa acima do solo e o estoque deste carbono foi realizado por meio de equações alométricas, utilizando os dados dos inventários (dos anos de 2011, 2014 e 2016). Para a estimativa utilizaram-se as equações ajustadas por Ratuchne (2015) para áreas

de Floresta Ombrófila Mista no Estado do Paraná (Tabela 1).

Tabela 1. Equações ajustadas utilizadas para a estimativa do carbono no fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial Urbana em Guarapuava – PR.

	Equações	R ² aj	S _{xy} %	F*
1	$B_{total} = (B_{fuste} + B_{casca} + B_{galhos} + B_{folhas})$	-	-	-
2	$C_{total} = (C_{fuste} + C_{casca} + C_{galhos} + C_{folhas})$	-	-	-
3	$B_{fuste} = \exp(-2,88457 + 2,29168 \ln dap)$	0,984	35,95	6814,45
4	$C_{fuste} = \exp(-3,74343 + 2,28477 \ln dap)$	0,983	35,91	6686,02
5	$B_{casca} = 0,00345 \text{ dap}^{2,41711} + 1,84007 \log dap$	0,932	68,58	774,13
6	$C_{casca} = 0,09705 \exp^{dap^0},42295$	0,928	72,86	1418,26
7	$B_{galhos} = 1,25482 \exp \text{dap}^{0,45616}$	0,946	97,97	1969,38
8	$C_{galho} = \exp(-3,98042 + 2,38387 \ln dap)$	0,922	102,66	1315,92
9	$B_{folhagem} = \exp(-3,50135 + 1,67359 \ln dap)$	0,767	108,05	369,74
10	$C_{folhagem} = -0,22052 + 0,05347 \text{ dap} + 0,00261 \text{ dap}^2$	0,802	101,26	228,25

R²aj= Coeficiente de determinação ajustado; S_{xy}%= Erro padrão da estimativa; F*= Estatística * ao nível de confiança de 95%; F:Btotal = Biomassa total (kg); ln = logaritmo na base; e exp = função exponencial; Dap = diâmetro a altura do peito (cm); Ctotal = Carbono aéreo total; Bfuste = Biomassa do fuste (Kg); Cfuste = Carbono do fuste total (Kg); Bcasca = Biomassa da casca (kg); Ccasca = Carbono da casca; Bgalhos = Biomassa dos galhos (Kg); Cgalhos = Carbono dos galhos; Bfolhagem = Biomassa das folhas (kg); Cfolhagem = Carbono das folhas.

2.2.14. Estoque de carbono na serapilheira acumulada sobre o solo

Para a obtenção do estoque da serapilheira, considerou-se o material depositado sobre o solo composto por folhas, casca, material reprodutivo e ramos (FONSECA; REY BENAYAS; ALICE, 2011).

A serapilheira foi coletada dentro de cada uma das subparcelas, sendo esta coleta realizada em 2 repetições / subparcelas, ou seja, em dois pontos distintos sorteados aleatoriamente. A coleta das amostras de serapilheira foi realizada ao longo das 4 estações do ano (Verão, Outono, Inverno e Primavera), sendo uma em cada estação.

Adotou-se o método descrito por Person et al. (2007), onde utilizou-se um gabarito, confeccionado em madeira com as dimensões de 0,50 m x 0,50 m, sendo que todo o material que ficou alocado dentro do gabarito foi recolhido em sacos de papel (7,5 Kg) (Figura 4), pesado logo após a coleta com auxílio de uma balança semi-analítica (precisão 0,001 g), descontando-se o valor médio dos sacos utilizados na coleta. Posteriormente todo o material pesado foi levado a estufa de circulação de ar a 65 °C até apresentarem peso constante, sendo

pesadas novamente em balança semi-analítica para obter o peso seco em biomassa.



Fonte: O autor (2017)

Figura 4. Procedimento (Passo a passo) de coleta de serapilheira para a estimativa de biomassa e carbono no Fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial Urbana em Guarapuava / PR.: **A)** Gabarito de madeira de 0,25m² para a coleta de serapilheira; **B, C e D)** Coleta em sacos de papel de todo material dentro do gabarito; **E)** Pesagem em balança analítica do material coletado; e **F)** Secagem em estufa a 65 graus C até peso constante.

Com o valor de peso seco constante foi estimado o estoque de biomassa existente na serapilheira por estação do ano, sendo este extrapolado para o fragmento. A partir da biomassa obteve-se o estoque de carbono, extrapolado para o fragmento. A estimativa do estoque de carbono se deu pela multiplicação do estoque de biomassa estimada pelo teor médio de carbono (0,454 Mg.ha⁻¹ teor médio obtido por Maas (2015) em Floresta Ombrófila Mista), onde (Equação 20):

Equação 20 **Estoque C = Biomassa (Mg/ha) * Teor de Carbono**

Na qual:

Estoque C = Mg / ha;

Teor de carbono = 0,454 (Mg.ha⁻¹);

Desta forma obteve-se o estoque médio de carbono para cada estação do ano para o fragmento e o estoque total de carbono contido no fragmento.

Posteriormente, o estoque total de carbono da biomassa aérea foi adicionada ao estoque de carbono contido na serapilheira, obtendo assim o estoque total da área, na biomassa vegetal viva e morta acima do solo.

2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1. Levantamento florístico

Foram encontrados no total 858 indivíduos arbóreos com DAP ≥ 5 cm no levantamento de 2016, 34 espécies e 21 famílias botânicas. Das espécies arbóreas identificadas (Tabela 2), as famílias com maior número de indivíduos foram: Euphorbiaceae (44,9%), Sapindaceae (14,2%), Rosaceae (8,2%), Aquifoliaceae (6,5%), Salicaceae (4,8%) e Rutaceae (3,9%) (Tabela 2). Guilhermetti (2015) ao estudar a mesma área no ano de 2014 encontrou 904 indivíduos, distribuídos em 34 espécies e 21 famílias botânicas, tendo espécies mais frequentes as mesmas do presente estudo.

Observou-se que durante dois anos a composição florística do fragmento não se alterou, permanecendo com mesmo número de espécies e famílias, porém com redução no número total de indivíduos. Essa redução se deu pela mortalidade de indivíduos na área, também pela exploração (corte irregular) realizado na área.

Iurk (2008) identificou 318 indivíduos, distribuídos em 67 famílias, 111 gêneros e 134 espécies em formação de floresta aluvial do Rio Iguaçu, no município de Palmeira. Contudo, a área de estudo é uma área livre dos efeitos da antropização, margeando o Rio Iguaçu, justificando a ampla distribuição em famílias e espécies.

Leite (1994) cita como espécies características dessa formação, *Gymnanthes klotzschiana* dominando o estrato superior, juntamente com o *Syagrus romanzoffiana*, *Blepharocalyx salicifolius*, *Erythrina crista-galli*, *Vitex megapotamica*, *Luehea divaricata* e *Salix humboldtiana* e no estrato inferior, *Schinus terebinthifolius*, ocorrendo também indivíduos de araucária isolados ou em pequenos grupamentos, justamente pelas características que esta tipologia apresenta, de solos encharcados, que não são os preferidos pela espécie.

Observou-se *Gymnanthes klotzschiana* em grande quantidade (383 indivíduos), devido ser característica de solos alagáveis, como os da floresta aluvial, que se divide em áreas com solos mais estruturados, com cobertura vegetal maior e solos encharcados, que são alagados com frequência, onde se encontram a espécie em grande quantidade (LEITE, 1994). De acordo com o mesmo autor, na Floresta Ombrófila Mista Aluvial existem espécies arbustivas e arbóreas que têm certa capacidade adaptativa aos regimes de hidromorfia dos solos,

destacando-se especialmente a *Gymnanthes klotzschiana*.

Tabela 2. Estimadores fitossociológicos das espécies arbóreas (DAP > 5 cm) amostradas no fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial Urbana, em Guarapuava – PR .

Espécie	Família	Qtidade	DA (N/ha ⁻¹)	DR (%)	DoA (m ² .ha ⁻¹)	DoR (%)	FA (%)	FR (%)	VC	VI
<i>Gymnanthes klotzschiana</i> Müll.Arg.	Euphorbiaceae	383	890,698	44,639	13,820	42,202	88,372	15,139	86,841	101,980
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	Sapindaceae	94	218,605	10,956	4,871	14,876	53,488	9,163	25,832	34,995
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	Rosaceae	71	165,116	8,275	1,785	5,451	53,488	9,163	13,726	22,890
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	Rutaceae	34	79,070	3,963	1,768	5,398	34,884	5,976	9,361	15,337
<i>Ligustrum lucidum</i> W. T. Aiton	Oleaceae	27	62,791	3,147	1,774	5,418	23,256	3,984	8,564	12,548
<i>Ilex theezans</i> Mart. ex Reissek	Aquifoliaceae	34	79,070	3,963	0,362	1,107	39,535	6,773	5,069	11,842
<i>Casearia decandra</i> Jacq.	Salicaceae	33	76,744	3,846	0,366	1,116	37,209	6,375	4,963	11,337
<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	Lauraceae	20	46,512	2,331	1,453	4,437	23,256	3,984	6,768	10,752
<i>Dicksonia sellowiana</i> Hook.	Dicksoniaceae	12	27,907	1,399	1,714	5,235	16,279	2,789	6,633	9,422
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil., et al.) Heron. Ex Niederl.	Sapindaceae	27	62,791	3,147	0,304	0,929	30,233	5,179	4,076	9,255
<i>Cinnamodendron dinisii</i> Schwanke	Canellaceae	20	46,512	2,331	0,611	1,865	23,256	3,984	4,196	8,180
<i>Ilex dumosa</i> Reissek	Aquifoliaceae	22	51,163	2,564	0,314	0,958	13,953	2,390	3,522	5,912
<i>Vitex megapotamica</i> (Spreng.) Moldenke	Lamiaceae	10	23,256	1,166	0,230	0,703	20,930	3,586	1,869	5,454
<i>Xylosma pseudosalzmanii</i> Sleumer	Salicaceae	9	20,930	1,049	0,192	0,585	18,605	3,187	1,634	4,821
<i>Schinus therebinthifolius</i> Raddi	Anacardiaceae	12	27,907	1,399	0,159	0,484	16,279	2,789	1,883	4,672
<i>Jacaranda micrantha</i> Cham.	Bignoniaceae	5	11,628	0,583	0,871	2,660	6,977	1,195	3,243	4,438
<i>Adenocalymma álbum</i> (Aubl.) L. G. Lohmann	Bignoniaceae	8	18,605	0,932	0,111	0,338	13,953	2,390	1,270	3,661
<i>Luehea divaricata</i> Mart. & Zucc.	Malvaceae	5	11,628	0,583	0,147	0,449	11,628	1,992	1,032	3,024
<i>Solanum</i> sp.	Solacaceae	3	6,977	0,350	0,444	1,357	6,977	1,195	1,707	2,902
<i>Cybistax antisiphilitica</i> (Mart.) Mart.	Bignoniaceae	5	11,628	0,583	0,353	1,078	4,651	0,797	1,661	2,458
<i>Clethra scabra</i> Pers.	Clethraceae	5	11,628	0,583	0,179	0,547	6,977	1,195	1,130	2,325
<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Marang	Euphorbiaceae	3	6,977	0,350	0,108	0,329	6,977	1,195	0,678	1,873
<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	Araucariaceae	1	2,326	0,117	0,381	1,162	2,326	0,398	1,279	1,677
<i>Lithrea molleoides</i> (Vell.) Engl.	Anacardiaceae	2	4,651	0,233	0,066	0,200	4,651	0,797	0,433	1,230
<i>Eugenia uniflora</i> L.	Myrtaceae	2	4,651	0,233	0,023	0,069	4,651	0,797	0,302	1,099

Continua...

Espécie	Família	Qtidade	DA (N/ha⁻¹)	DR (%)	DoA (m².ha⁻¹)	DoR (%)	FA (%)	FR (%)	VC	VI
<i>Mimosa scabrella</i> Benth.	Fabaceae	2	4,651	0,233	0,073	0,224	2,326	0,398	0,457	0,856
<i>Ocotea pulchella</i> (Nees & Mart.) Mez	Lauraceae	1	2,326	0,117	0,083	0,254	2,326	0,398	0,370	0,769
<i>Ocotea diospyrifolia</i> (Meisn.) Mez	Lauraceae	2	4,651	0,233	0,022	0,067	2,326	0,398	0,300	0,699
<i>Erythroxylum deciduum</i> A. St.-Hil.	Erythroxylaceae	1	2,326	0,117	0,048	0,146	2,326	0,398	0,263	0,661
<i>Eugenia pyriformis</i> Cambess.	Myrtaceae	1	2,326	0,117	0,043	0,132	2,326	0,398	0,248	0,647
<i>Maytenus aquifolia</i> Mart.	Celastraceae	1	2,326	0,117	0,029	0,089	2,326	0,398	0,205	0,604
<i>Campomanesia guazumifolia</i> (Cambess.) O.Berg	Myrtaceae	1	2,326	0,117	0,020	0,061	2,326	0,398	0,178	0,576
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	Sapindaceae	1	2,326	0,117	0,016	0,049	2,326	0,398	0,165	0,564
<i>Campomanesia xanthocarpa</i> (Mart.) O. Berg	Myrtaceae	1	2,326	0,117	0,008	0,024	2,326	0,398	0,141	0,539
Total geral		858	1995,3	100	32,75	100	583,72	100	200	300

DA= densidade absoluta (árvore/ha), DR= densidade relativa (%), DoA= dominância absoluta (m²/há), DoR= dominância relativa (%), FA= frequência absoluta (%), FR= frequência relativa (%), VC= valor de cobertura e VI= valor de importância.

Dentre todas as espécies, *Gymnanthes klotzschiana* (Branquilho) apresentou ampla hegemonia, obtendo os maiores valores para os três estimadores fitossociológicos, com densidade de 890 ind./ha, dominância de 13,82 m²/ha e 88,3% de frequência, o que lhe rendeu um valor de importância (VI) de 101,98, quase três vezes maior ao da segunda colocada, *Matayba elaeagnoides* (Camboatá-vermelho) com VI de 34,99.

Barddal et al. (2004), em uma tipologia florestal aluvial em Araucária-PR, também encontraram altos valores para a espécie, onde *Gymnanthes klotzschiana* atingiu uma densidade de 1630 árvores/ha, 100% de frequência e dominância de 30,86 m²/ha, chegando ser seis vezes superior que *Allophylus edulis* (Chal-chal), segunda espécie mais representativa no estudo. Assim, a espécie acaba estampando sua coloração na paisagem, deixando-a verde-acinzentada no outono e inverno, em função de sua decidualidade foliar, verde-clara durante a primavera e verde-escura no verão. Reitz (1965) reitera que é comum *Gymnanthes klotzschiana* ser a espécie mais característica nas planícies aluviais, podendo compor 60-80% da vegetação arbórea dessa formação.

Segundo Iurk (2008), a abundância de *G. klotzschiana* pode estar relacionada à facilidade de regeneração. A espécie, quando sofre desbastes, consegue rebrotar, ou ainda quando um indivíduo da espécie cai em um solo encharcado emite brotações do seu tronco principal, o que justifica o extenso aglomerado da espécie na área de estudo, com muitas bifurcações.

Matayba elaeagnoides foi a segunda espécie de maior ocorrência na área com os maiores valores para valor de cobertura 25,33 e valor de importância (34,99), densidade (218,60 ind/ha) e dominância (4,18 m²/ha). A *Matayba elaeagnoides* é considerada como uma espécie secundária inicial e também se destacou no processo de sucessão ecológica, pois a área em estudo foi muito explorada e sofre com a pressão urbana do entorno. Porém, em algumas partes a floresta está conseguindo atingir estágios mais avançados de sucessão, indicando que o carbono estocado tende a aumentar, uma vez que as árvores estão em constante processo de crescimento.

O *Prunus myrtifolia* (Pessegueiro-bravo) apresentou uma ocorrência de 71 indivíduos, contribuindo com valor de cobertura de 13,72 e valor de importância 22,89.

Esses estágios mais avançados de sucessão possivelmente contribuem para um maior estoque de biomassa e carbono, uma vez que os indivíduos arbóreos apresentam dimensões maiores.

Também estão presentes *Allophylus edulis* (Chal-chal), que é frequentemente encontrado nos levantamentos florísticos na Floresta Ombrófila Mista Aluvial (BARDDAL, 2004; RODRIGUES, 2012; CARVALHO et al., 2014). Porém, no presente estudo, é a sétima espécie de densidade (27 indivíduos), ou seja, os efeitos da degradação da floresta ainda estão presentes. Ainda observou-se a presença da *Cupania vernalis* (Camboatá-branco), *Jacaranda micrantha* (Jacaranda), *Maytenus aquifolia* (Espinheira-santa), *Ilex theeza* (Caúna), dentre outras espécies fazendo parte da composição inicial. Contudo, pode-se constatar a presença de algumas espécies que são consideradas secundárias tardias como, *Casearia decandra* (Guaçatunga), *Cinnamodendron dinisii* (Pimenteira), *Ilex dumosa* (Cauninha) e as Lauraceae (*Ocotea diospyrifolia* (Canela), *Ocotea puberula* (Canela-guaicá), *Ocotea pulchella* (Canela-do-brejo)) indicando que o fragmento está avançando no processo de sucessão ecológica.

A *Araucaria angustifolia* (Araucaria) espécie característica da formação Ombrófila Mista, porém não tão presente em formações aluviais, apresentou apenas um indivíduo, provavelmente devido a formação aluvial aqui estudada, onde a espécie não é muito frequente e devido às características hidromórficas do solo. No levantamento de 2014, a espécie apresentava dois representantes, e um acabou morrendo neste período. Além disso, a área em estudo foi muito explorada e, atualmente, é circundada pela matriz urbana, cujo impactos levaram ao declínio dos exemplares de araucária.

Outras espécies como a *Campomanesia xanthocarpa* (Guabiroba), *Ocotea pulchella* (Canela-do-brejo), *Eugenia pyriformis* (Uvalha) são secundárias iniciais ou tardias, e se apresentaram com apenas um representante, dando indícios de que o fragmento vem crescendo e passando pelo processo de sucessão ecológica.

Contudo, é necessário que seja realizado o isolamento da área, não permitindo a entrada de pessoas para a exploração da área, para que desta forma a vegetação se recomponha e que novos indivíduos de araucária, para o ingresso de novas espécies promovendo assim, a completa restauração e conservação do fragmento.

Além disso, poderia ser utilizado, como alternativa, o enriquecimento da área, utilizando o banco de sementes de partes do fragmento que se encontram melhor estruturados, produzindo assim novas mudas que podem ajudar a recompor mais rapidamente a estrutura vegetal. Esta alternativa pode ser utilizada principalmente pela importância que o fragmento possui dentro do campus e para a cidade de Guarapuava, contribuindo para a qualidade de vida das pessoas.

Entretanto, sabe-se que o processo de sucessão ecológica neste fragmento é lento, especialmente devido à grande pressão urbana que vem sofrendo, sendo esta área

frequentemente adentrada por moradores do entorno para a retirada de lenha, além da presença do rio que acaba alagando algumas áreas, trazendo grande quantidade de terra que por vezes impede a regeneração natural, pois soterra ou arrasta todo o banco de semente presente no local e traz exóticas invasoras de áreas externas, que acabam por dificultar o fluxo gênico.

A pressão urbana sobre o fragmento é evidenciada pela grande quantidade de *Ligustrum lucidum*, valor de cobertura 8,56 e valor de importância 12,54, assumindo maior valor de importância e cobertura que várias espécies. Esta é uma espécie exótica com alto potencial invasor assim como outras espécies apontadas como invasoras, conforme Instituto Hórus (2014), que passa a competir com espécies nativas e as elimina dos ambientes naturais por meio de dominância, o que leva a uma redução na disponibilidade de recursos alimentares para a fauna nos ambientes invadidos, tornando-se um sério problema.

Para Melo et al. (2011) a invasão de espécies exóticas contribui para a extinção das espécies nativas, pois elas competem com as nativas e, dependendo de suas características ecológicas, podem ocupar o nicho delas, diminuindo assim a diversidade das áreas de fragmentos florestas.

Guilhermeti (2013) menciona que o problema de invasão pela espécie, provavelmente se originou dos indivíduos de *L. lucidum* que são utilizados na arborização urbana. De acordo com Loboda et al. (2005), a espécie com maior número de indivíduos do município, representando 38,27% do total existente. Há indícios que as sementes são carregadas pelas águas pluviais, que são encaminhadas para os rios do município.

Biz (2014) relata que uma vez a espécie inserida nos centros urbanos, pode, além de invadir as ruas e propriedades particulares, também atingir matas no entorno da cidade, assim como fragmentos florestais no meio urbano.

Pode-se observar esse fato ocorrendo na cidade de Dois Vizinhos, onde Jung (2013) em seu estudo sobre a mata ciliar e qualidade do solo nas margens do Córrego Água Turva, na microbacia hidrográfica do Rio Jirau Alto, Dois Vizinhos – PR, encontrou uma dominância relativa de 3,12% do *Ligustrum lucidum* para o local.

Em seu estudo na mesma área do presente trabalho, Guilhermeti (2013) evidencia que é essencial a continuidade de pesquisas a fim de controlar a população da invasora e reduzir os danos no fragmento e principalmente encontrar o melhor método de controle para *L. lucidum*, para que desta forma, as espécies nativas possam se estabelecer novamente em condições normais.

Nestas condições é fundamental que ações de manejo e remoção destes indivíduos

sejam realizados na área do fragmento. E mais que isso, devem ocorrer ações de manejo na arborização da cidade de Guarapuava, uma vez que o *Ligustrum lucidum* compõem a mesma, e foram os responsáveis pela contaminação do fragmento pela espécie. Sendo assim, a espécie também deve ser removida e substituída dentro da arborização urbana.

Essa remoção e adição de novas espécies na arborização urbana da cidade, assim como dentro do fragmento deve ser realizada com cautela e de forma parcelada, evitando assim, problemas ambientais e o choque da população urbana, sendo eles os principais influenciados por essa vegetação.

2.3.2. Índices ecológicos

O Índice de Shannon-Wiener (H') para o fragmento foi $2,22 \text{ nats.ind}^{-1}$, valor baixo para a diversidade. Contudo, em outros estudos na mesma tipologia aluvial, os índices também se apresentaram baixos, Barddal et al. (2004) obtiveram $1,59 \text{ nats.ind}^{-1}$ e Carvalho et al. (2014) encontraram $2,23 \text{ nats.ind}^{-1}$.

Nebel et al. (2001) indicam que florestas situadas em áreas aluviais tendem a apresentar valores menores quando comparado a florestas com boas condições de drenagem. Esta característica se deve especificamente as características da tipologia, com solos hidromorficos, que acabam sendo condicionante para desenvolvimento de muitas espécies.

A Uniformidade de Pielou (J') foi 0,63, valor acima de 0,50, apresentando que algumas espécies estão dominando a floresta, embora a maioria apresente mais de 3 indivíduos. O valor ficou acima de estudos realizados em mesma tipologia, onde Barddal et al. (2004) obteve equabilidade de 0,47, valor baixo, indicando dominância de poucas espécies. No presente estudo, a equabilidade superior deve-se ao fragmento apresentar áreas de solos hidromorficos onde poucas espécies se desenvolvem e solos bem drenados onde temos há maior distribuição e ocorrência das demais espécies.

O índice de Simpson (D) de 0,23 indicou que o fragmento apresenta diversidade considerável, uma vez que quanto maior o índice (próximo a 1), menor será a diversidade da área em estudo. Barddal et al. (2004), ao estudar uma floresta aluvial obteve 0,427 para o índice de Simpson, valor superior ao presente estudo, contudo quanto maior esse valor menor será a diversidade, ou seja, a área aqui estudada apresentou uma diversidade superior.

Observa-se para o fragmento uma baixa diversidade para a comunidade, explicada muito mais pela segmentação do ambiente aluvial, restrito a uma pequena faixa de hidromorfia, do que propriamente pela pobreza de espécies encontradas na planície, pois solos

encharcados acabam por restringir as espécies nestes locais e também pela grande pressão urbana que ocorre na área.

Além disso, Silva et al. (2012) explicam que baixa riqueza e uma alta dominância de uma ou mais espécies tem sido relatada em diferentes estudos de florestas aluviais, como característica principal deste ambiente.

Outro fator que ajuda a explicar a baixa diversidade é a invasão biológica de espécies exóticas com potencial invasor, mais especificamente o *Ligustrum lucidum*, no presente estudo.

O índice de impacto ambiental de exóticas calculado para a área foi de 0,91, apontando que as exóticas se encontram presente e já representam pouco mais de 10 % dos indivíduos. É necessário que se realize o monitoramento e retirada destes indivíduos do fragmento, no sentido de evitar a maior disseminação dessa espécie, que ocupa o lugar das nativas diminuindo conseqüentemente a diversidade.

2.3.3. Dinâmica de crescimento

Durante o período de monitoramento (2014-2016) foi registrado o ingresso de 14 árvores, resultando em uma taxa de ingresso de 3,95% ha, ou seja, 1,4% ha.ano⁻¹. Uma taxa de ingresso considerada baixa para um fragmento de Floresta Ombrófila Mista. Contudo, Socher (2004), avaliando a dinâmica em Floresta Ombrófila Mista Aluvial constatou taxa média de recrutamento de 2,31% ano⁻¹, enquanto Graff Neto (2011), também em estudos na Floresta Ombrófila Mista Aluvial, observou taxas de recrutamento que variaram entre 1,4% ano⁻¹ a 3,2% ano⁻¹ para indivíduos, o que corrobora com o presente estudo.

Na área em estudo o principal fator que influencia diretamente na taxa de incremento é justamente a exploração que a área ainda sofre, onde existe a presença de trilhas e a grande entrada de pessoas no local acaba por impedir o crescimento de novos indivíduos, pelo pisoteio de novas plantas e pelo corte de arvoretas.

A espécie que apresentou maior taxa de ingresso foi o *Allophylus edulis* (0,71%) seguida da *Gymnanthes klotzschiana* (0,47%), entretanto a taxa de mortalidade do Branquilha foi a maior 3,31 % foi (Figura 5). O que corrobora com as informações de esta ser a principal espécie de ocorrência na tipologia aluvial.

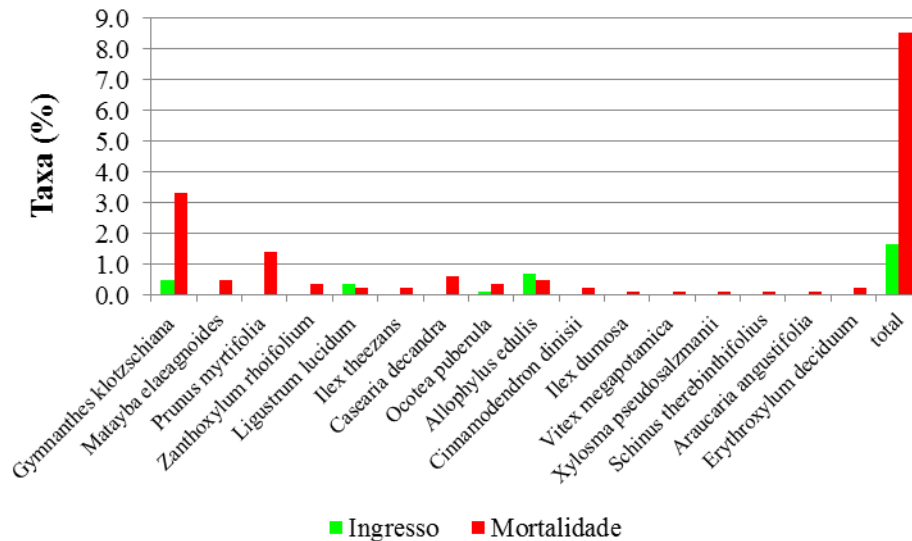


Figura 5. Distribuição da taxa de ingresso e mortalidade no período 2014-2016 para o fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial Urbana de Guarapuava – PR.

A mortalidade foi de 72 indivíduos, resultando numa taxa de mortalidade de 16,07% ha.ano⁻¹, ou seja, 5,36% ha.ano⁻¹. Uma taxa de mortalidade bem elevada, equivalendo a 45 árvores por ano, mas que neste fragmento é explicada pelo fato de que, muitas árvores que foram avaliadas em 2014 não foram encontradas na presente avaliação (2016), indicando que estas morreram ou foram cortadas e retiradas da área, pois não foram encontrados nenhum resquício desses indivíduos.

O *Prunus myrtifolia* (Pessegueiro-bravo) foi a segunda espécie com maior mortalidade (11 indivíduos) 1,42%. A espécie é considerada secundária inicial até tardia, exigente de luz. Desta forma, o que explica essa alta mortalidade provavelmente foi a não adaptação da espécie as condições oferecidas pela floresta.

A *Casearia decandra* se apresentou com terceira maior taxa de mortalidade, 0,59 %. A espécie é pioneira, desta forma essa mortalidade é devida ao processo de sucessão ecológica que o fragmento vem apresentando.

Esse cenário poderá ser revertido fazendo o isolamento, de forma a impedir que ocorra o transito de pessoas dentro do fragmento pisoteando, cortando e danificando a vegetação. Além disso, promover a educação ambiental de conscientização sobre a importância do fragmento na promoção da qualidade de vida dentro da cidade de Guarapuava.

O diâmetro médio também sofreu alteração no período, sendo que em 2011 era igual a 9,91 cm, e em 2016 passou a 11,21 cm. Com incremento de 1,3 cm ou 0,26 cm.ano⁻¹. Esse aumento deve-se ao incremento das árvores que se encontram nas fases iniciais, que nesse fragmento é a grande maioria.

A floresta apresentou um incremento periódico em área basal de 4,033 m².ha⁻¹ no período de 2011-2016, o que representa um incremento periódico anual de 0,80 m².ha.ano⁻¹, considerando apenas a área basal total dos indivíduos avaliados na primeira medição e que permaneceram vivos até o momento da segunda avaliação. Mesmo sofrendo o efeito da urbanização, o fragmento continua a apresentar ingresso, crescendo e incrementando anualmente, apesar do ritmo ser pequeno.

2.3.4. Estoque de Biomassa e Carbono para o fragmento

O fragmento apresentou um estoque de biomassa total considerável, e que evoluiu positivamente ao longo dos anos 2011, 2014 e 2016, sendo 44,61 Mg ha⁻¹, 48,49 Mg ha⁻¹ e 60,24 Mg ha⁻¹ respectivamente nos três anos (Tabela 3). Sendo observados incrementos nos estoques de biomassa e carbono nos três anos. Consideração importante por se tratar de um fragmento que foi muito explorado no passado, como corte de árvores para produção de lenha e madeira e que ainda sofre com a pressão da urbanização no seu entorno.

Tabela 3. Estoque de biomassa obtido por espécie ao longo de três anos de monitoramento no fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial Urbana, em Guarapuava – PR.

Nome Científico	Qtidade	Biomassa 2011				
		Btotal (Mg ha ⁻¹)	Bcasca (Mg ha ⁻¹)	Bfuste (Mg ha ⁻¹)	Bfolhas (Mg ha ⁻¹)	Bgalhos (Mg ha ⁻¹)
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil., et al.) Heron. Ex Niederl.	20	0,4590	0,0318	0,1133	0,0167	0,2971
<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	1	0,5640	0,0031	0,2677	0,0147	0,2785
<i>Campomanesia guazumifolia</i> (Cambess.) O.Berg	1	0,0311	0,0018	0,0087	0,0012	0,0193
<i>Casearia decandra</i> Jacq.	32	0,6924	0,0507	0,1611	0,0251	0,4555
<i>Cinnamodendron dinisii</i> Schwanke	20	1,0880	0,0387	0,4053	0,0404	0,6036
<i>Clethra scabra</i> Pers.	4	0,1881	0,0069	0,0701	0,0067	0,1045
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	1	0,0149	0,0014	0,0025	0,0005	0,0106
<i>Cybistax antisyphilitica</i> (Mart.) Mart.	5	0,5193	0,0115	0,2202	0,0185	0,2691
<i>Dicksonia sellowiana</i> Hook.	8	1,1144	0,0203	0,4903	0,0397	0,5640
<i>Erythroxylum deciduum</i> A. St.-Hil.	1	0,0266	0,0017	0,0068	0,0010	0,0170
<i>Eugenia pyriformis</i> Cambess.	1	0,0648	0,0022	0,0243	0,0025	0,0358
<i>Eugenia uniflora</i> L.	1	0,0166	0,0015	0,0031	0,0006	0,0115
<i>Campomanesia xanthocarpa</i> (Mart.) O. Berg	1	0,0189	0,0015	0,0039	0,0007	0,0129
<i>Ilex dumosa</i> Reissek	22	0,7022	0,0437	0,1911	0,0262	0,4412
<i>Ilex theezans</i> Mart. ex Reissek	29	0,6320	0,0455	0,1501	0,0228	0,4135
<i>Jacaranda micrantha</i> Cham.	5	0,9168	0,0124	0,4179	0,0292	0,4574

Continua...

Biomassa 2011						
Nome Científico	Qtidade	Btotal (Mg ha⁻¹)	Bcasca (Mg ha⁻¹)	Bfuste (Mg ha⁻¹)	Bfolhas (Mg ha⁻¹)	Bgalhos (Mg ha⁻¹)
<i>Ligustrum lucidum</i> W. T. Aiton	24	1,7222	0,0478	0,6920	0,0597	0,9227
<i>Lithraea molleoides</i> (Vell.) Engl.	2	0,1116	0,0042	0,0406	0,0043	0,0625
<i>Luehea divaricata</i> Mart. & Zucc.	3	0,1880	0,0056	0,0747	0,0066	0,1010
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	95	6,4698	0,1970	2,5281	0,2354	3,5094
<i>Maytenus aquifolia</i> Mart.	1	0,0433	0,0020	0,0141	0,0017	0,0254
<i>Mimosa scabrella</i> Benth.	2	0,0773	0,0039	0,0241	0,0031	0,0462
<i>Adenocalymma álbum</i> (Aubl.) L. G. Lohmann	8	0,1689	0,0127	0,0381	0,0061	0,1120
<i>Ocotea diospyrifolia</i> (Meisn.) Mez	2	0,0435	0,0032	0,0099	0,0016	0,0287
<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	17	2,2970	0,0400	1,0049	0,0753	1,1768
<i>Ocotea pulchella</i> (Nees & Mart.) Mez	1	0,1114	0,0025	0,0473	0,0041	0,0575
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	76	3,0821	0,1384	1,0396	0,1150	1,7892
<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Marang	3	0,1513	0,0061	0,0529	0,0059	0,0863
<i>Schinus therebinthifolius</i> Raddi	9	0,2268	0,0149	0,0590	0,0084	0,1446
<i>Gymnanthes klotzschiana</i> Müll.Arg.	384	19,0708	0,7274	6,9135	0,7041	10,7259
<i>Solanum</i> sp.	3	0,6842	0,0073	0,3115	0,0191	0,3462
<i>Vitex megapotamica</i> (Spreng.) Moldenke	13	0,4767	0,0231	0,1547	0,0179	0,2811
<i>Xylosma pseudosalzmanii</i> Sleumer	10	0,3515	0,0173	0,1129	0,0131	0,2081
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	37	2,2643	0,0768	0,8544	0,0860	1,2471
<i>Myrsine gardneriana</i> A. Dc.	1	0,0183	0,0015	0,0037	0,0006	0,0125
Total	843	44,6082	1,61	16,51	1,61	24,88

Biomassa 2014						
Nome Científico	Qtidade	Btotal (Mg ha⁻¹)	Bcasca (Mg ha⁻¹)	Bfuste (Mg ha⁻¹)	Bfolhas (Mg ha⁻¹)	Bgalhos (Mg ha⁻¹)
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil., et al.) Heron. Ex Niederl.	21	0,4811	0,0334	0,1188	0,0175	0,3114
<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	1	0,6314	0,0032	0,2986	0,0159	0,3136
<i>Campomanesia guazumifolia</i> (Cambess.) O.Berg	1	0,0328	0,0019	0,0095	0,0013	0,0202
<i>Casearia decandra</i> Jacq.	34	0,7565	0,0542	0,1803	0,0276	0,4945
<i>Cinnamodendron dinisii</i> Schwanke	20	1,0533	0,0381	0,3903	0,0388	0,5861
<i>Clethra scabra</i> Pers.	5	0,2403	0,0074	0,0914	0,0087	0,1329
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	1	0,0155	0,0014	0,0027	0,0005	0,0109
<i>Cybistax antisiphilitica</i> (Mart.) Mart.	5	0,5736	0,0130	0,2422	0,0201	0,2983
<i>Dicksonia sellowiana</i> Hook	12	2,6352	0,0315	1,1997	0,0804	1,3237
<i>Erythroxylum deciduum</i> A. St.-Hil.	1	0,0732	0,0023	0,0283	0,0029	0,0397
<i>Eugenia pyriformis</i> Cambess	1	0,0675	0,0022	0,0256	0,0026	0,0370
<i>Eugenia uniflora</i> L.	2	0,0353	0,0030	0,0068	0,0012	0,0242
<i>Campomanesia xanthocarpa</i> (Mart.) O.Berg	1	0,0215	0,0016	0,0048	0,0008	0,0143
<i>Ilex dumosa</i> Reissek	22	0,6170	0,0399	0,1623	0,0230	0,3918
<i>Ilex theezans</i> Mart. Ex Reissek	34	0,7327	0,0533	0,1723	0,0264	0,4808
<i>Jacaranda micrantha</i> Cham.	5	0,8818	0,0128	0,4000	0,0293	0,4396
<i>Ligustrum lucidum</i> W. T. Aiton	24	2,2513	0,0509	0,9453	0,0761	1,1789
<i>Lithrea molleoides</i> (Vell.) Engl.	2	0,1221	0,0042	0,0456	0,0047	0,0675

Continua...

Biomassa 2014						
Nome Científico	Qtidade	Btotal (Mg ha ⁻¹)	Bcasca (Mg ha ⁻¹)	Bfuste (Mg ha ⁻¹)	Bfolhas (Mg ha ⁻¹)	Bgalhos (Mg ha ⁻¹)
<i>Luehea divaricata</i> Mart. & Zucc.	5	0,2412	0,0090	0,0889	0,0086	0,1347
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk	94	6,7748	0,1984	2,6752	0,2468	3,6545
<i>Maytenus aquifolia</i> Mart.	1	0,0493	0,0021	0,0169	0,0020	0,0284
<i>Mimosa scabrella</i> Benth	2	0,1078	0,0042	0,0383	0,0043	0,0611
<i>Adenocalymma álbum</i> (Aubl.) L. G. Lohmann	8	0,2002	0,0135	0,0503	0,0075	0,1288
<i>Ocotea diospyrifolia</i> (Meisn.) Mez	2	0,0411	0,0032	0,0089	0,0015	0,0274
<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	19	2,4462	0,0429	1,0662	0,0787	1,2583
<i>Ocotea pulchella</i> (Nees & Mart.) Mez	1	0,1132	0,0025	0,0482	0,0042	0,0584
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	69	3,0296	0,1298	1,0440	0,1136	1,7422
<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Marang	2	0,1259	0,0044	0,0467	0,0050	0,0698
<i>Schinus therebinthifolius</i> Raddi	12	0,2959	0,0198	0,0754	0,0110	0,1897
<i>Gymnanthes klotzschiana</i> Müll.Arg.	382	20,1438	0,7354	7,4264	0,7422	11,2399
<i>Solanum</i> sp.	3	0,8038	0,0076	0,3672	0,0219	0,4072
<i>Vitex megapotamica</i> (Spreng.) Moldenke	11	0,3760	0,0195	0,1170	0,0141	0,2254
<i>Xylosma pseudosalzmanii</i> Sleumer	9	0,3513	0,0159	0,1180	0,0131	0,2043
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	33	2,1650	0,0699	0,8306	0,0820	1,1825
Total	845	48,4870	1,63	18,34	1,73	26,78

Biomassa 2016						
Nome científico	Qtidade	Btotal (Mg ha-1)	Bcasca (Mg ha-1)	Bfuste (Mg ha-1)	Bfolhas (Mg ha-1)	Bgalhos (Mg ha-1)
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil., et al.) Heron. Ex Niederl.	27	0,6751	0,0444	0,1749	0,0250	0,4307
<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	1	0,7565	0,0032	0,3549	0,0181	0,3804
<i>Campomanesia guazumifolia</i> (Cambess.) O.Berg	1	0,0389	0,0020	0,0122	0,0015	0,0233
<i>Casearia decandra</i> Jacq.	33	0,8096	0,0534	0,2088	0,0302	0,5172
<i>Cinnamodendron dinisii</i> Schwanke	20	1,1137	0,0374	0,4236	0,0410	0,6117
<i>Clethra scabra</i> Pers.	5	0,3249	0,0102	0,1265	0,0118	0,1764
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	1	0,0326	0,0019	0,0094	0,0013	0,0201
<i>Cybistax antisiphilitica</i> (Mart.) Mart.	5	0,6489	0,0138	0,2772	0,0226	0,3353
<i>Dicksonia sellowiana</i> Hook.	12	3,1326	0,0325	1,4395	0,0925	1,5681
<i>Erythroxylum deciduum</i> A. St.-Hil.	1	0,0828	0,0023	0,0330	0,0032	0,0442
<i>Eugenia pyriformis</i> Cambess.	1	0,0752	0,0023	0,0293	0,0029	0,0407
<i>Eugenia uniflora</i> L.	2	0,0504	0,0034	0,0127	0,0019	0,0324
<i>Campomanesia xanthocarpa</i> (Mart.) O. Berg	1	0,0255	0,0017	0,0064	0,0010	0,0164
<i>Ilex dumosa</i> Reissek	22	0,6480	0,0371	0,1874	0,0247	0,3988
<i>Ilex theezans</i> Mart. ex Reissek	34	0,8115	0,0544	0,2069	0,0300	0,5202
<i>Jacaranda micrantha</i> Cham.	5	1,6829	0,0136	0,7683	0,0447	0,8564
<i>Ligustrum lucidum</i> W. T. Aiton	27	3,2270	0,0591	1,4028	0,1035	1,6616
<i>Lithraea molleoides</i> (Vell.) Engl.	2	0,1178	0,0042	0,0433	0,0046	0,0657
<i>Luehea divaricata</i> Mart. & Zucc.	5	0,2739	0,0095	0,1035	0,0098	0,1511
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	94	8,6798	0,2071	3,6075	0,3044	4,5609
<i>Maytenus aquifolia</i> Mart.	1	0,0529	0,0021	0,0186	0,0021	0,0301

Continua...

Biomassa 2016						
Nome Científico	Qtidade	Btotal (Mg ha ⁻¹)	Bcasca (Mg ha ⁻¹)	Bfuste (Mg ha ⁻¹)	Bfolhas (Mg ha ⁻¹)	Bgalhos (Mg ha ⁻¹)
<i>Mimosa scabrella</i> Benth.	2	0,1829	0,0065	0,0674	0,0072	0,1018
<i>Adenocalymma álbum</i> (Aubl.) L. G. Lohmann	8	0,2335	0,0142	0,0641	0,0090	0,1462
<i>Ocotea diospyrifolia</i> (Meisn.) Mez	2	0,0494	0,0034	0,0122	0,0019	0,0320
<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	20	2,6162	0,0438	1,1502	0,0841	1,3380
<i>Ocotea pulchella</i> (Nees & Mart.) Mez	1	0,1408	0,0026	0,0620	0,0051	0,0712
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	71	3,2060	0,1333	1,1188	0,1212	1,8328
<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Marang	3	0,1911	0,0065	0,0716	0,0075	0,1055
<i>Schinus therebinthifolius</i> Raddi	12	0,3379	0,0207	0,0927	0,0128	0,2117
<i>Gymnanthes klotzschiana</i> Müll.Arg.	383	25,1596	0,7676	9,8502	0,9040	13,6378
<i>Solanum</i> sp.	3	0,8405	0,0079	0,3855	0,0232	0,4240
<i>Vitex megapotamica</i> (Spreng.) Moldenke	10	0,4448	0,0206	0,1468	0,0169	0,2603
<i>Xylosma pseudosalzmanii</i> Sleumer	9	0,3611	0,0149	0,1269	0,0135	0,2058
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	34	3,2120	0,0735	1,3295	0,1093	1,6997
Total	858	60,2365	1,71	23,92	2,09	32,51

Btotal = Biomassa total (Mg.ha⁻¹); Ctotal = Carbono aéreo total; Bfuste = Biomassa do fuste (Mg.ha⁻¹); Cfuste = Carbono do fuste total (Mg.ha⁻¹); Bcasca = Biomassa da casca (Mg.ha⁻¹); Ccasca = Carbono da casca; Bgalhos = Biomassa dos galhos (Mg.ha⁻¹); Cgalhos = Carbono dos galhos (Mg.ha⁻¹); Bfolhagem = Biomassa das folhas (Mg.ha⁻¹); Cfolhagem = Carbono das folhas (Mg.ha⁻¹).

No período de 2014 – 2016, o aumento na biomassa foi de 15,63 Mg ha⁻¹. Este aumento no estoque de biomassa se deve a evolução da floresta, que se encontra em constante processo de desenvolvimento e sucessão ecológica.

Para as frações mensuradas a que possui maior estoque de biomassa para o ano de 2016 são os galhos com 54% (32,51 Mg ha⁻¹), fustes (23,92 Mg ha⁻¹), folhas (2,092 Mg ha⁻¹) e casca (1,71 Mg ha⁻¹) (Figura 6).

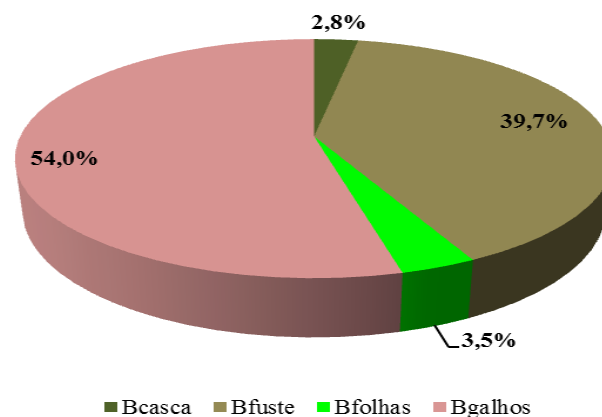


Figura 6. Estoque de biomassa para o ano de 2016 nos diferentes compartimentos do fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial Urbana, em Guarapuava – PR.

Ratuchne (2015) explica que as proporções variam de espécie para espécie, devido a características específicas de cada uma delas, pois cada espécie apresenta um regime de

crescimento. Além disso, cada compartimento da árvore tem regime de crescimento desigual e proporções diferentes dentro da árvore.

Contudo, o mesmo autor ao analisar a equação de estimação de biomassa para galhos, deixa bem claro que estas equações possuem uma tendência em sub ou superestimar os resultados. Isto por que depende das espécies inseridas na florestas, que podem possuir maior ou menor número de galhos, assim é necessário ter essa observação durante a coleta de dados.

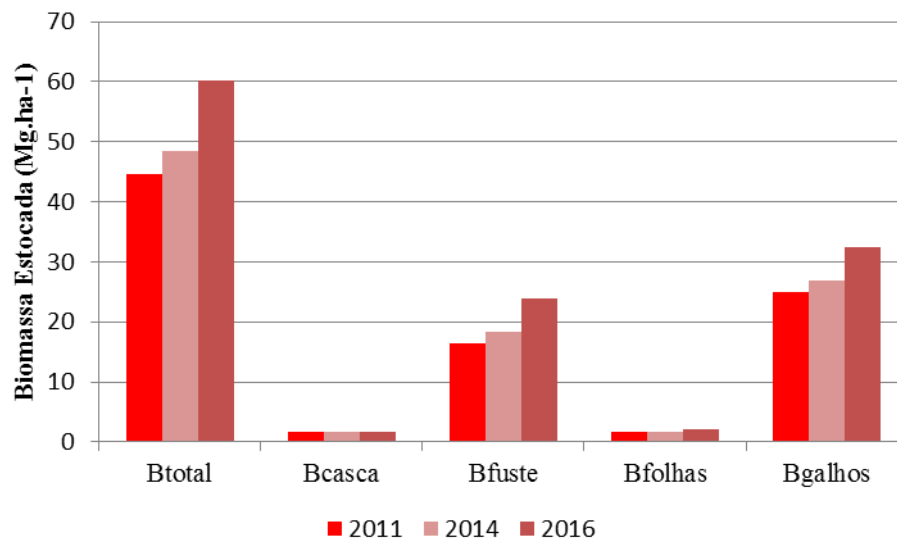


Figura 7. Estoque de biomassa nos diferentes compartimentos para os 3 anos de avaliação do fragmento Floresta Ombrófila Mista Aluvial Urbana, em Guarapuava – PR.

O mesmo efeito foi obtido no estoque de carbono total, aumentando consideravelmente ao longo do período de monitoramento, sendo de 16,12 Mg ha⁻¹ para 2011, 17,85 Mg ha⁻¹ em 2014, chegando a 23,13 Mg ha⁻¹ em 2016 (Figura 8 e Tabela 4). Entre os anos de 2011 e 2014 não foi verificado um aumento acentuado no estoque de carbono, que provavelmente ocorreu pela mortandade de indivíduos e posteriormente, para o ano de 2016, ocorreu uma elevação no carbono estocado novamente, efeito principalmente do crescimento do fragmento, que avançou consideravelmente neste período.

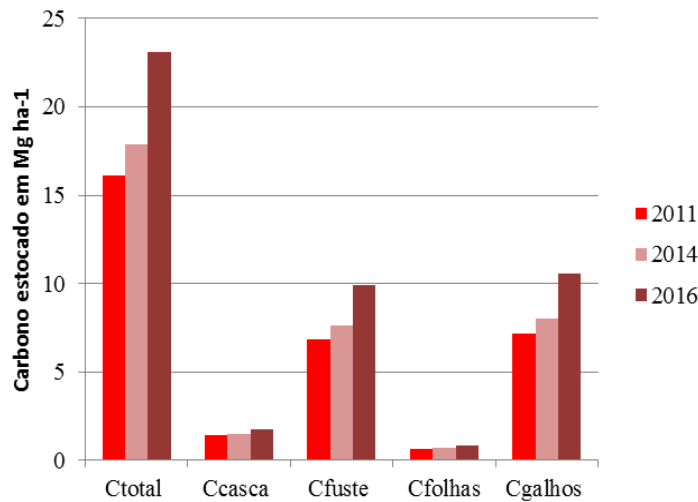


Figura 8. Evolução do estoque de carbono presente ao longo do período de avaliação nos diferentes compartimentos do Fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial Urbana em Guarapuava / PR.

Entre as frações observou-se novamente em destaque os galhos, com maior estoque de carbono ($10,58 \text{ Mg ha}^{-1}$), seguida de fuste $9,93 \text{ Mg ha}^{-1}$, casca $1,77 \text{ Mg ha}^{-1}$ e folhas $0,86 \text{ Mg ha}^{-1}$.

Conforme Larcher (2000) as plantas apresentam mecanismos de assimilação de CO_2 bastante flexíveis para o suprimento das diferentes necessidades dos órgãos das plantas. Assim, a demanda para a manutenção, crescimento e estoque pela planta são controlados nos sítios de produção (tecidos fotossinteticamente ativos “fonte”, como as folhas, galhos vivos) que posteriormente são transportados para outros locais, onde serão consumidos ou estocados (zonas de crescimento, sementes, frutos e tecidos de deposição).

Assim, para que a planta se desenvolva harmoniosamente é necessário que órgão receba a quantidade necessária carbono, o que confere estocagem de carbono desigual em cada componente arbóreo.

Tabela 4. Estoque de carbono obtido por espécie ao longo de três anos de monitoramento no fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial Urbana, em Guarapuava – PR.

Nome Científico	Carbono 2011					
	Quantidade 2011	Ctotal (Mg ha ⁻¹)	Ccasca (Mg ha ⁻¹)	Cfuste (Mg ha ⁻¹)	Cfolhas (Mg ha ⁻¹)	Cgalhos (Mg ha ⁻¹)
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil., et al.) Heron. Ex Niederl.	20	0,119	0,019	0,047	0,006	0,046
<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	1	0,254	0,012	0,111	0,006	0,126
<i>Campomanesia guazumifolia</i> (Cambess.) O.Berg	1	0,009	0,001	0,004	0,000	0,004

Continua...

Carbano 2011

Nome Científico	Quantidade 2011	Ctotal (Mg ha ⁻¹)	Ccasca (Mg ha ⁻¹)	Cfuste (Mg ha ⁻¹)	Cfolhas (Mg ha ⁻¹)	Cgalhos (Mg ha ⁻¹)
<i>Casearia decandra</i> Jacq.	32	0,171	0,030	0,067	0,009	0,065
<i>Cinnamodendron dinisii</i> Schwanke	20	0,395	0,035	0,168	0,016	0,175
<i>Clethra scabra</i> Pers.	4	0,068	0,006	0,029	0,003	0,031
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	1	0,003	0,001	0,001	0,000	0,001
<i>Cybistax antisiphilitica</i> (Mart.) Mart.	5	0,211	0,014	0,091	0,008	0,097
<i>Dicksonia sellowiana</i> Hook.	8	0,467	0,029	0,203	0,017	0,218
<i>Erythroxylum deciduum</i> A. St.-Hil.	1	0,007	0,001	0,003	0,000	0,003
<i>Eugenia pyriformis</i> Cambess.	1	0,024	0,002	0,010	0,001	0,010
<i>Eugenia uniflora</i> L.	1	0,003	0,001	0,001	0,000	0,001
<i>Campomanesia xanthocarpa</i> (Mart.) O. Berg	1	0,004	0,001	0,002	0,000	0,002
<i>Ilex dumosa</i> Reissek	22	0,197	0,028	0,080	0,010	0,079
<i>Ilex theezans</i> Mart. ex Reissek	29	0,159	0,027	0,063	0,008	0,061
<i>Jacaranda micrantha</i> Cham.	5	0,397	0,022	0,173	0,012	0,190
<i>Ligustrum lucidum</i> W. T. Aiton	24	0,668	0,050	0,287	0,024	0,306
<i>Lithraea molleoides</i> (Vell.) Engl.	2	0,040	0,004	0,017	0,002	0,017
<i>Luehea divaricata</i> Mart. & Zucc.	3	0,072	0,006	0,031	0,003	0,033
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	95	2,448	0,196	1,050	0,097	1,105
<i>Maytenus aquifolia</i> Mart.	1	0,014	0,002	0,006	0,001	0,006
<i>Mimosa scabrella</i> Benth.	2	0,024	0,003	0,010	0,001	0,010
<i>Adenocalymma álbum</i> (Aubl.) L. G. Lohmann	8	0,041	0,007	0,016	0,002	0,015
<i>Ocotea diospyrifolia</i> (Meisn.) Mez	2	0,011	0,002	0,004	0,001	0,004
<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	17	0,960	0,059	0,416	0,031	0,454
<i>Ocotea pulchella</i> (Nees & Mart.) Mez	1	0,045	0,003	0,020	0,002	0,021
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	76	1,029	0,108	0,433	0,045	0,443
<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Marang	3	0,052	0,005	0,022	0,002	0,022
<i>Schinus therebinthifolius</i> Raddi	9	0,061	0,009	0,025	0,003	0,024
<i>Gymnanthes klotzschiana</i> Müll.Arg.	384	6,766	0,627	2,874	0,283	2,982
<i>Solanum</i> sp.	3	0,297	0,015	0,129	0,008	0,145
<i>Vitex megapotamica</i> (Spreng.) Moldenke	13	0,154	0,017	0,064	0,007	0,065
<i>Xylosma pseudosalzmanii</i> Sleumer	10	0,113	0,013	0,047	0,005	0,048
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	37	0,831	0,072	0,355	0,035	0,368
<i>Myrsine gardneriana</i> A. Dc.	1	0,004	0,001	0,002	0,000	0,001
Total	843	16,12	1,43	6,86	0,65	7,18

Carbano 2014

Nome Científico	Quantidade	Ctotal (Mg ha ⁻¹)	Ccasca (Mg ha ⁻¹)	Cfuste (Mg ha ⁻¹)	Cfolhas (Mg ha ⁻¹)	Cgalhos (Mg ha ⁻¹)
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil., et al.) Heron. Ex Niederl.	21	0,125	0,020	0,050	0,006	0,048
<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	1	0,284	0,013	0,123	0,007	0,141
<i>Campomanesia guazumifolia</i> (Cambess.) O.Berg	1	0,010	0,001	0,004	0,001	0,004
<i>Casearia decandra</i> Jacq.	34	0,191	0,033	0,075	0,010	0,073

Continua...

Carbono 2014

Nome Científico	Quantidade 2011	Ctotal (Mg ha ⁻¹)	Ccasca (Mg ha ⁻¹)	Cfuste (Mg ha ⁻¹)	Cfolhas (Mg ha ⁻¹)	Cgalhos (Mg ha ⁻¹)
<i>Cinnamodendron dinisii</i> Schwanke	20	0,381	0,034	0,162	0,016	0,169
<i>Clethra scabra</i> Pers.	5	0,089	0,008	0,038	0,003	0,040
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	1	0,003	0,001	0,001	0,000	0,001
<i>Cybistax antisiphilitica</i> (Mart.) Mart.	5	0,232	0,016	0,100	0,008	0,108
<i>Dicksonia sellowiana</i> Hook	12	1,141	0,062	0,496	0,034	0,550
<i>Erythroxylum deciduum</i> A. St.-Hil.	1	0,027	0,002	0,012	0,001	0,012
<i>Eugenia pyriformis</i> Cambess	1	0,025	0,002	0,011	0,001	0,011
<i>Eugenia uniflora</i> L.	2	0,008	0,002	0,003	0,000	0,003
<i>Campomanesia xanthocarpa</i> (Mart.) O.Berg	1	0,005	0,001	0,002	0,000	0,002
<i>Ilex dumosa</i> Reissek	22	0,168	0,025	0,068	0,009	0,066
<i>Ilex theezans</i> Mart. Ex Reissek	34	0,183	0,032	0,072	0,009	0,070
<i>Jacaranda micrantha</i> Cham.	5	0,380	0,022	0,166	0,012	0,180
<i>Ligustrum lucidum</i> W. T. Aiton	24	0,907	0,062	0,392	0,031	0,423
<i>Lithrea molleoides</i> (Vell.) Engl.	2	0,044	0,004	0,019	0,002	0,020
<i>Luehea divaricata</i> Mart. & Zucc.	5	0,087	0,008	0,037	0,003	0,039
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk	94	2,586	0,203	1,111	0,102	1,170
<i>Maytenus aquifolia</i> Mart.	1	0,017	0,002	0,007	0,001	0,007
<i>Mimosa scabrella</i> Benth	2	0,038	0,004	0,016	0,002	0,016
<i>Adenocalymma album</i> (Aubl.) L. G. Lohmann	8	0,053	0,008	0,021	0,003	0,020
<i>Ocotea diospyrifolia</i> (Meisn.) Mez	2	0,010	0,002	0,004	0,001	0,004
<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	19	1,019	0,062	0,442	0,033	0,483
<i>Ocotea pulchella</i> (Nees & Mart.) Mez	1	0,046	0,003	0,020	0,002	0,021
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	69	1,029	0,104	0,434	0,045	0,445
<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Marang	2	0,046	0,004	0,019	0,002	0,020
<i>Schinus therebinthifolius</i> Raddi	12	0,079	0,012	0,031	0,004	0,031
<i>Gymnanthes klotzschiana</i> Müll.Arg.	382	7,250	0,651	3,086	0,300	3,212
<i>Solanum</i> sp.	3	0,350	0,018	0,152	0,009	0,171
<i>Vitex megapotamica</i> (Spreng.) Moldenke	11	0,117	0,014	0,049	0,006	0,049
<i>Xylosma pseudosalzmanii</i> Sleumer	9	0,117	0,012	0,049	0,005	0,050
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	33	0,805	0,068	0,345	0,034	0,359
Total	845	17,85	1,51	7,62	0,70	8,02

Carbono em 2016

Nome científico	Quantidade	Ctotal (Mg ha ⁻¹)	Ccasca (Mg ha ⁻¹)	Cfuste (Mg ha ⁻¹)	Cfolhas (Mg ha ⁻¹)	Cgalhos (Mg ha ⁻¹)
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil., et al.) Heron. Ex Niederl.	27	0,182	0,028	0,073	0,009	0,071
<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	1	0,338	0,015	0,146	0,008	0,169
<i>Campomanesia guazumifolia</i> (Cambess.) O.Berg	1	0,012	0,001	0,005	0,001	0,005
<i>Casearia decandra</i> Jacq.	33	0,217	0,034	0,087	0,011	0,085
<i>Cinnamodendron dinisii</i> Schwanke	20	0,411	0,035	0,176	0,017	0,184
<i>Clethra scabra</i> Pers.	5	0,123	0,010	0,053	0,005	0,055

Continua...

Carbono 2016

Nome Científico	Quantidade 2011	Ctotal (Mg ha ⁻¹)	Ccasca (Mg ha ⁻¹)	Cfuste (Mg ha ⁻¹)	Cfolhas (Mg ha ⁻¹)	Cgalhos (Mg ha ⁻¹)
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	1	0,010	0,001	0,004	0,001	0,004
<i>Cybistax antisiphilitica</i> (Mart.) Mart.	5	0,265	0,018	0,115	0,009	0,123
<i>Dicksonia sellowiana</i> Hook.	12	1,369	0,071	0,595	0,039	0,663
<i>Erythroxylum deciduum</i> A. St.-Hil.	1	0,032	0,002	0,014	0,001	0,014
<i>Eugenia pyriformis</i> Cambess.	1	0,028	0,002	0,012	0,001	0,013
<i>Eugenia uniflora</i> L.	2	0,013	0,002	0,005	0,001	0,005
<i>Campomanesia xanthocarpa</i> (Mart.) O. Berg	1	0,007	0,001	0,003	0,000	0,003
<i>Ilex dumosa</i> Reissek	22	0,191	0,025	0,078	0,010	0,078
<i>Ilex theezans</i> Mart. ex Reissek	34	0,216	0,034	0,086	0,011	0,084
<i>Jacaranda micrantha</i> Cham.	5	0,732	0,036	0,317	0,019	0,360
<i>Ligustrum lucidum</i> W. T. Aiton	27	1,342	0,083	0,581	0,043	0,635
<i>Lithraea molleoides</i> (Vell.) Engl.	2	0,042	0,004	0,018	0,002	0,018
<i>Luehea divaricata</i> Mart. & Zucc.	5	0,101	0,009	0,043	0,004	0,045
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	94	3,465	0,243	1,496	0,126	1,599
<i>Maytenus aquifolia</i> Mart.	1	0,018	0,002	0,008	0,001	0,008
<i>Mimosa scabrella</i> Benth.	2	0,066	0,006	0,028	0,003	0,029
<i>Adenocalymma álbum</i> (Aubl.) L. G. Lohmann	8	0,066	0,009	0,027	0,003	0,026
<i>Ocotea diospyrifolia</i> (Meisn.) Mez	2	0,013	0,002	0,005	0,001	0,005
<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	20	1,098	0,066	0,476	0,035	0,521
<i>Ocotea pulchella</i> (Nees & Mart.) Mez	1	0,059	0,004	0,026	0,002	0,027
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	71	1,101	0,109	0,465	0,049	0,477
<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Marang	3	0,070	0,006	0,030	0,003	0,031
<i>Schinus therebinthifolius</i> Raddi	12	0,095	0,014	0,039	0,005	0,038
<i>Gymnanthes klotzschiana</i> Müll.Arg.	383	9,536	0,762	4,089	0,369	4,316
<i>Solanum</i> sp.	3	0,367	0,018	0,159	0,010	0,180
<i>Vitex megapotamica</i> (Spreng.) Moldenke	10	0,146	0,016	0,061	0,007	0,062
<i>Xylosma pseudosalzmanii</i> Sleumer	9	0,125	0,012	0,053	0,005	0,054
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	34	1,279	0,089	0,551	0,046	0,593
Total	858	23,13	1,77	9,93	0,86	10,58

Btotal = Biomassa total (Mg.ha⁻¹); Ctotal = Carbono aéreo total; Bfuste = Biomassa do fuste (Mg.ha⁻¹); Cfuste = Carbono do fuste total (Mg.ha⁻¹); Bcasca = Biomassa da casca (Mg.ha⁻¹); Ccasca = Carbono da casca; Bgalhos = Biomassa dos galhos (Mg.ha⁻¹); Cgalhos = Carbono dos galhos (Mg.ha⁻¹); Bfolhagem = Biomassa das folhas (Mg.ha⁻¹); Cfolhagem = Carbono das folhas (Mg.ha⁻¹).

No incremento em biomassa e carbono para as espécies nos últimos três anos de monitoramento, a espécie *Gymnanthes klotzschiana*, foi a que apresentou maior biomassa, com 25,16 Mg ha⁻¹ em 2016 e o estoque de carbono que variou de 42,8, 40,6 e 40,7% em 2011, 2014 e 2016 respectivamente (Figura 9).

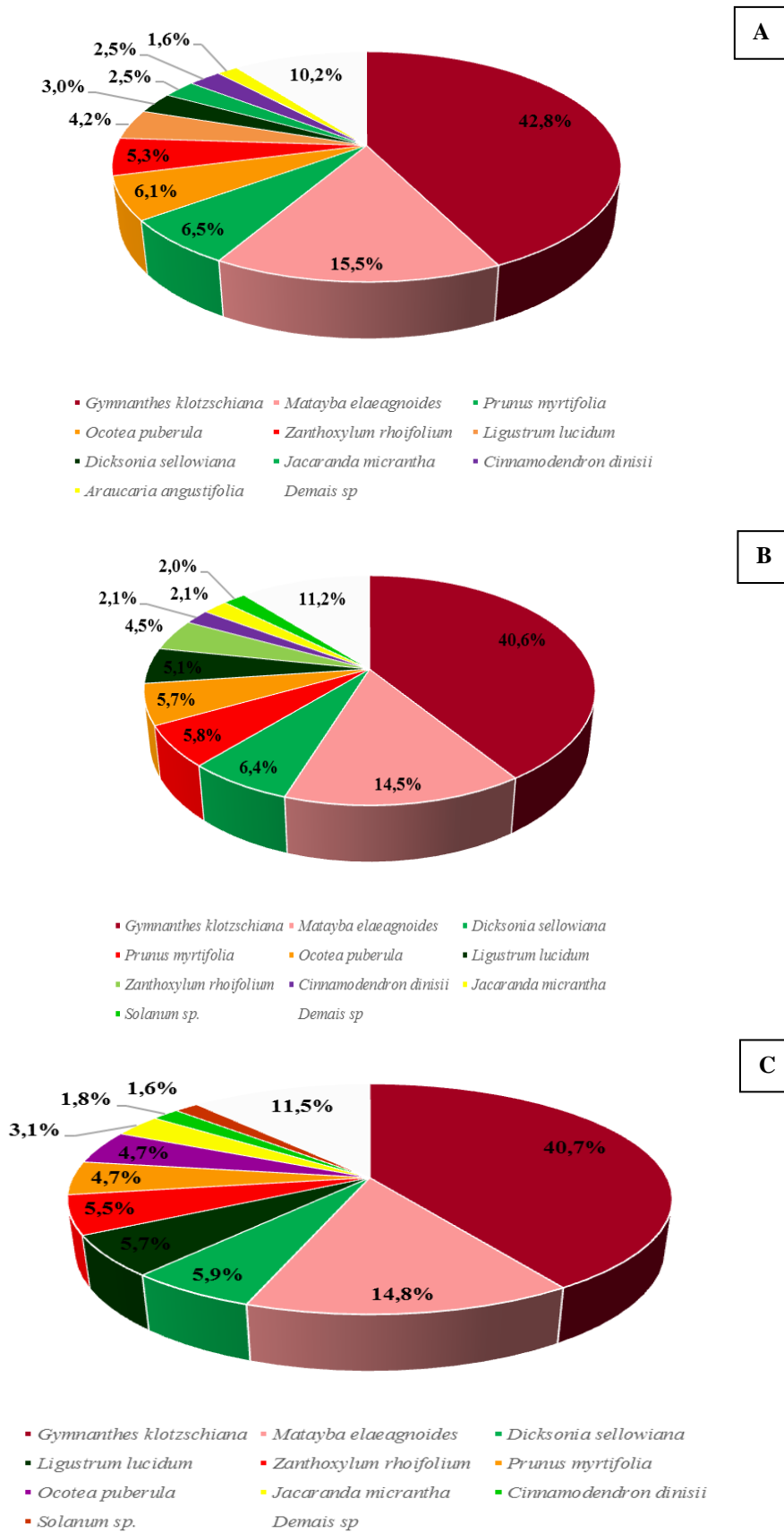


Figura 9. Estoque de carbono para as 10 principais espécies que ocorreram no fragmento: **A)** Estoque de carbono no ano de 2011; **B)** Estoque de carbono no ano de 2014; **C)** Estoque de carbono no ano de 2016.

O maior sequestro e estocagem de carbono da espécie deve-se principalmente a característica da espécie de produzir muitas brotações, de se dispersar amplamente pela área e, além disso, ter encontrado as condições ideais para seu desenvolvimento na área, o que leva a espécie a ser predominante dentro do fragmento. O estoque de carbono da *G. klotzschiana* atualmente no fragmento é de 9,54 Mg ha⁻¹.

Matayba elaeagnoides se apresentou nos três levantamentos como a maior detentora de biomassa e estocadora de carbono. Entretanto, a *Matayba elaeagnoides* que se apresenta como ótima fixadora de carbono passará rapidamente a ser a uma fonte de carbono. Brun; Brun; Longhi, (2011) indica *Matayba elaeagnoides* como uma espécie com grande potencial para fixação de carbono. Porém, a espécie apresenta um rápido declínio, dado por uma maior taxa de mortalidade em relação ao ingresso e crescimento interno, ocasionando maiores taxas de emissões de CO₂, no processo de decomposição, tornando-se uma fonte emissora de carbono dentro da floresta.

O *Prunus mytifolia* se apresentou entre as 10 primeiras espécies com maior biomassa e estoque de carbono. Mas no decorrer dos levantamentos seu potencial de estoque de carbono foi diminuindo, passando de quarto maior estoque para sexto, contudo seu número de indivíduos não teve grandes variações, levando a inferir que a espécie teve seu desenvolvimento menor nesse período, possivelmente pelas condições do ambiente.

Outra espécie que apesar de apresentar um ótimo potencial de estoque de carbono não evoluiu ao longo do período foi a *Ocotea puberula*. Isso se deve a mortalidade de indivíduos da espécie, diminuindo assim o estoque em biomassa e o sequestro de CO₂.

Outra espécie que se encontrava entre as com maior estoque de biomassa e carbono e que na última avaliação (2016) ficou com estoque bem abaixo foi o *Zanthoxylum rhoifolium*. Possivelmente teve um menor desenvolvimento, enquanto que as demais espécies incrementaram mais.

O mesmo ocorreu com o *Cinnamodendron dinisii*, que também diminuiu seu potencial de estocagem de 2,5 % para 1,8 %. Já *Jacaranda micranta* conseguiu evoluir de 2,5 % para 3,2 %, o que indica que vem se desenvolvendo bem e fixando carbono, contribuindo para a estocagem do fragmento.

É interessante destacar a grande evolução no estoque de carbono da *Dicksonia sellowiana* que evoluiu de sétima maior estocadora para terceira espécie com maior estoque de carbono. Contudo esta é uma espécie pioneira, que nos leva a identificar o efeito de uma oportunista, que se desenvolveu e aumentou em número de representantes, devido à abertura

de clareiras pelo corte irregular de árvores de outras espécies e pela mortandade de outros indivíduos. Ou seja, a perturbação nessa área ainda é muito grande e acaba prejudicando no sequestro e estocagem do carbono.

No primeiro levantamento da área foi identificada a ocorrência de um representante de *Myrsine gardneriana*, contudo esse indivíduo morreu no período 2011-2014, deixando de fazer parte do estoque de carbono.

Como já foi verificada a grande presença da espécie exótica invasora, *Ligustrum lucidum*, aqui como fator positivo pela sua capacidade de sequestro e estocagem de carbono, que se deve especialmente ao número de representantes da espécie. Contudo esse fato torna a preocupação maior com a espécie, uma vez que ela vem ocupando o espaço das outras espécies, justamente por ótimo desenvolvimento dentro do período. Ou seja, a espécie está muito adaptada e caso não seja controlada pode se apresentar como grave problema.

Medidas de remoção e controle desta espécie são necessárias, contudo devem ser realizadas com cautela, justamente por seu estoque de carbono que pode se tornar fonte emissora de CO₂ a atmosfera.

Houve aumento na contribuição das outras espécies para o estoque de carbono no período (10 – 11,7%), ou seja, um aumento de 1,7% no estoque de carbono. Isso representa que a floresta está crescendo e apresentando aumento no estoque de carbono, as demais espécies vem crescendo e aumentando os seus estoques, contribuindo para o estoque total.

Desta forma verifica-se a necessidade da conservação deste fragmento, para que a floresta continue crescendo e elevando sua capacidade de estocagem de carbono, sequestrando conseqüentemente mais CO₂ atmosférico, contribuindo com a qualidade de vida da população urbana de Guarapuava.

Considerando a área total do fragmento em estudo, 11,5 hectares aproximadamente, o estoque total de carbono sequestrado na área seria de 265,99 Mg de carbono, ou seja, carbono esse que deixou de contribuir para o processo do Efeito Estufa e conseqüentemente evitando ou diminuindo os efeitos das mudanças climáticas.

O valor encontrado é considerável para o presente fragmento, uma vez que a tipologia aluvial promove a seleção das espécies que se desenvolvem em solos hidromórficos, que não são muitas. Além disso, considerando as condições da área e seu histórico, o estoque de carbono está dentro dos padrões aceitáveis.

Além disso, tem-se nessa floresta o constante processo de sequestro e estocagem e desta forma é necessário que esta seja manejada de forma correta, evitando cortes ou remoção das espécies nativas, não permitir circulação e deposição de lixo no interior do fragmento,

além de continuar realizando novos estudos sobre a área.

2.3.5. Estoque de Biomassa e Carbono na Serapilheira

Ao longo do processo de desenvolvimento da vegetação, boa parte do carbono absorvido é empregado na constituição da biomassa, seja, biomassa de tronco, dos galhos, raízes ou foliar. Segundo Larcher (2000), essa biomassa, será perdida na forma de serapilheira, uma vez que, uma grande porção é perdida na abscisão das folhas, flores, frutos e ramos, levando a serapilheira a ser considerada uma importante perda de carbono no balanço anual de perdas da vegetação. Assim, uma pequena parcela deste carbono será reemitido para a atmosfera e o restante é todo incorporado ao solo.

Vidal et al. (2007) explica que existem diversos condicionantes que podem influenciar na produção de serapilheira, tais como: clima, fertilidade do solo, composição de espécies da comunidade, estrutura e estágio sucessional da floresta, bem como perturbações antropogênicas no seu entorno. Observa-se que o efeito clima e a mudança de estações influenciaram diretamente na queda de material vegetal

É possível observar a variação na quantidade de deposição de serapilheira ao longo das estações do ano. Para o período de verão encontrou-se $4,29 \text{ Mg ha}^{-1}$ de serapilheira, $5,09 \text{ Mg ha}^{-1}$ para o outono, $5,57 \text{ Mg ha}^{-1}$ de serapilheira para o inverno e $4,31 \text{ Mg ha}^{-1}$ para a primavera. O maior valor no inverno é devido à estação ser mais fria, onde o processo de decomposição se torna mais lento e a biomassa perdida da floresta se acumula na forma de serapilheira no solo florestal.

Socher et al. (2008), na Florestal Ombrófila Mista Aluvial, mesma tipologia aqui estudada, encontraram $4,36 \text{ Mg ha}^{-1}$, valor superior ao período de verão, mas inferior ao outono e inverno do presente estudo. Possivelmente esse efeito tenha sido observado devido a composição florestal, com a presença de um número menor de árvores que perdem completamente ou parcialmente as folhas entre outono e inverno.

Pode-se observar que a primavera, seguida do verão, foram as estações que apresentaram os menores estoques de serapilheira e conseqüentemente menor perda de carbono para a atmosfera e menor incorporação ao solo, porém com o processo ocorrendo com maior velocidade, pois esse é o período em que se tem uma menor queda de material foliar e demais partes que compõem a serapilheira. Além disso, esse é o período de maior temperatura, quando a decomposição desse material se torna mais acelerada e a serapilheira é rapidamente incorporada ao solo para retornar aos vegetais ou liberada para a atmosfera.

Para obter a quantidade de carbono presente na serapilheira do fragmento, utilizou-se o teor médio de carbono obtido por Maas (2015) em Floresta Ombrófila Mista, de 0,454, onde 45,4% da biomassa da serapilheira são compostas de carbono. É importante ressaltar que este é um valor aproximado para o todo, pois no presente estudo não foi realizada a separação das frações que compõem a serapilheira (folhas, ramos, flores, frutos e miscelânea), pois dessa forma seria possível um valor exato.

As médias do estoque de carbono presente na serapilheira para as estações foram de 1,95 Mg ha⁻¹ para o período de verão, 2,31 Mg ha⁻¹ no outono, 2,53 Mg ha⁻¹ no inverno e 1,96 Mg ha⁻¹ na primavera (Figura 10).

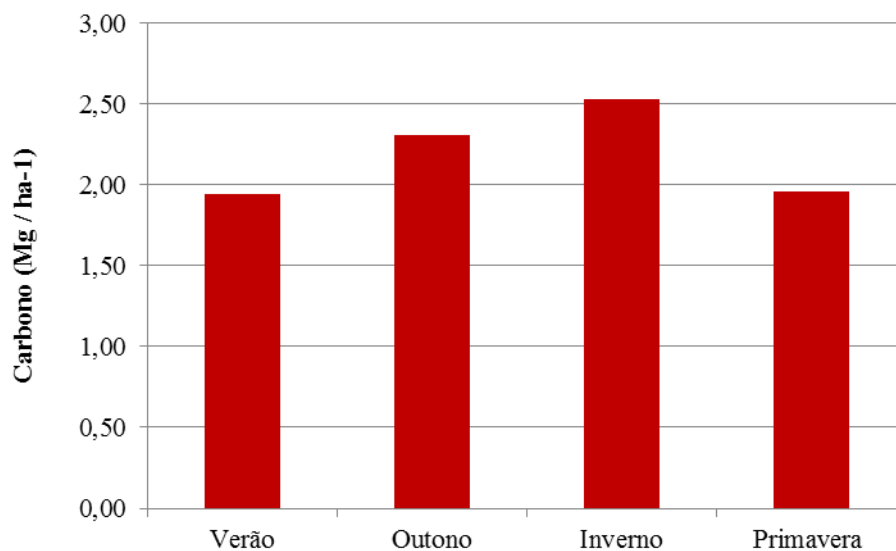


Figura 10. Estoque de carbono presente na serapilheira para as estações do ano no Fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial Urbana em Guarapuava / PR.

A variação de carbono na serapilheira se dá justamente pela diferença de formação de serapilheira durante cada estação do ano, na qual a, estação com maior deposição de serapilheira conseqüentemente terá maior concentração de carbono.

O estoque de carbono presente na serapilheira para o ano de 2016 para o fragmento foi de 118,69 Mg de carbono, no qual tem-se teor médio de 2,19 Mg ha⁻¹ de carbono e a serapilheira acumulada de 4,72 Mg.ha⁻¹ de serapilheira (biomassa seca). Estoque de carbono aceitável devido às condições do fragmento, que se encontra em desenvolvimento.

A serapilheira é um dos principais compartimentos que contribuem para a acumulação de carbono no solo. Tal compartimento é influenciado horizontalmente pela heterogeneidade da vegetação, pois quanto mais diversa for essa comunidade, maior a diversificação adjacente da serapilheira (MOROE, 2015).

Essa serapilheira depositada no solo florestal passará pelo processo de decomposição, onde parte do carbono incorporado na biomassa pela fotossíntese retorna à atmosfera com CO₂ e o restante, em sua maioria, o carbono e demais nutrientes serão incorporados ao solo (SANTO; CAMARGO, 1999).

Desta forma, alguns cuidados na preservação das florestas devem ser tomados, uma vez que assim é possível que as perdas do carbono diretamente para o ambiente sejam evitados ou minimizados. É necessário impedir a derrubada desta área que elevam muito mais a liberação do carbono direto para o ambiente e principalmente evitar as queimas, principal forma de liberação do carbono.

2.4 CONCLUSÃO

- O Fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial Urbano em estudo apresenta baixa diversidade, explicada pela segmentação do ambiente aluvial, pela restrição de desenvolvimento de algumas espécies devido à hidromorfia do solo e também pela grande pressão urbana que ocorre na área;
- Os efeitos da pressão urbana ficaram evidentes pela grande quantidade da espécie exótica invasora, *Ligustrum lucidum*. O índice de impacto ambiental de espécies exóticas foi 0,91, apontando que as exóticas se encontram presente e já representam pouco mais de 10 % dos indivíduos. Isso indica que ações de remoção e controle, especialmente do *Ligustrum lucidum* devem ser realizadas na área do fragmento, do entorno, assim como na arborização da cidade de Guarapuava, evitando que a espécie se dissemine mais por áreas florestais próximas;
- Outra evidencia da pressão urbana, diz respeito a quantidade de lixo depositada no fragmento. E pelo grande número de indivíduos que morreram ou que desapareceram de um levantamento para o outro;
- *Gymnanthes klotzschiana* foi a espécie mais representativa da floresta (383 indivíduos), apresentando os maiores valores para todos os parâmetros fitossociológicos avaliados e, conseqüentemente, maior Valor de Cobertura e Valor de Importância da floresta reiterando o caráter hidrófilo desta espécie. A espécie também se apresentou com o maior estoque de carbono;
- O fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial urbana apresenta valores de sequestro de carbono considerável, porém estes valores podem ser elevados por meio de ações de manejo na área. Essas ações podem ser de enriquecimento de espécies dentro da área, por meio da utilização do próprio banco de semente do local, implantação de espécies como a *Gymnanthes klotzschiana* e *Allophylus edulis* nas áreas mais encharcadas e espécies como a *Rapanea gardneriana*, *Ocotea puberula*, *Jacaranda micranta* e a própria *Araucaria angustifolia* nas áreas com solo mais drenado, pois estas são espécies com maiores valores de sequestro de carbono;
- Também é de fundamental importância que o fragmento seja isolado, evitando que pessoas circulem dentro do mesmo, que lixo e resíduos sejam depositados no local, de forma a garantir a conservação da vegetação.

3. INVENTÁRIO DAS EMISSÕES DOS GASES DE EFEITO ESTUFA DENTRO DO CAMPUS CEDETEG DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO OESTE DO PARANÁ

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi quantificar as emissões de gases de efeito estufa, especialmente o CO₂ dentro do Campus da UNICENTRO no município de Guarapuava-PR, conhecer os valores das reais emissões dentro do campus, contribuindo com dados para o inventário dos gases de efeito estufa nacional e oferecendo base para a realização de novos inventários. Também, verificar a compensação entre as emissões e o sequestro de CO₂ na Floresta Ombrófila Mista Aluvial. Para o desenvolvimento do inventário de emissões de carbono no campus CEDETEG, foi adotada a metodologia do IPCC 2006: *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Considerou-se para o estudo as principais fontes emissoras de CO₂ ocorridas no ano de 2016, sendo: Agricultura, Pecuária, Frota Veicular que circula no Campus, Uso de Gás Liquefeito de Petróleo, Energia Elétrica, Mudança no uso do solo e Oerações mecanizadas. A principal fonte emissora de CO₂ foi a utilização de energia elétrica dentro do campus CEDETEG diariamente, responsável por 91.817,24 Mg CO₂.ano⁻¹, seguido da frota veicular emitindo anualmente 433,25 Mg CO₂.ano⁻¹. A emissão total foi de 92.386,10 Mg CO₂.ano⁻¹ ou 25.242,10 Mg C.ano⁻¹. O balanço entre carbono sequestrado e o emitido foi negativo no ano de 2016. Os sequestros de carbono contabilizados no presente estudo não foram suficientes para mitigar as emissões provenientes das atividades dentro do campus CEDETEG da UNICENTRO de Guarapuava-PR.

Palavras-chave: Dióxido de carbono; Emissões; Inventário; IPCC.

ABSTRACT

The objective of the present study was to quantify greenhouse gas emissions, especially CO₂ within the UNICENTRO Campus in the city of Guarapuava-PR, to know the values of the actual emissions within the campus, contributing with data for the effect gas inventory and providing a basis to conduct new inventories. Also, to verify the compensation between the emissions and the sequestration of CO₂ in the Alluvial Ombrophyllous Mixed Forest. For the development of the inventory of carbon emissions at the CEDETEG campus, the IPCC 2006 methodology was adopted: IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. The main sources of CO₂ emissions occurred in the year 2016 were the following: Agriculture, Livestock, Vehicular Fleet circulating in the Campus, Use of Liquefied Petroleum Gas, Electric Power, Land Use Change and Mechanized Generations. The main source emitting CO₂ was the use of electricity within the CEDETEG campus on a daily basis, responsible for 91,817.24 Mg CO₂.year⁻¹, followed by the vehicle fleet emitting 433.25 Mg CO₂.ano⁻¹. Total emissions were 92,386.10 Mg CO₂.year⁻¹ or 25,242.10 Mg C.year⁻¹. The balance between carbon sequestration and emissions was negative in 2016. The carbon sequestration accounted for the present study was not sufficient to mitigate the emissions from activities within the CEDETEG campus of UNICENTRO in Guarapuava-PR.

Keywords: Carbon dioxide; Emissions; Inventory; IPCC.

3.1. INTRODUÇÃO

Os gases de efeitos estufa (GEE) são os gases que, quando liberados retêm o calor na atmosfera, e contribuem para aumentar o efeito estufa. O efeito estufa é algo natural e sem ele a temperatura terrestre seria muito baixa, sendo quase impossível a existência de seres humanos na Terra. No entanto, com o aumento das emissões dos GEE, o efeito estufa se agravou e, além de aumentar a temperatura terrestre, ele também faz com que radiações nocivas sejam absorvidas pelos seres vivos (AUSTRALIAN ACADEMY OF SCIENCE, 2015).

O efeito estufa é o principal causador das mudanças climáticas, contudo, independentemente de suas origens, as mudanças climáticas produzem impactos que poderão ter amplos reflexos no meio ambiente. Atualmente, essas mudanças vêm afetando os padrões regionais de precipitação e de evapotranspiração, o que tem repercutido em todo regime hidrológico, biológico e agrícola. Catástrofes climáticas tem se tornado mais frequentes, e tem-se evidenciado a elevação do nível dos mares (PINTO; MOUTINHO; RODRIGUES, 2008).

O aumento da concentração dos GEE como o gás carbônico (CO_2), metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O), devido a atividades antropogênicas, está fazendo com que a temperatura global do planeta se eleve pela maior retenção do calor proporcionada pelos mesmos. Estas emissões estão diretamente relacionadas aos aumentos de médias de temperatura em diversas regiões da Terra (GITAY et al., 2002).

O dióxido de carbono é o principal gás causador do efeito estufa, circula entre quatro principais estoques de carbono: a atmosfera, os oceanos, os depósitos de combustíveis fósseis e a biomassa terrestre e solo (YU, 2004).

A alta taxa deste gás vem preocupando os cientistas e provocando amplas discussões sobre o assunto. Desta forma, o monitoramento das alterações climáticas provocadas pelas ações antrópicas se tornou, juntamente com a determinação dos níveis de emissões de gases de efeito estufa lançados na atmosfera todos os anos, extremamente relevante. Isso se dá uma vez que determinam quanto estas emissões irão influenciar a vulnerabilidade às mudanças climáticas para as próximas décadas (NEVES, 2013).

Quando se fala em monitorar e reduzir as emissões de GEE, a primeira coisa em que se pensa ou deve se pensar são as taxas de emissões do município, estado ou país. Assim, gerenciamento começa a partir do conhecimento de quanto é emitido através dos inventários de emissões GEE, que fornecem informações gerenciais para que sejam tomadas ações

visando à redução de emissões.

Necessita-se, dessa forma, conhecer qualitativamente e quantitativamente a produção desses gases, bem como encontrar e desenvolver procedimentos e tecnologias para reduzir perdas na forma de gases de efeito estufa. Os sistemas de produção mais eficientes, em princípio, parecem constituir menores produtores de gases de efeito estufa por unidade produzida (carne, leite, milho, soja, trigo e demais culturas e atividades) (DEMACHI et al., 2006).

Desta forma, o objetivo do presente estudo foi quantificar as emissões de gases de efeito estufa, especialmente o CO₂ dentro do Campus da UNICENTRO no município de Guarapuava-PR, conhecer os valores das reais emissões dentro do campus, contribuindo com dados para o inventário dos gases de efeito estufa nacional e oferecendo base para a realização de novos inventários. Também, verificar a compensação entre as emissões e o sequestro de CO₂ na Floresta Ombrófila Mista Aluvial.

3.2. MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1. Quantificação/Inventário das emissões de carbono dentro do Campus CEDETEG

Para o desenvolvimento do inventário de emissões de carbono no campus CEDETEG, foi adotada a metodologia do IPCC 2006: *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Considerou-se para o estudo todas as emissões ocorridas no ano de 2016.

Para o cálculo das emissões de combustíveis fósseis, existem dois modos de abordagem para contabilização, sendo:

- Método “*top-down*”: abordagem que tem como base informações e dados no nível nacional, os quais são medidas diretas ou indiretas do nível de atividade de uma região, como o uso de dados de vendas, nível de emprego ou fatores de emissão per capita.

- Método “*bottom-up*”: abordagem que tem como base para o cálculo de suas emissões, as fontes individuais. Através da soma de todas as fontes se obtém estimativas locais e estaduais. Como as emissões são calculadas individualmente para cada fonte, é um processo que demanda maiores recursos e as estimativas de emissões são mais exatas do que na abordagem.

Para a realização deste inventário utilizou-se a “*top-down*”. O IPCC (2006) indica ainda três níveis (*tiers*), esses “*tiers*” indicam o nível de complexidade metodológica, abrangendo diferentes níveis de atividades e detalhes de tecnologia, para o cálculo das estimativas de emissões, sendo que: o *tier 1*, considera o método básico, onde utiliza valores *default* propostos pelo IPCC para fatores de emissão; o *tier 2*, intermediário, utiliza valores nacionais (ou estaduais); e o *tier 3* utiliza métodos mais elaborados como, por exemplo, modelagem matemática (KRUG, 2008).

No presente inventário optou-se em utilizar os fatores de emissão *default* (*tier 1*) e valores nacionais (*tier 2*), de acordo com as características de cada item inventariado.

Para a quantificação das emissões, as fontes foram divididas em cinco categorias, a saber:

- **Energia:** Emissões devido à queima de combustíveis e emissões fugitivas da indústria de petróleo, gás e carvão mineral.

- **Agropecuário:** As emissões são majoritariamente devido ao metano (CH₄) e ao óxido nitroso (N₂O): fermentação entérica, manejo de dejetos animais, queima de resíduos agrícolas, emissões de N₂O provenientes de solos agrícolas.

- **Processos industriais:** Emissões resultantes dos processos produtivos nas indústrias e que não são resultado da queima de combustíveis. Subsetores: produtos minerais, química, metalurgia, papel e celulose, alimentos e bebidas, e produção e utilização de Hidrofluorcarboneto (HFC) e Hexafluoreto de enxofre (SF₆).

- **Tratamento de Resíduos:** Emissões pela disposição de resíduos sólidos (CH₄) e tratamento de esgotos (CH₄ e N₂O) – esgoto doméstico e comercial, efluentes da indústria de alimentos e bebidas e os da indústria de papel e celulose. Além das emissões de CO₂ pela incineração de resíduos.

- **Uso do solo e florestas:** Variações de carbono sejam na biomassa aérea como no solo. Considera todas as transições possíveis entre diversos usos, as remoções de CO₂ em toda área considerada manejada e emissões de CO₂ por aplicação de calcário em solos agrícolas.

Para o estudo não se considerou a disposição final de resíduos sólidos urbanos e o tratamento de esgotos domésticos e comerciais e de efluentes industriais, pois dentro do campus não são desenvolvidas estas atividades.

3.2.2. Uso de energia não veicular

Nesta categoria foram consideradas as emissões provenientes da queima de combustíveis com a finalidade de gerar energia. Desta forma tem-se a energia elétrica, o gás liquefeito de petróleo, a lenha, o carvão e o petróleo. Dados sobre a utilização e dados sobre o consumo destes materiais foram obtidos junto ao setor de compras da Universidade.

3.2.2.1. Energia Elétrica

Os fatores de emissão médios de CO₂ para energia elétrica a serem utilizados, tem como objetivo estimar a quantidade de CO₂ associado a uma geração de energia elétrica determinada. O fator de emissão utilizado para os cálculos de emissão de dióxido de carbono foi obtido a partir do site de Mudanças Climáticas do Ministério da Ciência e Tecnologia indicando o valor médio mensal de 0,0826 tCO₂/MWh para o ano de 2016 (MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2016).

Os dados de consumo de energia elétrica mensal (KWh) foram obtidos junto ao departamento de compras do Campus da Universidade Estadual do Centro Oeste do Paraná.

A equação utilizada para o cálculo das emissões proveniente do uso de energia elétrica

foi, Equação 21.

Equação 21 $CO_2 EF = EE * FE$

Na qual:

$CO_2 EF$ = é a emissão de CO_2 (t CO_2);

EE = é o consumo de energia elétrica (MWh);

FE = é o fator de emissão nacional (t CO_2 /MWh).

3.2.3. Uso de energia veicular

Essa abordagem metodológica levou em consideração os dados de consumo do combustível, considerando os fatores de emissão de GEE de cada um deles.

Para tanto, foi realizada uma amostragem dos veículos que circulam dentro da Universidade diariamente. Este levantamento consistiu em um monitoramento diário da entrada de veículos, durante três dias consecutivos em duas semanas distintas no período das 6:00 horas da manhã às 22:00 horas, bem como a estimativa do percurso médio realizado dentro do campus.

Posteriormente foi analisado o consumo de combustíveis médio por esses veículos, também quantificando os fatores de emissão dos poluentes, por tipo de combustível (NO_x , CO , CO_2 , hidrocarbonetos e aldeídos) e autonomia dos veículos. Neste caso, foi realizada uma média aritmética dos valores dos fatores de emissões de cada um dos gases supracitados.

Para o cálculo das emissões foi empregado a seguinte equação, 22:

Equação 22 $GgCO_2 = \Sigma(((F_{cab} * FF) - SC) * UC) * 44/12$

Na qual:

CO_2 = Dióxido de carbono emitido no ano base (Kg CO_2);

FC = Consumo de combustível (TJ);

EF = Fator de emissão (TC / TJ);

SC = Carbono estocado;

UC = Razão de carbono oxidado;

a = Tipo de combustível;

b = Setor ou atividade;

44/12 = Fator de conversão (Carbono para dióxido de carbono).

3.2.4. Agropecuário

Nesta categoria foram abordadas as emissões referentes à fermentação entérica dos rebanhos e ao manejo de dejetos deles provenientes. Quando os dejetos dos rebanhos que são presentes no campus, entram em anaerobiose, emitindo grande quantidade de metano (CH₄).

Em linhas gerais, as emissões são calculadas mediante a aplicação de um fator de emissão para o número de animais de cada tipo de gado no país para produzir um total de fermentação entérica (IPCC, 2007) (Quadro 1).

Quadro 1. Fatores de emissão para o subsetor de pecuária.

Categoria de rebanho	Fator de emissão da fermentação entérica	Fator de emissão da fermentação entérica	Fator de emissão para o manejo de dejetos
	kg CH ₄ /cabeça/ano	kg CH ₄ /cabeça/ano	kg CH ₄ /cabeça/ano
Tipo T	FE (T) Default	FE (T) Calculado	EF (T)
Gado de leite	63	65	1,00
Gado de corte	56	55	1,00
Bubalinos	55	n.a	1,00
Ovinos	5	n.a	0,15
Caprinos	5	n.a	0,17
Equinos	18	n.a	1,64
Mulas e jumentos	10	n.a	0,90
Suínos	1	n.a	1,00
Aves	n.a	n.a	0,02
Outros	n.a	n.a	1,00

Fonte: IPCC (2007).

3.2.5. Fermentação entérica

A metodologia para as emissões da fermentação entérica considerara a soma das emissões de cada rebanho (bovinos e ovinos) dentro da Universidade. As informações sobre os rebanhos foram obtidos junto ao Núcleo de Produção e Nutrição de Ruminantes (para os bovinos) e Laboratório de Plantas de Lavoura – AgrisusBrsail P&D (para os ovinos), Equação 23.

Equação 23 **Emissões de metano (kgCH₄) = Σ (f_i x r_i)**

Na qual:

f_i = fator de emissão para fermentação entérica de cada rebanho, utilizado no inventário nacional;

r_i= número de indivíduos de cada rebanho;

Fatores de emissão de metano por fermentação entérica: (kg cabeça⁻¹ ano⁻¹);

Cálculo para cada tipo de animal, equação 24, 25 e 26:

Equação 24	Emissão CH₄ (kgCH₄/ano) = NA x FE (kg cabeça⁻¹ano⁻¹)
Equação 25	Emissão CH₄ (kgCO₂ eq/ano) = Emissão CH₄ (kgCH₄) x 21*
Equação 26	GgCO₂ = Emissão CH₄ (kgCO₂ eq) x 10⁻⁶

NA qual:

NA = Numero de cabeça do rebanho;

FE = Fator de emissão do CH₄ para fermentação entérica (Kg CH₄/cabeça/ano);

(*) Potencial de aquecimento global (GWP) do CH₄ é 21 vezes maior que do CO₂.

3.2.6. Manejo de dejetos

Cálculos para obter as emissões de CO₂ do manejo de dejetos provenientes de animais (exceto animais conduzidos em pastagens) (Equação 27).

Equação 27 **Emissões de metano = (e_i * c_i * r_i)**

Na qual:

e_i = fator de produção de estrume de cada rebanho sugerido pelo IPCC;

c_i = fator de emissão utilizado no Inventário Nacional para emissão de CH₄ por kg de estrume;

r_i = número de indivíduos de cada rebanho

Cálculo para cada tipo de animal, equações 28, 29 e 30:

Equação 28	Emissão CH₄ (kgCH₄) = Número de cabeças x fator emissão (kg
cabeça⁻¹ano⁻¹)	
Equação 29	Emissão CH₄ (kgCO₂eq) = Emissão CH₄ (kgCH₄) x 21
Equação 30	GgCO₂ = Emissão CH₄ (kgCO₂ eq) x 10⁻⁶

3.2.7. Mudança do uso do solo e florestas

Os principais Gases de Efeito Estufa relacionados às mudanças de uso do solo e florestas a serem quantificados, são o dióxido de carbono (CO₂), o óxido nitroso (N₂O) e metano (CH₄).

Foi quantificado as emissões de CO² provenientes da conversão de reflorestamento em campo, pois no período a floresta de *Pinus taeda* foi cortada. Para tanto, informações sobre o pinus foram obtidas junto a literatura (OLIVEIRA, 2010; RIFFEL et al., 2008).

Equação 31 $KtCO_2 = ((ha * BG) - (TH * ER)) * CC * 44/12$

Na qual:

CO₂ = Dióxido de carbono captado no ano base;

ha = Do fragmento florestal em questão;

BG = Média do crescimento anual por hectare de biomassa;

(TH * ER) = Perda de biomassa anual;

CC = Conteúdo de carbono no material seco;

44/12 = Fator de conversão (Carbono para dióxido de carbono).

3.2.9. Agricultura

O setor da agricultura foi avaliado a partir das informações provenientes do setores responsáveis pelas áreas de cultivo. Foram consultados os professores responsáveis para a realização de um levantamento de quais cultivos estão sendo desenvolvido nas áreas agricultáveis do campus, bem como sua respectiva produção, sobre a aplicação de fertilizantes sintéticos e a aplicação de defensivos agrícolas.

Algumas informações foram obtidas junto a literatura para a estimativa das taxas de emissões para as culturas de: Milho, Soja, Feijão, Trigo, Aveia, Azevem e Batata (BALBINOT et al., 2003; JANTALIA et al., 2003; COELHO, 2006; JUSTEN, 2007; BORDIN et al., 2008; SIMON, 2009; OLIVEIRA, 2010; DALLAGNOL et al., 2011; TURCO, 2011; SANCHEZ, 2012; PIEROZAN JUNIOR, 2012; BORBA, 2013; SAITO et al., 2013; VALE; DANTAS; ZAMBRZYCK, 2013; EMBRAPA, 2014; PACENTCHUK et al., 2014; SILVA, 2015).

3.2.9.1. Aplicação de fertilizantes nitrogenados sintéticos

A equação a ser utilizada para calcular as emissões de óxido nitroso proveniente do uso de fertilizantes sintéticos foi a Equação 32:

Equação 32 $N_2O_{fert} = N_{fert} * (1 - FRAC_{GASP}) * EF_1$

Na qual:

N_2O_{FERT} = emissão de óxido nitroso associada à aplicação de fertilizantes nitrogenados sintéticos (Kg N_2O-N / Kg de adubo aplicado) (Quadro 2);

N_{FERT} = quantidade de N aplicado como fertilizante nitrogenado (Kg);

$FRAC_{GASF}$ = fração do N aplicado que volatiliza na forma de NH_3 e NO_x (%);

EF_1 = fator de emissão (%) (Quadro 2).

Quadro 2. Fatores de emissão de fertilizantes nitrogenados sintéticos.

PAG do N_2O		298
EF_1	0,30%	0,003
$FRAC_{GASF}$	10%	0,9 (1 – 0,1)
Coefficiente composto (t / CO_2 eq)		0,000837

Fonte: IPCC (2007).

3.2.9.2. Aplicação de ureia

A emissão de CO_2 na aplicação de ureia é calculada utilizando-se a Equação 33:

Equação 33 $CO_{2ureia} = Q_{ureia} * Fe_{ureia} * 44/12$

Na qual:

CO_{2UREIA} = emissão de CO_2 associada à aplicação de ureia no solo (kg CO_2);

Q_{UREIA} = quantidade de ureia aplicada ao solo (kg);

Fe_{UREIA} = fator de emissão – conteúdo de carbono no calcário (%);

44/12 = fator de conversão de C para CO_2 (adimensional).

O Quadro 4 mostra quais são os fatores de emissão para uso de ureia no solo. Esses fatores de emissão são Tier 1.

Quadro 3. Fatores de emissão da ureia.

Fertilizante	Fator de emissão (%)
Ureia	0,20

Fonte: IPCC (2007).

3.2.9.3. Aplicação de defensivos agrícolas

Os fatores de emissão dos defensivos agrícolas são associados à fase de produção e transporte desses químicos, também conhecido como a pegada de carbono do produto até a entrada na unidade rural. O uso destes produtos não acarretam emissões de GEE diretas na área e, portanto, devem ser reportados como emissões indiretas de escopo 3, considerada como Tier 1.

O cálculo de emissões de aplicação de defensivos agrícolas é realizado conforme a equação 34:

Equação 34
$$E_{DA} = Q_{Herbicida} * FE_{Herbicida} + Q_{Inseticida} * FE_{Inseticida} + Q_{Fungicida} * FE_{Fungicida}$$

Na qual:

E_{DA} = emissão de GEE associada à aplicação de defensivos agrícolas no solo (kg CO₂e);

$Q_{HERBICIDA}$ = quantidade de herbicida aplicado no solo (kg);

$FE_{HERBICIDA}$ = fator de emissão de herbicida (kg CO₂e /kg produto);

$Q_{INSETICIDA}$ = quantidade de inseticida aplicado no solo (kg);

$FE_{INSETICIDA}$ = fator de emissão de inseticida (kg CO₂e /kg produto);

$Q_{FUNGICIDA}$ = quantidade de fungicida aplicado no solo (kg);

$FE_{FUNGICIDA}$ = fator de emissão de fungicida (kg CO₂e /kg produto).

No Quadro 5, estão demonstrados os fatores de emissão para o uso de defensivos agrícolas.

Quadro 4. Fatores de emissão para uso de defensivos agrícolas.

Defensivos agrícolas	Fator de emissão (Kg CO ₂ e /Kg produto)
Herbicidas	10,2610
Inseticidas	16,6750
Fungicidas	10,1140

Fonte: IPCC (2007).

3.2.9.4. Resíduos de colheitas

Os resíduos das culturas normalmente se referem às palhadas que ficam após a colheita e a decomposição dessa palha gera emissão de GEE. Esses resíduos podem se decompor ou serem queimados, emitindo N₂O.

No caso dos resíduos de colheita do campus da universidade, estes ficam depositados sobre o solo para decomposição. Desta forma foram quantificadas as emissões de óxido nítrico provenientes dos resíduos da soja, milho, feijão e trigo, por meio da seguinte equação 35:

Equação 35
$$N_2O_{RES} = [(CROP * FRAC_{DMcrop} * (RES_{DM}/CROP_{DM}) * FRAC_{NCRes}] * FE_1$$

Na qual:

CROP = produção anual de cada cultura;

FRAC_{DMcrop} = fração da matéria seca do produto colhido (comercializado) de cada cultura;

RES_{DM} / CROP_{DM} = razão entre resíduo seco e produto seco, para cada cultura;

FRAC_{NCRes} = conteúdo de N da parte aérea de cada cultura;

FE₁ = fator de emissão.

Os parâmetros para o cálculo de emissões de resíduos de colheitas estão descritos no Quadro 6.

Quadro 5. Fatores utilizados para a determinação do N₂O provenientes de resíduos das culturas.

Cultura	RES _{DM} /CROP _{DM}	FRAC _{NRes}	FRANC _{DMcrop}	
Soja	1,98	0,009	0,87	Tier 2
Milho	1,49	0,008	0,87	Tier 2
Feijão	1,49	0,017	0,87	Tier 2
Trigo	-	0,013	0,87	Tier 2
Cana	0,169	0,006	0,87	Tier 2

Fonte: IPCC (2007).

3.2.9.5. Operações Mecanizadas

O cálculo de emissões de GEE das operações mecanizadas foi obtido por meio da quantificação do consumo de combustível.

Uma das abordagens fornecidas pela ferramenta de cálculo é o cálculo das emissões de GEE a partir do consumo de óleo diesel total na produção, o que elimina a necessidade de regionalizar as operações mecanizadas. Neste caso, o cálculo é realizado utilizando os fatores de emissão apresentados no Quadro 7 e a partir da relação abaixo 36:

Equação 36
$$CO_{2DIESEL} = Q_{DIESEL} * FE_{DIESEL}$$

Na qual:

CO_{2DIESEL} = emissão de CO₂ associada ao consumo de óleo diesel (Kg CO₂e);

Q_{DIESEL} = quantidade de óleo diesel consumida (L);

FE_{DIESEL} = fator de emissão do óleo diesel (kg CO₂/L).

Quadro 6. Fatores de emissão para queima de óleo diesel.

Fator de emissão (Kg CO₂ / L)			
Combustível	CO₂	CH₄	N₂O
Diesel	2,681	0,0003	0,00002
Biodiesel	2,499	-	-

Fonte: IPCC (2007).

Todos os cálculos das emissões foram processados no software Microsoft Excel 2010, sendo cada um das fontes emissoras calculadas separadamente de acordo com suas equações e posteriormente realizadas o somatório da emissão final.

3.3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A maior parcela das emissões mundiais é proveniente da queima de combustíveis fósseis. Como se sabe os centros urbanos são os maiores emissores, justamente pela grande concentração de atividades, especialmente as que utilizam combustíveis fósseis. Sobre tudo, pela grande quantidade de CO₂ que é emitida por veículos automotores.

A frota de veículos que circulam nas ruas se torna cada vez maior, uma vez que nos grandes centros urbanos do Brasil, tem se intensificado o aumento da motorização individual. Além de causar congestionamentos constantes, apresentam, a cada dia, problemas de transporte e qualidade de vida nas áreas urbanas, pela poluição sonora e do ar, por meio da emissão de CO₂ (ZANOLLI, 2015).

A frota de veículos que circulam diariamente dentro do Campus CEDETEG da UNICENTRO, são a evidencia do grande número de veículos nas cidades atualmente. Tem-se diariamente uma média de 2.082 veículos que entram no Campus, sejam estes conduzidos por alunos, professores, colaboradores e comunidade em geral. Destes, 1.788 são veículos de passeio, responsáveis pela emissão de 372,99 toneladas de CO₂ por ano (Tabela 5), a segunda maior frota é composta pelas caminhonetes a diesel, emitindo 41,79 t CO₂/ano, seguido das motocicletas que emitem 17,69 t CO₂/ano.

Tabela 5. Frota de Veículos por tipo de combustível circulando diariamente dentro do Campus UNICENTRO – CEDETEG em Guarapuava-PR.

Combustível	Total	Emissão de CO ₂ (Mg.CO ₂ .ano ⁻¹)
Carro (Etanol/Gasolina (flex))	1.788	372,99
Ônibus/Caminhão (Diesel)	56	0,772
Caminhonetes (Diesel)	121	41,79
Motos (Gasolina)	117	17,69
Total geral	2.082	433,24

* Para efeito de cálculo os veículos de motorização “flex” foram somados aos veículos exclusivamente à gasolina, considerando-se que a maioria dos carros “flex” na época eram abastecidos com gasolina devido ao preço.

Está frota circulando dentro do Campus emite anualmente 433,24 Mg.CO₂.ano⁻¹, valor considerável. Segundo o relatório do IPCC (2016), o setor de transporte produziu em 2010 6,7 GtCO₂ no mundo, sendo assim, responsável por 23% da emissão de CO₂ relacionadas as atividades energéticas. Este valor vem crescendo significativamente e de maneira sustentada, mesmo com avanço da eficiência dos veículos e das políticas adotadas. Em relação a 1970, a emissão de gases de efeito estufa no setor de transporte mais que dobrou, crescendo com taxas

superiores aos outros setores usuários de energia.

Para o desenvolvimento do inventário considerou-se as principais fontes emissoras, uma vez que, especialmente dentro da Universidade são desenvolvidas inúmeras atividades que por sua vez acabam emitindo CO₂ para a atmosfera. Na Tabela 6 pode-se observar todas as fontes emissoras analisadas e as respectivas emissões de CO₂ para o ano de 2016.

Tabela 6. Fontes emissoras de CO₂ e respectivas emissões no ano de 2016 dentro do Campus CEDETEG, Guarapuava - PR.

Fontes emissoras		CO₂ Eq (Mg CO₂.ano⁻¹)	Carbono (Mg.C.ano⁻¹)
Agricultura	Milho	0,50	0,14
	Soja	0,38	0,10
	Feijão	0,11	0,03
	Trigo	0,49	0,13
	Aveia / Azevem	0,09	0,02
	Batata	0,94	0,26
Total		2,51	0,68
Pecuária		103,87	28,38
Veículos		433,24	118,37
Gás Liquefeito de Petróleo		27,07	7,40
Energia Elétrica		91.817,39	25.086,86
Mudança no uso do solo		0,72	0,20
Operações mecanizadas		0,80	0,22
Total		92.386,10	25.242,10

No que diz respeito à agricultura, obteve-se para todas as culturas realizadas dentro do Campus uma emissão de 2,51 Mg.CO₂.ano⁻¹, sendo a cultura da batata a que mais emite CO₂ especificamente pela quantidade de defensivo agrícola que a cultura necessita, para o controle de pragas e doenças.

Além disso, as adubações nitrogenadas são apontadas como o fator que mais contribui para a emissão de GEE e, na agricultura, de forma geral (MACEDO; SEABRA; SILVA, 2008). Dentro das culturas verificadas a adubação nitrogenada juntamente com a aplicação dos defensivos agrícolas somam as maiores emissões.

Contudo, de modo geral, as estimativas de emissões de GEEs da agropecuária

apresentam mais incertezas do que as dos demais setores, em decorrência da maior complexidade dos sistemas de produção, sendo que na pecuária essas incertezas são ainda maiores, por envolver o componente animal (ALMEIDA; MEDEIROS, 2013).

Ao quantificar e monitorar as emissões de gases de efeito estufa em sistemas agropecuários, obtém-se em paralelo uma avaliação do impacto da agropecuária sobre o meio ambiente, na medida em que se detectam perdas de gases devido ao uso inadequado dos solos e do manejo incorreto de animais e culturas. Utilizando diferentes sistemas de produção de bovinos e de cultivos, deve-se identificar as práticas de maior efeito mitigador, tendo como pressuposto a manutenção ou a melhoria dos índices de produtividade (DEMACHI et al., 2006).

Para que a agricultura possa promover ações para a redução das emissões de GEE é fundamental que seja realizado o inventário das referidas emissões, bem como sua origem. Um inventário de emissões deve ser estabelecido como um processo contínuo, que permita identificar, bem como calcular as emissões de gases de efeito estufa, como um produto de uma dada atividade, por um fator de emissão adequado (GHG PROTOCOL, 2013).

A pecuária no Brasil é uma das grandes fontes emissoras de CH₄, e sabe-se que o metano é um gás muito mais poluente que o CO₂, especificamente 21 vezes mais poluente. É devido a este fato que grandes discussões vêm sendo realizadas em cima das emissões provenientes da pecuária.

Na pecuária realizada dentro do Campus têm-se poucos animais anualmente, sendo o rebanho bovino, 34 animais, e o rebanho de ovinos, com 130 animais, dados respectivos ao ano de 2016. Este rebanho foi responsável por uma emissão de 103,87 Mg.CO₂.ano⁻¹. Valor bem alto, que comprovam a grande preocupação mundial com a pecuária, que a cada ano aumenta, elevando os índices de emissões.

No Brasil, a agropecuária contribui com cerca de 22,0% das emissões antrópicas de gases de efeito estufa (GEEs), entretanto, se forem somadas as emissões provenientes do setor “mudança no uso da terra e florestas”, promovidas para a realização da pecuária esse percentual sobe para cerca de 80,0% (BRASIL, 2009).

As emissões provenientes da pecuária são elevadas. A alternativa encontrada seria a realização de sistema silvipastoril, realizando a integração de animais, pastagem e florestas. Essa metodologia proporciona o sequestro de carbono pelas árvores, diminuindo assim as taxas de emissões. Outra forma de minimizar as emissões seria a diminuição no número de animais criados na forma de confinamento, uma vez que este sistema torna-se grande fonte de GEE para a atmosfera.

O gás de cozinha utilizado em todas as residências é uma fonte potencial de emissão. Apesar de ter sido inserido por lançar menores taxas de CO₂, observou-se aqui à emissão anual de 27,07 Mg.CO₂.ano⁻¹ para a produção das refeições a aluno, professores e colaboradores.

O poder calorífico de um só botijão de 13 Kg de Gás Liquefeito de Petróleo - GLP corresponde à queima de dez árvores. Isso significa que o consumo de GLP evita a queima de milhões de árvores no Brasil, já que são consumidos cerca de 340 milhões de botijões por ano (SINDIGÁS, 2008).

Levando em consideração a grande queima de árvores que a inexistência do GLP provocaria, ele pode parecer boa alternativa, contudo, a utilização de lenha faria com que mais plantios florestais fossem realizados e esses plantios são responsáveis pelo sequestro de carbono, assim tem uma equivalência entre as emissões das queimas e o sequestro dos plantios. Ao se utilizar o GLP tem-se somente o lançamento de CO₂ diretamente na atmosfera, contribuindo para o efeito estufa.

Além disso, promover os reflorestamentos, tem-se a geração de empregos, proteção e conservação do solo e, corredores ecológicos podem ser formados, garantindo maior qualidade ambiental.

O consumo de energia elétrica foi responsável pela emissão de 91.817,89 Mg.CO₂.ano⁻¹, sendo a maior fonte emissora no ano de 2016, contribuindo 99% das emissões (Figura 11). Esse fato deve-se a grande quantidade de KWh (93653,5 KWh em 2016), isso por que está se quantificando inúmeras atividades realizadas dentro de uma Universidade.

Além disso, no ano de 2016 o Brasil foi responsável por uma emissão de mais de 3 milhões de toneladas de CO₂, para uma geração de 407444700,00 KWh (SEEG, 2017).

Das atividades geradoras de GEE, o setor energético é o que mais contribui para o aquecimento global, por que a matriz energética mundial é, em sua maioria composta por combustíveis fósseis, principalmente por derivados de petróleo, carvão mineral e gás natural (IEA, 2009).

Essa situação é diferente no Brasil que utiliza, principalmente, matriz energética oriunda de hidrelétricas, colocando o país em uma posição mais favorável em relação à média mundial, especialmente no que diz respeito as emissões de GEE (BRASIL, 2009).

A mudança do uso do solo foi mensurada no presente estudo devido ao corte raso de um reflorestamento de *Pinnus taeda* com 10 anos de idade, pois o corte deste pino resultou na emissão de 0,72 Mg.CO₂.ano⁻¹ para a atmosfera, sem contabilizar a emissão das raízes.

As alternativas para manejo da concentração atmosférica de CO₂ seria a redução da

utilização de combustíveis fósseis, responsáveis por aproximadamente 75% das emissões, ou seja, considerado o maior promotor do desenvolvimento econômico. Porém, esse é um processo que demanda mudanças radicais na economia e políticas ambientais, neste sentido têm encontrado muita resistência. Outra alternativa, é o sequestro de carbono, ou seja, a captura e estocagem do CO₂ presente na atmosfera. Os ecossistemas terrestres são essencialmente filtros biológicos naturais de CO₂, estimando-se que retirem cerca de 2 bilhões de toneladas de carbono da atmosfera por ano (BUCKERIDGE; MORTARI; MACHADO, 2007).

Sistemas de manejo que aumentem a adição de resíduos vegetais e a retenção de carbono (C) no solo se constituem em alternativas importantes para aumentar a capacidade de dreno de C-CO₂ atmosférico e mitigação do aquecimento global. Práticas agrícolas como aração e gradagem intensificam os processos microbianos no solo e fazem com que o C do solo volte para a atmosfera na forma de CO₂. O plantio direto associado à rotação de culturas com alto aporte de resíduos, pode ser uma alternativa para reduzir a emissão de CO₂ para a atmosfera e aumentar os estoques de C no solo (SÁ et al., 2001).

3.3.1 Balanço do sequestro e das emissões de carbono

O balanço entre carbono sequestrado e o emitido foi negativo no ano de 2016, ou seja, foi emitido mais do que a floresta foi capaz de sequestrar. Totalizou 25.242,10 Mg C.ano⁻¹ emitido e 1.089,59 Mg de carbono sequestrado (Tabela 7).

Tabela 7. Balanço final entre o sequestro e as emissões de carbono dentro do Campus CEDETEG, UNICENTRO Guarapuava - PR.

Sequestro	C sequestrado (Mg) / acumulado
Fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial	265,99
Serapilheira	118,69
Solo da floresta nativa	537,97
Reflorestamento de <i>Pinus taeda</i>	2,79
Reflorestamento de <i>Eucalyptus benthamii</i>	164,16
Total	1.089,59
Emissões	Emissão de C (Mg) / ano
Milho	0,14
Soja	0,10

Continua...

Sequestro	C sequestrado (Mg) / acumulado
Feijão	0,03
Trigo	0,13
Aveia / Azevem	0,02
Batata	0,26
Total para agricultura	0,68
Energia Elétrica	25.086,86
Veículos	118,37
Gás Liquefeito de Petróleo	7,40
Pecuária	28,38
Mudança no uso do solo	0,20
Operações mecanizadas	0,22
Total	25.242,10

Tem-se muitas atividades dentro do CEDETEG que são grandes emissoras, como o consumo de energia, a frota veicular além da pecuária, o que tornam as emissões elevadas. Contudo, vale ressaltar que aqui neste inventário não estão quantificados os sequestros promovidos pela agricultura, que contribuiria para minimizar algumas emissões, mas mesmo assim o saldo continuaria negativo.

Desta forma fica claro a importância do fragmento presente dentro do campus, assim como dos reflorestamentos, uma vez que se estes não existissem as emissões seriam ainda maiores.

Analisando estes dados se pode ter uma noção da grandeza das emissões mundiais, que requerem ações imediatas de mitigação, para que o aquecimento global diminua sua velocidade.

Apesar de o aquecimento global ser um fenômeno natural, não se pode negar os fatos de que a temperatura sobe a cada ano e que os efeitos estão sendo sentido por toda a população mundial. Secas tem se tornado mais frequentes e com maior período de duração, catástrofes climáticas são registradas com maior ocorrência e, o nível dos mares vem subindo a cada ano.

Os dados divulgados do aumento da temperatura mundial em 2016, quando a terra foi, segundo a NASA 0,99 °C, mais quente. Ou seja, confirma-se que, apesar do aquecimento global ser um fenômeno natural, o aumento das atividades antrópicas tem contribuído para intensificá-lo e decorrem, principalmente, da queima de combustíveis fósseis em usinas termelétricas, indústrias, veículos, sistemas de aquecimento domésticos, lixões, aterros sanitários, agricultura, além do desmatamento, das mudanças nos padrões de uso da terra, entre outros fatores (IPCC, 2007).

Sendo assim, atitudes devem ser tomadas no sentido de diminuir e mitigar as emissões de CO₂ e de todos os demais gases de efeito estufa. De acordo com o IPCC (2007), as atividades de mitigação relacionadas com as florestas podem reduzir de forma considerável as emissões por fontes e aumentar as remoções de CO₂ por sumidouros com custos baixos. Além dos benefícios que envolvem geração de empregos, geração de renda, biodiversidade e conservação das bacias hidrográficas, oferta de energia e redução da pobreza. Além disso, simples atitudes diariamente podem contribuir para diminuir as emissões.

3.4. CONCLUSÕES

- A principal fonte emissora de CO₂ é a utilização de energia elétrica dentro do campus CEDETEG diariamente, seguido da frota veicular;
- A emissão total foi de 25.242,10 Mg C.ano⁻¹;
- O balanço entre o carbono sequestrado e o emitido foi negativo (24.152,50) para o ano de 2016, quando foi emitido muito mais do que sequestrado;
- Embora o fragmento apresente boa capacidade de sequestro de carbono o seu sequestro não foi o suficiente para retirar da atmosfera do CO₂ que as atividades realizadas dentro da Universidade emitiram no ano de 2016;
- Os sequestros de carbono contabilizados no presente estudo não foram suficientes para mitigar as emissões provenientes das atividades dentro do campus CEDETEG.

7. RECOMENDAÇÕES

- Sendo assim, ações imediatas devem ser tomadas, de isolamento da área, para que a população do entorno deixe de praticar a exploração da madeira e de caça dentro do fragmento. No que diz respeito ao rio, um sistema de esgoto deve ser implantado, assim evitando que o mesmo seja despejado diretamente no rio como ocorre atualmente, poluindo o rio e trazendo contaminantes para junto da vegetação, podendo levar o fragmento ao declínio. Também é preciso conversar com os demais setores da Universidade, para que estes deixem de usar o fragmento como local para depósito de resíduos sólidos e orgânicos, bem com dejetos dos animais e lixo;

- Estudos sobre as ocupações no entorno se fazem necessárias, como forma de verificar a incidência de ocupações irregulares próxima ao fragmento. Se for constatado esse fato, os moradores devem ser removidos e a área isolada;

- É necessário ainda, que um plano de manejo das espécies exóticas seja desenvolvido na área, pois observou-se elevado número de *Ligustrum lucidum*, que possui grande capacidade de tomar o lugar das espécies nativas, descaracterizando o fragmento e diminuindo diversidade. Assim, é possível garantir a conservação da área, permitindo que continue a ocorrer à sucessão ecológica e o desenvolvimento;

- É de grande valia que se realize o inventário da vegetação presente na arborização, com o objetivo de conhecer seu estado e sua capacidade de sequestro de carbono, para que ações de manejo e melhoria da arborização possam ser executados;

- Também é de fundamental importância que as demais fontes de emissão de carbono sejam quantificadas, o que demanda novos estudos;

- Novos estudos nessa mesma linha são fundamentais para conhecer as reais emissões de cidades, estados ou países, possibilitando que estratégias de redução das emissões possam ser realizadas.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, J. M.; WATZLAWICK, L. F.; DE MESQUITA, N. S. Efeitos do uso em Sistema Faxinal na florística e estrutura em duas áreas da Floresta Ombrófila Mista no município de Rebouças, PR. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 2, p. 323–334, 2011.

ALMEIDA, R. **Diretrizes para elaboração de inventários de emissões de gases de efeito estufa em municípios de pequeno e médio porte**. 2011. 196 f. Dissertação (Mestrado em Gestão ambiental) - Universidade Positivo, Curitiba, 2011.

ALMEIDA, R. G.; MEDEIROS, S. R. Emissão de gases de efeito estufa em sistema de integração lavoura pecuária. In: **Sistema Agroflorestais e desenvolvimento sustentável**. 2013. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Roberto_Almeida2/publication/261851886_Emissao_de_gases_de_efeito_estufa_em_sistemas_de_integracao_lavoura-pecuaria-floresta/links/00463535a53e5b6dec000000/Emissao-de-gases-de-efeito-estufa-em-sistemas-de-integracao-lavoura-pecuaria-floresta.pdf>. Acesso em: 24 jan 2017.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; MORAES GONÇALVES, L. J.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

AREVALO, L. A.; ALEGRE, C. J.; VILCAHUAMAN L. J. M. **Metodologia para estimar o estoque de carbono em diferentes sistemas de uso da terra**. Colombo - PR: Embrapa Florestas, 2002. 38 p.

ARIAS, M. C. R. F. **Metodologia para Inventário de Emissões Atmosféricas em Municípios de Médio e Grande Porte**. 2008. 141 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Aeronáuticas) - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2008.

AUSTRALIAN ACADEMY OF SCIENCE. **The science of climate change: Questions and answers**. Canberra, 2015. BEA. National Income and Product Accounts. Disponível em: <<https://www.bea.gov/newsreleases/national/gdp/gdpnewsrelease.htm>>. Acesso em: 8 jul. 2016.

BADIRU, A. I.; PIRES, M. A.; RODRIGUEZ, A. M. Método para classificação tipológica da floresta urbana visando o planejamento e a gestão de cidades. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12, 2005, **Anais...** Goiânia: IMPE, 2005. p. 1427-1433.

BALBINOT, R.; SCHUMACHER, M. V.; WATZLAWICK, L. F.; SANQUETTA, C. R. Inventário de carbono orgânico em um plantio de *Pinus taeda* aos 5 anos de idade no Rio Grande do Sul. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Guarapuava, v. 5, n. 1, p.59-68, 2003.

BARDDAL, M. L.; RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; CURCIO, G. R. Caracterização florística e fitossociológica de um trecho sazonalmente inundável de floresta aluvial, em Araucária, PR. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 37-50, 2004.

BARRETO, T. G.; DALLA CORTE, A. P.; MOGNON, F.; RODRIGUES, A. L.; SANQUETTA, C. R. Dinâmica da biomassa e do carbono em fragmento urbano de Floresta Ombrófila Mista. **Enciclopédia biosfera**, Goiânia, v. 10, n. 18, p. 1300–1315, 2014.

BARTH FILHO, N. **Monitoramento do crescimento e produção em Floresta Ombrófila Mista com uso de parcelas permanentes**. 2002. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

BIZ, S. **Inventário do Patrimônio Arbóreo do Bairro Centro Norte da Cidade de Dois Vizinhos – PR**. 2014. 96 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2014.

BONNET, A. **Caracterização fitossociológica das bromeliáceas epífitas e suas relações com os fatores geomorfológicos e pedológicos da planície do Rio Iguaçu, Paraná, Brasil**. 2006. 360 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

BORBA, M. L. **Fertilidade e carbono orgânico dos solos de quintais agroflorestais, Plantio direto e floresta nativa no Município de Irati, Paraná**. 2013, 75 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Estadual do Centro Oeste do Paraná, Irati, 2013.

BORDIN, I.; NEVES, C. S. V. J.; MEDINA, C. C.; SANTOS, J. C. F.; TORRES, E.; URQUIAGA, S. Matéria seca, carbono e nitrogênio de raízes de soja e milho em plantio direto e convencional. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 43, n. 12, p. 1785-1792, 2008.

BRASIL, G. H.; SOUZA JUNIOR, P. A.; CARVALHO JUNIOR, J. A. Inventários corporativos de gases de efeito estufa: métodos e usos. **Revista Eletrônica Sistemas & Gestão**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 1, p.15-26, 2008.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Inventário brasileiro das emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa: informações gerais e valores preliminares**. 2009. Disponível em: <http://ecen.com/eee75/eee75p/inventario_emissoes_brasil.pdf>. Acessado em: 12 abr. 2010.

BRUN, F. G. K.; BRUN, E. J.; LONGHI, S. L. O potencial de sequestro de carbono em espécies florestais nativas de Santa Tereza. In: SHUMACHER, M. V.; LONGHI, S. J.; BRUN, E. J.; KILCA, R. V. **A floresta Estacional Subtropical: Caracterização e ecologia no rebordo do planalto meridional**. Santa Maria: Ed. Palotti, 2011. p. 249-271.

BUCKERIDGE, M. S.; MORTARI, L. C.; MACHADO, M. R. Respostas fisiológicas de plantas às mudanças climáticas: alterações no balanço de carbono nas plantas podem afetar o ecossistema? In: REGO, G. M.; NEGRELLE, R. R. B; MORELLATO, L. P. C. **Fenologia - Ferramenta para conservação e manejo de recursos vegetais arbóreos**. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2007. p. 213-230. Cap. 12.

CARDOSO, A. S. **Avaliação das emissões de gases de efeito estufa em diferentes cenários de intensificação de uso das pastagens no Brasil Central**. 2012. 99 f. Dissertação (Mestrado em ciências do solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

CARVALHO, J.; AUER, A. M.; SCHORN, L. M.; GOMES, N. S. B.; FRICK, E. C. L. Florística de um remanescente urbano de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Curitiba, Paraná.

Revista Eletrônica de geografia, Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, p. 142-158, 2014.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. v. 1 Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo/PR: Embrapa Florestas, 2003. 1039 p.

CRUZ, F. A.; D'AVILA S. L. **Inventário dos gases de efeito estufa da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Curitiba – Sede Central e Ecoville**. 2013. 85 f. Monografia (Tecnologia em Processos Ambientais) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

COELHO, A. M. **Nutrição e adubação do milho**. Circular Técnica. 2006 10 p. Disponível em:< http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2006/circular/Circ_78.pdf>. Acesso em: 24 jan 2017.

CURCIO, G. R. **Caracterização geológica, pedológica e fitossociológica do Rio Iguaçu, Paraná, Brasil**. 2006. 500 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

DALLAGNOL, F. S.; MOGNON, F.; SANQUETTA, C. R.; CORTE, A. P. D. Teores de carbono de cinco espécies florestais e seus compartimentos. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 4, p. 410-416, 2011.

DANTAS, I. C.; SOUZA, C. M. C. Arborização urbana na cidade de Campina Grande – PB: inventário e suas espécies. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, Sergipe, v. 4, n. 2, p. 18, 2004.

DEMARCHI, J. J. A. A.; BERNDT, A.; PRIMAVESI, O.; LIMA, M. A. Emissões de gases de efeito estufa e práticas mitigadoras em ecossistemas agropecuários - bovinos de corte. **Pesquisa & Tecnologia**, Campinas, v. 3, n. 1, p. 1-7, 2006.

ETHERIDGE, D. M.; STEELE, L. P.; LANGENFELDS, R. L.; FRANCEY, R. J.; BARNOLA, M.; MORGAN, V.I. Historical CO₂ records from the Law Dome DE08, DE08-2, and DSS ice cores. In **Trends: A Compendium of Data on Global Change**. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A, 1998.

EMBRAPA. Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. **Informações técnicas para o trigo e triticale – safra 2015**. Brasília: Embrapa. 2014. 230 p.

FEIBER, S. D. Áreas verdes urbanas imagem e uso: o caso do passeio público de Curitiba, PR. **Revista RA'E GA**, Curitiba, n. 8, p. 93-105, 2004.

FELFILI, J. M.; SILVA-JUNIOR, M. C. Floristic composition, phytosociology and comparison of cerrado and gallery forest at Fazenda Água Limpa, Federal District, Brazil. In: FURLEY, P. A., PROCTOR, J.; RATTER, J. A. (Eds.). **Nature and dynamics of forest-savanna boundaries**. London: Chapman & Hall, 1992. p. 392-416.

FONSECA, R. W.; REY BENAYAS, J. M.; ALICE, F. E. Carbon accumulation in the biomass and soil of different aged secondary forests in the humid tropics of Costa Rica. **Forest Ecology and Management**, v. 262, n. 8, p. 1400–1408, 2011.

GHG PROTOCOL. Centro de Estudos em Sustentabilidade da EAESP/WRI. **Contabilização, quantificação e publicação de inventários corporativos de emissões de gases de efeito estufa: especificações do programa brasileiro GHG protocol**. 2. ed. São Paulo: 2013. Disponível em: < <http://www.ghgprotocolbrasil.com.br/metodo?locale=pt-br> > . Acesso em: 5 set 2016.

GIBBS, H. K.; BROWN, S.; NILES, J. O.; FOLEY, J. Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: making REDD a reality. **Environmental Research Letters**, v. 2, p. 1-13, 2007.

GITAY, H.; SUÁREZ, A.; WATSON, R. T.; DOKKEN, D. J.; **Climate change and biodiversity. Intergovernmental Panel on Climatic Change technical paper V**. Genebra, United Nations Environment Programme/World Meteorological Organization. 2002. 86 p.

GUILHERMETI, P. G. C. **Levantamento florístico e proposta de métodos para controle de *Ligustrum lucidum* w. T. Aiton (Oleaceae), em um Fragmento da Floresta Ombrófila Mista Aluvial em Guarapuava – PR**. 2013. 50 f. Monografia (Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2013.

GONTIJO, J. C. F. **Uso e características dos fragmentos florestais urbanos da cidade de Manaus/AM**. 2008. 99 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2008.

GRAFF NETO, J. **Crescimento, recrutamento e mortalidade no período de 2001-2012 de uma Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Município de Araucária, Paraná**. 2011. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

IAPAR. Instituto Agrônomo do Paraná. **Cartas Climáticas do Paraná**. Versão 1.0.2000.(formato digital) 1 CD, 2000.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geografia do Brasil - Região Sul**. v. 2. Rio de Janeiro: FIBGE, 1990. 420 p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: 2012. 271 p.

IEA. International Energy Agency. **Key world energy statistics**. Paris: IEA, 2009. 80 p.

IPCC. International Panel on Climate Change. **Intergovernmental Panel on Climate Change (1997)**, Scientific Basis Report, 1997.

IPCC. International Panel on Climate Change. **Intergovernmental Panel on Climate Change. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Greenhouse Gas Inventory Reference Manual**, v. 3, 1996.

IPCC. International Panel on Climate Change. **Good practice guidance for land use, land-use change and forestry**. Hayama, Japan: IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme 295 p. 2003.

IPCC. International Panel on Climate Change. United Nations Environment Programmers. **Assessment report 4; Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** IPCC, Geneva, CH. 2007.

INSTITUTO HÓRUS DE DESENVOLVIMENTO E CONSERVAÇÃO AMBIENTAL /THE NATURE CONSERVANCY. **Espécies exóticas invasoras: ficha técnica.** 2016. 2 p. Disponível em < http://www.institutohorus.org.br/inf_fichas.htm >. Acesso em: 20 out. 2016.

IURK, M. C. **Levantamento florístico de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial do Rio Iguaçu município de Palmeira-PR.** 2008. 102 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

ISERNHAGEN, I.; SILVA, S.; GALVÃO, G. **A fitossociologia florestal no Paraná e os programas de recuperação de áreas degradadas: uma avaliação.** Curitiba, Universidade Federal do Paraná. 2001. Disponível em: <<http://www.ipef.br/servicos/teses/arquivos/isernhagen,i.pdf>> . Acesso em: 23/10/2016.

JUNG, P. H. **Diagnóstico da mata ciliar e qualidade do solo nas margens do Córrego Água Turva na microbacia hidrográfica do Rio Jirau Alto, Dois Vizinhos – PR.** 2013.103 f. Monografia (Engenharia Florestal) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2013.

JANTALIA, C. P.; SANTOS, H. P.; DENARDIN, J. E.; RKOCHHANN, R.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Influência de rotações de culturas no estoque de carbono e nitrogênio do solo sob plantio direto e preparo convencional. **Agronomia**, Rio de Janeiro, v. 37, n. 2, p. 91 - 97, 2003.

JUSTEN, G. C. **Composição química da soja (*Glicine max L.*) Merrill) em conversão para a agricultura orgânica considerando condições climáticas do Oeste do Paraná.** 2007, 68 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Candido Rondon, 2007.

KANIESKI, M. R.; SANTOS, T. L.; GRAF NETO, J.; SOUZA, T.; GALVÃO, F.; RODERJAN, C. V. Influência da Precipitação e da Temperatura no Incremento Diamétrico de Espécies Florestais Aluviais em Araucária-PR. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 1, p.17-25, 2012.

KEELING, C. D.; Atmospheric CO₂- modern records, South Pole. In Trends 91: **A Compendium of Data on Global Change.** Edited by T.A. Boden, R .J. Sepanskia, end F .W. Stossp, p.24- 27, Rep. ORNL/CDIAC-46, Carbon Dioxide Info. and Anal. Cent., Oak Ridge Natl. Lab., Oak Ridge, Terme., 1991.

KRUG, T. **Os Métodos do Inventário do IPCC e sua Aplicação em Nível Estadual.** [Curitiba], 2008. Disponível em:<www.forumclima.pr.gov.br/arquivos/File/ThelmaKrug.ppt>. Acesso em: 17 mar. 2015.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal.** São Carlos: Rima, 2000. 531p.

LEGGETT, J. **Aquecimento Global**. O Relatório do Greenpeace. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1992. 103 p.

LEITE, P. F. **As diferentes unidades fitogeográficas da região sul do Brasil**: proposta de classificação. 1994. 160 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1994.

LELES, P.S.S. **Crescimento, alocação de biomassa e distribuição de nutrientes e uso de água em *E. camaldulensise* *E. pellita* sob diferentes espaçamentos**. 1995. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 1995.

LIRA-FILHO, J. A., MEDEIROS, M. A. S. Impactos adversos na avifauna pelas atividades de arborização urbana. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, Sergipe, v. 6, n. 2, p. 375–390, 2006.

LOBODA, C. R.; ANGELIS, B. L. D.; NETO, G. A.; SILVA, E. S. Avaliação de áreas verdes em espaços públicos no município de Guarapuava, PR. **Revista Ambientia**, Guarapuava, v. 1, n. 1, p. 141-155, 2005.

LONGHI, S. J.; ARAUJO, M. M.; KELLING, M. B.; HOPPE, J. M.; MÜLLER, I.; BORSOI, G. A. Aspectos fitossociológicos de fragmento de Floresta Estacional Decidual, Santa Maria, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 59-74, 2000.

LOSI, C. J.; SICCAMAA, T. G.; CONDITB, R.; MORALES, J.E. Analysis of alternative methods for estimating carbon stock in young tropical plantations. **Forest Ecology and Management**, v. 184, n. 1, p. 355-368. 2003.

MAAS, G. C. B. **Compartimentação do estoque de carbono em Floresta Ombrófila Mista**. 2015. 177 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

MACÊDO, R. F. Inventário de emissões de dióxido de carbono (CO₂) geradas por fontes móveis no estado do Rio Grande do Norte – período de janeiro de 2003 a junho de 2004. **HOLOS**, Rio Grande do Norte, v. 2, p. 1-10, 2004.

MACEDO, I. C.; SEABRA, J. E. A.; SILVA, J. E. A. R. Green house gases emissions in the production and use of ethanol from sugarcane in Brazil: the 2005/2006 averages and a prediction for 2020. **Biomass and Bioenergy**, Aberdeen, v. 32, p. 582-595, 2008.

MAGALHÃES, L. M. S. Complexidade e o manejo de fragmentos de florestas secundárias. In: I Encontro brasileiro do estudo da complexidade, 1., 2005, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Pontifícia Universidade Católica do Paraná/PR, 2005.

MAGALHÃES, L. M. S. **Arborização e florestas urbanas -terminologia adotada para a cobertura arbórea das cidades brasileiras**. Série Técnica. p. 23-26, 2006. Acesso em: <<http://www.floram.org/files/v00n00/STv0n0a3.pdf>>. Acesso em: 22 fev 2017.

MARTINS, F. R. **O método de quadrantes e a fitossociologia de uma floresta residual no interior do estado de São Paulo: Parque Estadual de Vassununga – São Paulo**. 1979. 239 f. Tese (Doutorado em Botânica) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1979.

MARTINS, P. J. **Biomassa vegetal, estoque de carbono e dinâmica em um Fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana**. 2011. 73 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Centro Oeste, Guarapuava, 2011.

MACDICKEN, K. G.; WOLF, G. V.; BRISCOE, C. B. **Standard research methods for multipurpose trees and shrubs**. Winrock International Institute for Agricultural Development, USA. ICRAF, 1991. 92 p.

MELO, A. G. C.; CARVALHO, D. A.; CASTRO, G. C.; MACHADO, E. L. M. Fragmentos florestais urbanos. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, Garça, v. 17, n. 1, p. 58-79, 2011.

MELO, M. D. de V. C.; FURTADO, M. de F. G. **Florestas urbanas: estudo sobre as representações sociais da Mata Atlântica de Dois Irmãos, na cidade do Recife – PE**. São Paulo: Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, 2006. 45 p.

MIGUEZ, J. M. O Brasil e o Protocolo de Quioto. **Cenbio Notícias**, São Paulo, v. 3, n. 8, p. 3, 2000.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. Meteorologia e mudanças climáticas. 2016, 1 p. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/321144.html>>. Acesso em: 24 jan 2017.

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**. 2011. 142 f. Dissertação (Mestrado em Manejo Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

MOROE, P. H. M. **Estoque de carbono no solo em sistemas agroflorestais de cacau no sul da Bahia, Brasil**. 2015. 96 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2015.

MUELLER-DOMBAIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley e Sons, 1974. 547 p.

NASCIMENTO, A. R. T.; LONGHI, S. J.; BRENA, D. A. Estrutura e padrões de distribuição espacial de espécies arbóreas em uma amostra de Floresta Ombrófila Mista em Nova Prata, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 105-119, 2001.

NEBEL, G.; KVIST, L. P.; VANCLAY, J. K.; CRISTENESSEN, H.; FREITAS, L.; RUIZ, J. Structure and floristic composition of flood plain forest in the Peruvian Amazon. I. Overstory. **Forest Ecology and Management**, v. 150, n. 1, p. 27-57, 2001.

NEVES, C. G.; DOPICO, Y. B. C. **Análise de metodologias de produção de inventários de gases de efeito estufa de cidades**. 2013. 132 f. Monografia (Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

NOWAK, D. J, CRANE D. E. Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA. **Environmental Pollution**. New York, v. 116, p. 381-389, 2002.

NOWAK, D. J.; CRANE, D. E.; STEVENS, J. C.; IBARRA, M. **Brooklyn's urban forest**, Gen. Tech. Rep. Ne- 290, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Research Station, Newtown Square, Pa, 2002. 10 p.

OLIVEIRA JÚNIOR, H. A. **O sequestro de carbono para o combate ao efeito estufa**. 2004. 35 f. Monografia (Gestão Ambiental) - Faculdade da Região dos Lagos, Uberaba, 2004.

OLIVEIRA, L. P. **Carbono e nutrientes do solo e na serapilheira em Floresta Ombrófila Mista Montana e plantios de *Pinus elliottii* Angelm**. 2010. 65 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Estadual do Centro Oeste do Paraná, Irati, 2010.

PANCENTCHUK, F.; NOVAKOWISKI, J. H.; NOVAKOWISKI, J. H.; SANDINI, I. E. Nitrogênio complementar via foliar nas culturas do milho, soja e feijão: doses e estádios fenológicos de aplicação. **Revista Plantio direto**, Passo Fundo, ed. 142/143. 2014.

PAIVA, H. N.; GONÇALVES, W. **Florestas urbanas: planejamento para melhoria da qualidade de vida**. Viçosa: Aprenda Fácil Editora, 2002. 177 p. (Série Arborização Urbana, n. 2).

PASDIORA, A. L. **Florística e fitossociologia de um trecho de floresta ripária em dois compartimentos ambientais do Rio Iguaçu, Paraná, Brasil**. 2003. 48f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

PEARSON, T. R. H.; BROWN, S. L.; BIRDSEY, A. **Measurement Guidelines for the Sequestration of Forest Carbon**. General Technical Repeport NRS-18. Department of Agriculture - Forest Service, 2007. 42 p.

PIEROZAN JUNIOR, C. **Crescimento e desempenho de produtivo de cultivares de soja em diferentes épocas de semeadura no centro sul do estado do Paraná**. 2012. 90 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Centro Oeste do Paraná, Guarapuava, 2012.

PIELOU, E. C. The use of point-to-plant distances in the study of the pattern of plant populations. **Journal of Ecology**, Inglaterra, v. 47, p.607-613, 1959.

PINTO, E. P. P.; MOUTINHO, P.; RODRIGUES, L. **Perguntas e respostas sobre aquecimento global**. Belém: IPAM, 2008. 65 p.

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

RATUCHNE, L. C. **Biomassa e carbono: equações e dinâmica em fragmentos de floresta ombrófila mista no Paraná**. 2015. 102 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

REITZ, R. **Flora Ilustrada Catarinense**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1965. 149 p.

REASER, J. K.; MEYERSON, L. A.; CRONK, Q.; POORTER, M.; ELDREGE, L. G.; GREEN, E.; KAIRO, M.; LATASI, P.; MACK, R. N.; MAUREMOOTO, J.; O'DOWD, D.; ORAPA, W.; SASTROUTOMO, S.; SAUNDERS, A.; SHINE, C.; THRAINSSON, S.; VAIUTU, L. Ecological and socioeconomic impacts of invasive alien species in island ecosystems. **Environmental Conservation**, Inglaterra, v. 34, n. 2, p. 98-111, 2007.

REZENDE, D.; MERLIN, S.; SANTOS, M. **Sequestro de carbono florestal: uma experiência concreta**. 2.ed. Palmas: Instituto Ecologia, 2001. 178 p.

RIFFEL, B. Y. F.; FLORÊNCIO, B. A. B.; PRUDENTE, T. D.; ALVES, A. L. Aritmética ambiental aplicada à análise dos impactos das plantações de biocombustíveis e florestas. **Agrária**, São Paulo, n. 8, p. 49-72, 2008.

RODRIGUES, A. L. **Dinâmica e correlações ambientais em um remanescente de Floresta Ombrófila Mista Aluvial em Guarapuava, PR**. 2012. 118f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Estadual do Centro Oeste, Irati, 2012.

RONDON NETO, R. M.; WATZLAWICK, L. F.; CALDEIRA, M. V. W. C.; SCHOENINGER, E. R. Análise florística e estrutural de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana, situado em Criúva, RS – Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 29-37, 2002.

SÁ, J. C. M.; CERRI, C. C.; DICK, W. A.; LAL, R.; FILHO, S. P. V. B.; PICCOLO, M. C. & FEIGL, B. E. Organic matter dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol. **Soil Science Society of America Journal**, v. 65, p. 1486–1499, 2001.

SAITO, L. R.; JADOSKI, S. O.; MAGGI, M. F.; SALES, L. L. S.; SUCHORONCZECK, A. Formas de mecanização e manejo do solo para a cultura da batata II – Desenvolvimento vegetativo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 34, n. 5, p. 993-1002, 2013.

SALLES, J. C.; SCHIAVANI, I. Estrutura e composição do estrato de regeneração em um fragmento florestal urbano: implicações para a dinâmica e a conservação da comunidade arbórea. **Acta Botanica Brasilica**, Brasília, v. 21, n. 1, p. 223-233, 2007.

SANCHEZ, E. **Propriedades físicas do solo e produtividade de soja em sucessão a plantas de cobertura de inverno**. 2012, 59 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Centro Oeste do Paraná, Guarapuava, 2012.

SANQUETTA, C. R. **Os números atuais da cobertura florestal do Paraná**. 2016. 4p. Disponível em: <http://ambientes.ambientebrasil.com.br/florestal/artigos/os_numeros_atuais_da_cobertura_florestal_do_parana.html>. Acesso em: 15 de julho de 2016.

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: ENCONTRO NACIONAL DA ECOECO, 9, 2011, Brasília. **Anais...** Brasília, 2011. p.1– 3.

SANQUETTA, M. N. I.; SANQUETTA, C. R.; DALLA CORTE, A. P.; MOGNON, F.; MENDONÇA, V. C. Teores de carbono e densidade básica da madeira de *Cryptomeria*

japonica (Thunb. ex L. f.) D. Don em povoamentos no município de Rio Negro - PR. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 17, p. 2450-2458, 2013.

SANTIN, D. A. **A vegetação remanescente do município de Campinas (SP):** Mapeamento, caracterização fisionômica e florística, visando a conservação. 1999. 502 p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

SANTOS, G. A.; CAMARGO, F.A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais.** Porto Alegre: Gênese, cap.10, 1999. p.197-226.

SANTOS, V. S.; BATISTA, A. P. B.; APARÍCIO, P. S.; APARÍCIO, W. C. S.; LIRA-GUEDES, A. C. Dinâmica florestal de espécies arbóreas em uma floresta de várzea na cidade de Macapá, AP, Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 7, n. 4, p. 207–213, 2012.

SEEG. Sistema de Estimativa de Emissões de Gases do Efeito Estufa. **Participação das fontes na geração de eletricidade – monitor.** 2016a. 2 p. Disponível em: <<http://monitoreletrico.seeg.eco.br/>>. Acesso em: 26 jan 2016.

SEEG. Sistema de Estimativa de Emissões de Gases do Efeito Estufa. **Análise das emissões de GEE Brasil (1970-2014) a suas implicações para políticas públicas e a contribuição brasileira para o acordo de Paris.** 2016b. 44 p. Disponível em:<<http://seeg.eco.br/wp-content/uploads/2016/09/WIP-16-09-02-RelatoriosSEEG-Sintese.pdf>>.Acessoem: 25jan2016.

SEEG. Sistema de Estimativa de Emissões de Gases do Efeito Estufa. **Concentração de CO₂ bate novo recorde.** 2016c, 2 p. Disponível em: <<http://blog.observatoriodoclima.eco.br/?p=2601#sthash.VGvBEQET.dpbs>>.Acesso em: 25 jan 2016.

SEEG. Sistema de Estimativa de Emissões de Gases do Efeito Estufa. **Monitor Elétrico.** 2017. 1 p. Disponível em: <<http://monitoreletrico.seeg.eco.br/>>. Acesso em: 27 jan 2017.

SILVA, A. C.; HIGUCHI, P. VAN DEN BERG, E.; NUNES, D. D.; CARVALHO, M. H. **Florestas inundáveis:** Ecologia, florística e adaptações das espécies. Lavras: Editora UFLA, 2012. 167 p.

SILVA, E. F. **Lâmina ótima de depleção para a irrigação da cultura da batata cultivares ágata e atlântic.** 2015, 65 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Centro Oeste do Paraná, Guarapuava, 2015.

SIMON, J. **Culturas bioenergéticas:** produção de Biomassa, decomposição e liberação de Nitrogênio dos resíduos culturais. 2009. 62 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

SINDIGAS – Sindicato nacional das empresas distribuidoras de gás liquefeito do petróleo. **Gás LP no Brasil: Perguntas frequentes.** v.1, 2 ed. Rio de Janeiro: 2008. 44p. Disponível em: <http://sindicatas.org.br/Download/Arquivo/Cartilha_I.pdf>. Acesso em: 01 jan 2016.

SHANNON, C. E.; WIENER, W. **The mathematical theory of communication.** Illinois: University of Illinois Press, 1949. 117 p.

SOCHER, L. G. **Dinâmica e biomassa aérea de um trecho de Floresta Ombrófila Mista Aluvial no município de Araucária, Paraná.** 2004. 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

SOCHER, L.G.; RODERJAN, C.V.; GALVÃO, F. Biomassa aérea de uma Floresta Ombrófila Mista Aluvial no município de Araucária (PR). **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 2, p. 245-252, 2008.

SONEGO, R. C.; BACKES, A.; SOUZA, A. F. Descrição da estrutura de uma Floresta Ombrófila Mista, RS, Brasil, utilizando estimadores não-paramétricos de riqueza e rarefação de amostras. **Acta botânica Brasílica**, Belo Horizonte, v. 21, n. 4, p. 943-955, 2007.

SOUZA, S. M.; SILVA, A. G.; SANTOS, A. R.; GONÇALVES, W.; MENDONÇA, A. R. Análise dos fragmentos florestais urbanos da cidade de Vitória – ES. **Revista Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 8, n. 1, p. 112-124, 2013.

TURCO, G. M. S. **Produção e composição física da planta de milho para silagem, cultivado em dois níveis de adubação, dois espaçamentos entre linhas e duas densidades de plantio.** 2011, 65 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Centro Oeste do Paraná, Guarapuava, 2011.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal.** Rio de Janeiro: IBGE-DERNA, 1991. 123 p.

YU, C. M. **Sequestro florestal de carbono no Brasil – Dimensões políticas, socioeconômicas e ecológicas.** 2004. 193 f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2004.

VALE, A. T.; DANTAS, V. F. S.; ZAMBRZYCKAY, G. C. Potencial energético dos resíduos da cultura do milho (*Zea mays*). **Evidência**, Joaçaba v. 13, n. 2, p. 153-164, 2013.

VIDAL, M. M.; PIVELLO, V. R.; MEIRELLES, S. T.; METZGER, J. P. Produção de serapilheira em floresta Atlântica secundária numa paisagem fragmentada (Ibiúna, SP): importância da borda e tamanho dos fragmentos. **Revista Brasileira Botânica**, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 521-532, 2007.

WATZLAWICK, L. F., KIRCHNER, F. F.; SANQUETTA, C. A.; SCHUMACHER, M. V. Fixação de carbono em floresta ombrófila mista em diferentes estágios de regeneração. In: SANQUETTA, C. R., WATZLAWICK, L. F. BALBINOT, R. ZILLOTTO, M. A., GOMES, F.S. (Org.) **As florestas e o carbono.** Curitiba: UFPR, 2002. p. 153-173.

WRI - WORLD RESOURCES INSTITUTE. **Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol.** MONZONI, M.; BHATIA, P.; BIDERMAN, R.; FRANSEN, T; OLIVEIRA, B.; STRUMPF, R.; ROBINSON, K. (Ed.). 2010, 77 p. Disponível em: <fgv.br/ces/ghg>. Acesso em: 22 jan 2016.

ZANOLLI, P. R. **Avaliação dos impactos ambientais gerados pelos automóveis na Ilha Solteira – SP.** 2015. 56 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2015.