



PROJETO DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE NO AMBIENTE URBANO

QUANTIFICAÇÃO DO INCREMENTO DE CARBONO NAS ÁREAS NATIVAS E ARBORIZAÇÃO DAS VIAS PÚBLICAS DE CURITIBA

TERMO DE COLABORAÇÃO Nº 23.319 DE 2018

Proponente:

Instituto de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental – SPVS

CNPJ: 78.696.242/0001-59

Rua Victório Viezzer, 651 – Vista Alegre, Curitiba, Paraná.

(41) 3094-4600

spvs@spvs.org.br

Curitiba, outubro de 2019.



SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	3
Cidades Resilientes	4
O Estoque de Carbono e as Áreas Naturais Urbanas	5
Avaliação dos estoques de Carbono nas Áreas Naturais de Curitiba	6
2 OBJETIVOS	7
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	8
3.1 Incremento de carbono em áreas nativas.....	8
Metodologia para levantamento da biomassa vegetal.....	10
3.2 Estoques de carbono da arborização urbana	13
Fórmulas utilizadas.....	14
4 RESULTADOS	16
4.1. Incremento de carbono em áreas nativas.....	16
4.2. Estoques de carbono contidos na arborização urbana.....	26
REFERÊNCIAS	28

1 INTRODUÇÃO

A variação do clima é um fenômeno natural, apresentando períodos de mudanças intensas em algumas fases da história do planeta. O que preocupa na atualidade é a velocidade com que essas mudanças estão acontecendo e os impactos decorrentes destas alterações na economia e na qualidade de vida da população.

Com a percepção destas alterações, em 1988 foi criado o Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC), que reúne cientistas de todo o mundo para realizar estudos e projeções acerca do tema. Quatro anos após, em 1992, a ONU começou a abordar a questão das mudanças climáticas como um problema de ordem mundial, criando a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC), responsável por estabelecer diretrizes para que os países reduzam suas emissões de gases do efeito estufa (GEEs) e adotem políticas internas de mitigação e adaptação às mudanças climáticas. Desde então se iniciou um processo de entendimento global através por meio de reuniões, conferências e discussões que visam principalmente, gerar acordos que pudessem minimizar a intensificação do efeito estufa.

Em 1997 os esforços destas discussões culminaram na elaboração do Protocolo de Quioto (United Nations, 2007), um documento cujo compromisso era desacelerar a emissão dos gases do efeito estufa (GEE), responsáveis pelo fenômeno das mudanças climáticas. O Protocolo entrou em vigor em 16 de fevereiro de 2005, após a assinatura de 41 países responsáveis por mais de 55% das emissões mundiais desses gases (incluindo o Brasil).

Posteriormente, na 21ª Conferência das Partes (COP21) em Paris, como forma de atualização do Protocolo foi adotado um novo acordo com o objetivo central de fortalecer a resposta global à ameaça da mudança do clima e reforçar a capacidade dos países de lidar com os impactos decorrentes destas mudanças. O Acordo de Paris foi aprovado pelos 195 países Parte da UNFCCC para reduzir emissões de gases de efeito estufa (GEE) no contexto do desenvolvimento sustentável. O compromisso ocorre no sentido de manter o aumento da temperatura média global em bem menos de 2°C acima dos níveis pré-industriais e de enviar esforços para limitar o aumento da temperatura a 1,5°C acima dos níveis pré-industriais.



Após a aprovação pelo Congresso Nacional, o Brasil concluiu, em 12 de setembro de 2016, o processo de ratificação do Acordo de Paris com isso, as metas brasileiras deixaram de ser pretendidas e tornaram-se compromissos oficiais.

No Acordo de Paris, o Brasil comprometeu-se a reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 37% abaixo dos níveis de 2005, em 2025, com uma contribuição indicativa subsequente de reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 43% abaixo dos níveis de 2005, em 2030. Para isso, o país se comprometeu a aumentar a participação de bioenergia sustentável na sua matriz energética para aproximadamente 18% até 2030, restaurar e reflorestar 12 milhões de hectares de florestas, bem como alcançar uma participação estimada de 45% de energias renováveis na composição da matriz energética em 2030.

Cidades Resilientes

Mais da metade da humanidade, hoje estimada em 7 bilhões de pessoas, vive em cidades. Essa concentração, juntamente com o crescimento populacional, deve aumentar nas próximas décadas. O Brasil segue essa tendência: é um dos países mais urbanizados da América Latina, com 86,53% de sua população morando em áreas urbanas.

As cidades têm se mobilizado cada vez mais para enfrentar as mudanças climáticas por compreenderem que proporcionar um futuro mais seguro do ponto de vista do clima é garantir mais saúde, mais ar puro, mais oportunidades econômicas e sociais, mais áreas verdes e mais bem-estar para seus cidadãos. A busca por cidades resilientes, preparadas para ser alvo e se recuperar de eventos traumáticos ou de momentos de estresse climático, enquanto mantém suas funções essenciais, estrutura e identidade, adaptando-se e prosperando em meio às mudanças contínuas é cada vez maior.

Torna-se mais evidente a necessidade dos gestores municipais investirem na preparação das cidades de maneira integrada para os riscos climáticos, a fim de responder de forma rápida e eficaz aos momentos de crise; reforçar continuamente ações que diminuam as diferenças socioeconômicas e atendam às demandas do

planejamento de infraestrutura; e promover mais segurança e tranquilidade para que seus cidadãos continuem a vivenciar seu dia a dia normalmente.

Em paralelo aos esforços de mitigação necessários para conter o avanço do aquecimento global e das mudanças climáticas, é preciso agir e reagir aos efeitos que já são irreversíveis e se fazem sentir nas cidades. É o caso, por exemplo, do aumento das ocorrências de enchentes, deslizamentos de terra, ameaça a estradas e prédios à beira-mar e distúrbios no abastecimento de alimentos e água.

A cidade precisa se ajustar a essa nova realidade, pois é inevitável conviver com esses impactos. A adaptação às mudanças do clima entra na agenda dos planejamentos municipais. O investimento em infraestrutura natural já é reconhecido como uma das melhores formas de se mitigar os impactos decorrentes das mudanças climáticas e garantir ganhos econômicos e sociais de médio e longo prazo.

Um princípio estratégico para se adequar à nova realidade climática é fomentar medidas de Adaptação baseada em Ecossistemas (AbE) no âmbito local. Conforme o Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (PNA), o conceito AbE se refere à gestão, conservação e recuperação de ecossistemas, a fim de fornecer serviços ecossistêmicos que permitam à sociedade se adaptar aos impactos da mudança do clima e neste contexto, as áreas naturais urbanas possuem grande relevância.

O Estoque de Carbono e as Áreas Naturais Urbanas

Com as recentes abordagens retratando os problemas ocasionados pelas mudanças do clima, e da necessidade de entendimento do papel das áreas naturais como provedoras de serviços ecossistêmicos e como estrutura natural para aumentar a resiliência das cidades aos eventos climáticos extremos, houve um crescente interesse pela definição das quantidades de carbono contidas nas florestas naturais, consideradas importantes reservatórios desse elemento nos ecossistemas terrestres (UNFCCC, 2008; Campos, 2001, Pearson et al., 2005).

Em uma floresta, o sequestro de carbono em biomassa aérea e pelo solo é um dos principais serviços ecossistêmicos providos pelas florestas. Como o carbono tem relação direta com a biomassa das plantas, representando em média 40 a 50% da

matéria orgânica total de uma floresta (Watzlawick et al., 2003), os trabalhos buscando estabelecer tanto as quantias de carbono acumulado como as taxas de assimilação desse elemento pelos diferentes sistemas naturais se intensificaram nos últimos anos, e vêm contribuindo de forma marcante na definição de estoques e dinâmica da matéria orgânica assimilada pelas diferentes formações vegetais no planeta.

Nos centros urbanos, os remanescentes florestais, distribuídos principalmente em parques, bosques e algumas praças, e também a arborização viária representam um elemento paisagístico marcante no ambiente, estando associado não só ao prazer visual, mas também ao conforto e manutenção de qualidade de vida dentro das cidades. Como qualquer outra planta, elas armazenam o carbono oriundo do processo fotossintético em suas estruturas (raízes, troncos, galhos e folhas), e contribuem na absorção de gases do efeito estufa, tidos como os principais causadores das mudanças climáticas na atualidade.

Assim, a estimativa do carbono acumulado por essas árvores é mais um instrumento que pode auxiliar na definição de estratégias locais de ações contra o aquecimento global, juntamente com outras iniciativas desenvolvidas pelo município.

Avaliação dos estoques de Carbono nas Áreas Naturais de Curitiba

A Prefeitura Municipal de Curitiba, por meio do Decreto nº 498/2016 e do Plano Municipal de Resiliência, Mitigação e Adaptação as Mudanças Climáticas, elaborado em 2019, prevê a atualização periódica do inventário das fontes de absorção (sumidouros) de gases do efeito estufa no município, com ênfases nas florestas municipais, como umas das ações estratégicas para minimização dos efeitos das mudanças climáticas.

O levantamento efetuado em 2008 e finalizado em 2009 nos maciços florestais presentes em 14 parques da cidade de Curitiba (SPVS, 2009) representou uma situação ímpar se comparada à outras cidades brasileiras. Os resultados alcançados traçaram uma projeção do estoque de carbono em áreas naturais para o município, fato inédito no Brasil. Como perspectiva de se buscar o entendimento da dinâmica do incremento de carbono, novas medições foram planejadas em intervalos periódicos.



No final de 2018, a Prefeitura Municipal de Curitiba assinou um Termo de Colaboração com a SPVS para realização de ações de conservação da biodiversidade no Município de Curitiba, reduzindo a vulnerabilidade e propiciando o aumento da resiliência aos eventos climáticos extremos por meio da proteção e restauração de áreas naturais de Curitiba. Dentre as ações previstas, está quantificar o incremento de carbono das áreas nativas de Curitiba, submetidas à avaliação de estoque de carbono em 2009 e 2011.

Os resultados da reavaliação auxiliarão a Prefeitura de Curitiba na tomada de decisões estratégicas, a fim de realizar ações do Plano Municipal de Resiliência, Mitigação e Adaptação as Mudanças Climáticas.

2 OBJETIVOS

O presente estudo teve como objetivo quantificar o incremento de carbono em Unidades de Conservação com áreas nativas de Curitiba que foram submetidas à avaliação do seu estoque de carbono no ano de 2008 (168,25 t C/ha - linha de base) e reavaliadas em 2010 (174,1 t C/ha); assim como na arborização viária avaliada em 2010.

Nas Unidades de Conservação, o incremento de carbono foi avaliado nas 39 parcelas permanentes, alocadas e georreferenciadas em 2008, dispostas em 15 UC - Bosque Alemão; Bosque Capão da Imbuia; Bosque da Fazendinha; Bosque Gutierrez; Bosque Reinhard Maack; Parque Iberê de Mattos (Bacacheri); Parque João Paulo II; Parque da Barreirinha; Parque Barigui; Parque Passaúna; Parque dos Tropeiros; Parque Tanguá; Parque Tingui; Jardim Botânico e; Zoológico.

Na arborização viária, o incremento de carbono foi avaliado a partir de dados fornecidos pelo Departamento de Geoprocessamento da SMMA, sobre os 82.627 elementos da arborização avaliados em 2010 (árvores, palmeiras e xaxins) e sobre os novos elementos implantados na arborização urbana, conforme dados repassados pelo Departamento de Produção Vegetal da SMMA.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Incremento de carbono em áreas nativas

Para análise dos estoques de Carbono, foram avaliadas as mesmas 39 parcelas amostrais permanentes, com formato circular e 10 m de raio (314 m² cada, 12.246 m² ao total), que estão alocadas e georreferenciadas, preferencialmente afastadas das áreas de visitação pública e sobre terreno com relevo uniforme, em 15 Unidades de Conservação (Tabela 1).

Nas áreas com declividades - como ocorreu no Bosque Alemão e no Parque Municipal Passaúna - foi usado um clinômetro para determinar a inclinação do terreno. Para as parcelas estabelecidas em áreas com inclinação maior do que 10% foram calculados novos raios, corrigidos em função do desnível do terreno. Para isso, utilizou-se a seguinte fórmula: $L_s = L / \cos S$, onde L_s = raio corrigido, S = inclinação do terreno em graus, L = raio padrão.

Foram amostradas todas as árvores, palmeiras e xaxins com perímetro à altura do peito (PAP) maior ou igual a 15 cm: medida de PAP e distância do centro da parcela. Em média, foram mensurados 45 indivíduos por parcela. A necromassa, árvores mortas em pé e caídas, também foi amostrada. Os indivíduos vivos (exceto xaxins) receberam plaqueta de alumínio de identificação numerada.

Tabela 1. Coordenadas das 39 parcelas amostrais permanentes das Unidades de Conservação de Curitiba.

Unidades de Conservação	Parcelas	Coordenadas UTM (22J)	
1. Bosque Alemão	01 - Alem1	672345	7189151
2. Bosque Capão da Imbuia	02 - Cap1	678987	7185610
	03 - Cap2	679179	7185651
3. Bosque da Fazendinha	04 - Fazen1	668608	7181414
	05 - Fazen2	668694	7181398
4. Bosque Gutierrez	06 - Guti1	672169	7188318
5. Bosque Reinhard Maack	07 - Maack1	674780	7179615
	08 - Maack2	674710	7179669
	09 - Maack3	674761	7179701
	10 - Maack4	674827	7179763
6. Jardim Botânico	11 - JB1	677247	7184961
	12 - JB2	677288	7184946
	13 - JB3	677318	7184977
	14 - JB4	677316	7184896
7. Parque Bacacheri - Iberê de Matos	15 - Baca1	677884	7190913
8. Parque Barigui	16 - Bari1	670446	7187869
	17 - Bari2	676459	7187839
	18 - Bari3	670470	7187828
	19 - Bari4	670527	7187846
	20 - Bari5	670519	7187901
	21 - Bari6	670521	7187591
	22 - Bari7	670557	7187611
9. Parque Barreirinha	23 - Barre1	675246	7193953
	24 - Barre2	675335	7193910
	25 - Barre3	675211	7194029
10. Parque João Paulo II	26 - Papa1	674108	7188589
	27 - Papa2	674108	7188664
11. Parque Passaúna	28 - Passa1	663013	7181388
12. Parque Tanguá	29 - Tanguá1	672793	7192207
13. Parque Tingui	30 - Tingui1	670560	7189750
15. Zoológico	31 - Trop1	665558	7179284
	32 - Zoo1	677327	7172323
	33 - Zoo2	677303	7172287
	34 - Zoo3	677271	7172265
	35 - Zoo4	677276	7172148
	36 - Zoo5	677353	7172169
	37 - Zoo6	677387	7172199
	38 - Zoo7	677403	7172193
	39 - Zoo8	677391	7172171

Metodologia para levantamento da biomassa vegetal

Para o levantamento do incremento de carbono nas Unidades de Conservação escolhidas, foi utilizado o método não destrutivo (MacDicken, 1997), baseado na relação entre as dimensões das diferentes partes de uma planta e a sua biomassa, e procedimentos descritos por Tiepolo *et al.* (2002) e SPVS (2004), com algumas adaptações.

Na presente análise, as mesmas 39 parcelas amostradas anteriormente foram buscadas por meio da localização dos canos de demarcação instalados no ano de 2009. Nos casos onde foram encontrados os antigos tubos de PVC, utilizou-se o mesmo centro da parcela, preservando-se o antigo marco junto ao atual. Para os casos onde não foi possível a localização da antiga parcela, um novo marco foi instalado na localização geográfica indicada. As unidades amostrais utilizadas apresentaram formato circular, com 10m de raio (314m² cada), espacializadas por meio da utilização de duas cordas com 20m orientadas para os quatro pontos cardeais (Figura 1).

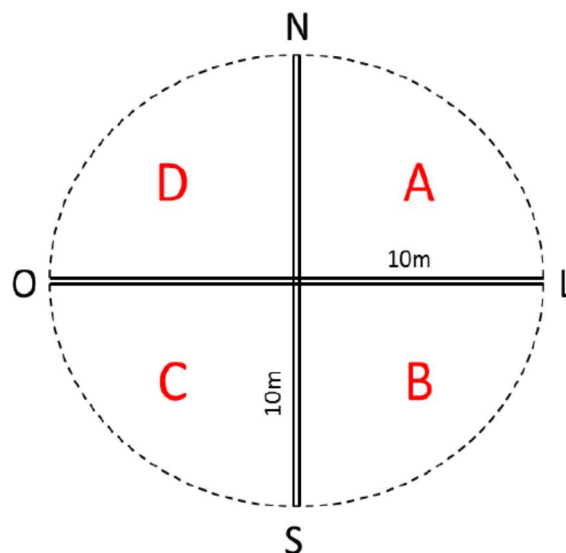


Figura 1: Espacialização da unidade amostral de acordo com os pontos cardeais e distribuição dos quadrantes A, B, C e D.

Todas as árvores e palmeiras com perímetro a altura do peito (PAP) maior ou igual a 15cm foram demarcadas com plaquetas de alumínio com a utilização de prego e martelo, sendo as placas numeradas fixadas na maior altura possível. A distância de cada indivíduo ao centro da parcela foi tomada com auxílio de trenas.

Para facilitar a posterior identificação dos indivíduos, todas as placas foram fixadas voltadas para o centro da parcela. Adotou-se o mesmo método de caminhamento para medição das espécies do fim ao centro da parcela, por quadrante, com exceção apenas da primeira parcela realizada no Parque Tanguá, (Figura 2).

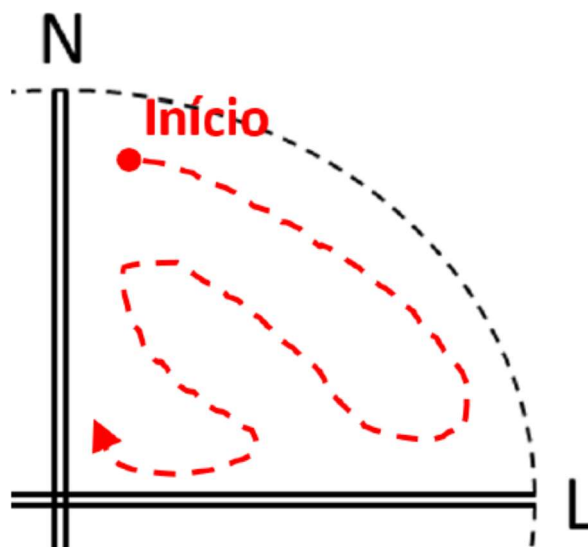


Figura 2: Sequência do caminhamento realizado por quadrante.

A mensuração das árvores seguiu adotando-se as seguintes recomendações:

- a) Todas as árvores foram medidas a 1,3m do solo (POM – ponto ótimo para medida);
- b) Em árvores inclinadas, o diâmetro mensurado seguiu à inclinação do indivíduo;
- c) Quando em terrenos inclinados, a medição do diâmetro foi feita a partir da parte mais alta do terreno;
- d) Nos casos onde a árvore e o terreno se encontravam inclinados, a mensuração do diâmetro foi feita a partir da parte mais alta, acompanhando a inclinação da árvore (Figura 3).

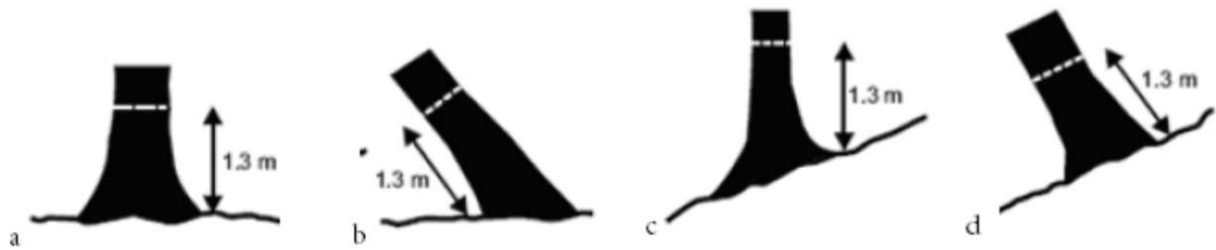


Figura 3: Metodologia para mensuração de árvores com o terreno inclinado: Fonte: SPVS 2019.

Nos casos onde as árvores apresentaram injúrias ou nódulos a 1,3m, a mensuração do diâmetro foi feita acima do defeito. Para árvores com bifurcações a 1,3m, o diâmetro foi tomado 20cm abaixo da bifurcação, enquanto que, quando a bifurcação se encontrava abaixo de 1,3m cada ramo foi medido separadamente, conforme preconizado na Figura 4.

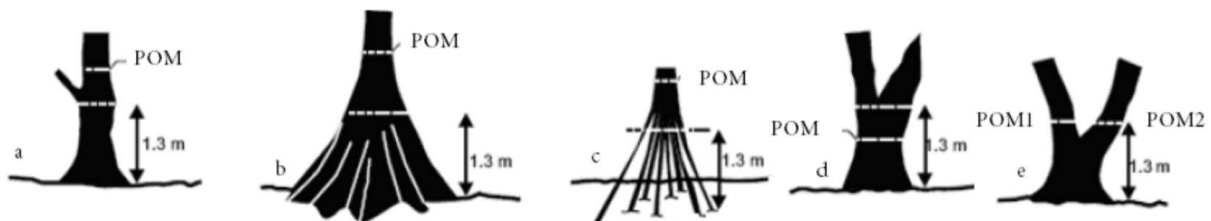


Figura 4: Metodologia para mensuração de árvores defeituosas ou bifurcadas. Fonte: SPVS, 2019.

Palmeiras e xaxins tiveram somente a altura estimada pelo comprimento total do estipe e a distância até o centro da parcela.

Árvores mortas em pé tiveram seus diâmetros medidos a 1,3m e na altura do solo, sendo estimado o perímetro do topo e altura. Cada indivíduo foi avaliado quanto a sua proporção e densidade, seguido as seguintes classes:

- 0 – árvores mortas que possuem apenas o tronco;
- 1 – árvores mortas com troncos e galhos grandes;
- 2 – árvores mortas com troncos e galhos pequenos;
- 3 – árvores mortas ainda com folhas.

Densidade:

Bom – material vegetal sem sinal de decomposição;

Médio – material vegetal em categoria intermediária de decomposição;

Podre – material vegetal em elevado estado de decomposição.

Para estimar a necromassa relacionada aos restos vegetais já caídos no chão, adotou-se a amostragem por transecto, sendo medidos todos os troncos e galhos com perímetro superiores a 6,3cm que interceptaram as cordas de delimitação dos quadrantes, sendo os materiais avaliados de acordo com a densidade nas seguintes classes:

Bom – material vegetal sem sinal de decomposição;

Médio – material vegetal em categoria intermediária de decomposição;

Podre – material vegetal em elevado estado de decomposição.

3.2 Estoques de carbono da arborização urbana

A quantificação do estoque de carbono contido na arborização urbana de Curitiba foi estimada com base na biomassa de seus elementos, calculada a partir de: a) dados fornecidos pelo departamento de Geoprocessamento da SMMA que subsidiaram os cálculos de estoque de carbono da arborização urbana em 2011 (arquivo-base) e; b) dados fornecidos pelo departamento de Produção Vegetal da Secretaria Municipal do Meio Ambiente de Curitiba, com informações de remoção de indivíduos arbóreos e a implantação de novos indivíduos nas vias públicas do município entre janeiro de 2011 a março de 2019.

O arquivo digital existente e que foi utilizado na análise de 2011 contém informação sobre 82.627 indivíduos da arborização viária (80.401 árvores, 2.203 palmeiras e 23 xaxins). No entanto, entre os anos de 2011 a 2019 não houve nenhuma atualização destes dados por parte da SMMA. Sendo assim, não há disponibilidade de informações de crescimento dos indivíduos que compõem a base de dados disponível, nem de dados sobre quais indivíduos foram removidos neste período.

O departamento de Produção Vegetal da SMMA possui apenas o registro com números absolutos de remoção e implantação de novos espécimes ano a ano, porém sem especificar seu porte, localização ou demais informações relevantes. Sendo assim, de acordo com os dados repassados, considerou-se para as estimativas deste trabalho que entre 2011 e 2019 foram removidos 26.620 indivíduos arbóreos das vias públicas (por motivos emergenciais e de diferentes demandas) e que 80.187 novos indivíduos foram implantados nas vias públicas do município (sem conhecimento da localização destes indivíduos).

A fim de estimar minimamente os estoques de Carbono, de maneira muito conservadora, considerando este lapso temporal e a ausência de informações mais refinadas que permitissem análises mais robustas, procedeu-se a seguinte metodologia: considerando o número de espécimes removidos ($n=26.620$), procedeu-se 10 sorteios aleatórios destes no arquivo-base. Para cada sorteio, foram excluídos estes indivíduos, calculando a seguir a biomassa de Carbono em cada situação. Utilizando o cálculo da biomassa para cada um dos 10 sorteios, calculou-se a média de biomassa total da arborização viária (sem os 26.620 indivíduos removidos). Considera-se esta média, uma estimativa do Carbono estocado pela arborização viária levando em conta os indivíduos removidos entre 2011 e 2019.

Em paralelo, para se estimar o carbono dos indivíduos implantados e considerando que a SMMA não possui o local exato de implantação e o tamanho atual de cada indivíduo da arborização urbana, utilizou-se como base o tamanho padrão estrutural das mudas implantadas em campo, que é de 1,80m de altura por 2,54cm (1 polegada) de diâmetro (conforme informações repassadas pelo departamento de Produção Vegetal). Foi calculada a biomassa de 80.187 indivíduos com este tamanho padrão, que somados a média da biomassa dos indivíduos remanescentes da arborização urbana, foram utilizados para cálculo da estimativa de Carbono.

Fórmulas utilizadas

Para o cálculo da biomassa aérea, nos remanescentes de Parques e Bosques, foram aplicadas três diferentes equações baseadas em estudos realizados em

florestas tropicais (Tabela 2), sendo aplicada a razão de 0,45 para o componente carbono em relação a biomassa aérea e para o cálculo da biomassa abaixo do solo (de raízes) foi aplicada a razão de 0,2 sobre o valor de biomassa aérea, seguindo estimativas mais conservadoras (Cairns et al., 1997).

Tabela 2 - Equações utilizadas na estimativa da biomassa vegetal aérea

Categoria	Equação	R²	Referências
Arbóreas	$Y=21,297-6,953(DAP)+0,74(DAP^2)$	0,91	Brown, 1997
Palmeiras	$Y=0,3999+7.907*altura$	0,75	Brown, <i>et al</i> , 2000
Xaxins	$Y=(1563,547*EXP(0,310478*altura))/1000$	0,93	Tiepolo <i>et al</i> , 2002

Para cálculo dos estoques de carbono da arborização viária urbana, as estimativas de biomassa acima do solo foram baseadas na mesma equação utilizada na análise de 2011 (Brown, 1997), que utiliza parâmetros morfológicos como o diâmetro e a altura dos indivíduos analisados e desenvolvidos em estudo em florestas tropicais, aplicadas de acordo com as categorias morfológicas. O relatório de 2011 indicou que a equação elaborada por Brown (1997) para vegetação florestal de zonas úmidas, com médias de precipitações entre 1.500 mm a 4.000 mm reflete de maneira mais correta os estoques de Carbono da região de Curitiba, cuja precipitação média anual fica em torno de 1.500 mm (IAPAR, 2019).

Seguindo o padrão adotado nas medições de florestas nativas (item 3.1), foi utilizada uma proporção de 45% de carbono em relação à biomassa e 20% de carbono contido nas raízes em relação à biomassa acima do solo. As equações para palmeiras e xaxins também foram mantidas as mesmas da análise anterior (Tabela 03).

Tabela 03 – Equações utilizadas na estimativa da biomassa vegetal aérea

Categoria	Equação	R²	Referências
Arbóreas	$Y = \exp [-2,289 + 2,649 \cdot \ln(\text{DAP}) - 0,021 \cdot (\ln \text{DAP})^2]$	0,97	Brown, 1997
Palmeiras	$Y = 0,3999 + 7,907 \cdot \text{altura}$	0,75	Brown, <i>et al</i> , 2000
Xaxins	$Y = (1563,547 \cdot \text{EXP}(0,310478 \cdot \text{altura})) / 1000$	0,93	Tiepolo <i>et al</i> ,. 2002

4 RESULTADOS

4.1. Incremento de carbono em áreas nativas

O inventário atualizado do estoque de carbono nas áreas amostradas resultou em uma quantidade média de 141,25 tC/ha. Considerando a estimativa anterior, avaliada nos anos de 2009 e 2011, houve uma perda média do estoque de carbono em 32,85 tC/ha (Tabela 4). Salienta-se que para a análise foram utilizadas a média e o desvio padrão, que representam um valor mais conservador a ser tratado neste contexto. Os valores obtidos representam a quantidade de carbono estimada a partir da remedição das 39 parcelas permanentes alocadas nas 15 Unidades de Conservação municipais amostradas.

Se considerarmos o valor absoluto de Carbono estimado para as 39 parcelas, temos um estoque de 31.237 tC. Em comparação a última medição no ano de 2011, houve um decréscimo de 11.617 tC, o que representa uma perda anual de 1.452 tC nestas UC's, a qual pode possuir diversas relações.

Das 39 parcelas mensuradas, 16 parcelas apresentaram um incremento no estoque de carbono, enquanto as 23 outras parcelas (58,97% do total) apresentaram uma perda significativa no estoque deste componente, afetando os valores totais das mensurações. Para a constatação do porquê deste decréscimo, foram realizadas visitas técnicas nestas parcelas com o objetivo de avaliar de forma visual e de forma comparativa com os dados de 2011. Após a visita e análise qualitativa realizada, constatou-se que provavelmente ela está relacionada a perda de qualidade ambiental

dos remanescentes florestais urbanos, especialmente por conta da fragmentação, perda de dispersores, falta de manejo adequado e espécies exóticas invasoras.

Tabela 4 – Media da quantidade de carbono estimada por componente nas áreas mensuradas em 2008, em 2010 e em 2019.

	Carbono em 2008 (tC.ha)	Carbono em 2010 (tC.ha)	Carbono em 2019 (tC.ha)
Árvores (acima do solo)	130,03 (\pm 51,7)	134,99 (\pm 52,7)	107,73 (\pm 47,7)
Raízes	26,21 (\pm 10,3)	27,00 (\pm 10,5)	21,55 (\pm 9,5)
Árvores mortas caídas	6,10 (\pm 10,0)	9,99 (\pm 10,0)	11,44 (\pm 13,6)
Árvores mortas em pé	4,91 (\pm 6,7)	2,09 (\pm 4,3)	0,53 (\pm 1,7)
Carbono total	168,25 (\pm 60,9)	174,1 (\pm 65,4)	141,25 (\pm 57,0)

Destaca-se as árvores mortas caídas como variação importante nas quantidades de carbono encontradas, onde o resultado das mensurações dos anos avaliados aumentou ao longo do tempo. Neste componente, o estoque de carbono na biomassa é ínfimo, tendo em vista que árvores mortas estocam uma quantidade muito pequena de Carbono. O valor de 11,44 (\pm 13,6) foi bem representativo dentro das mensurações e se comparado as demais mensurações, indica que houve um acréscimo contínuo dos indivíduos arbóreos de grande porte que morreram (Figura 5).

Foi visível que nas parcelas onde houve decréscimo nos estoques de Carbono houve senescência e morte de algumas árvores. Nestes locais, encontrou-se grandes clareiras formadas pela morte de indivíduos, bem como indivíduos em processo de decomposição. Em uma das parcelas do Zoológico, pode se verificar espécimes que haviam sido mensurados em 2011 e agora encontram-se em decomposição (Figura 5).



Figura 5. Fragmento de indivíduo arbóreo mensurado como componente “árvore morta caída” ainda com a plaqueta de identificação de árvore viva das mensurações anteriores no Zoológico.

Em contrapartida, observa-se que na grande maioria das parcelas não há sucessão considerável de espécies de estrato médio e dossel. O que se observa é que o dossel é composto por espécies de grande porte, porém, o sub-bosque quando está presente, é composto por espécies comuns a este estrato, mas com pouca ou nenhuma regeneração de arbóreas de estratos superiores. Há de se destacar ainda que a composição de espécies do sub-bosque é quase sempre a mesma, não havendo uma diversidade tão acentuada de regenerantes (o chamado recrutamento de indivíduos), como em uma floresta em bom estado de conservação.

Como a maioria das parcelas vem perdendo árvores de grande porte por senescência e morte, provavelmente a sucessão não tem acompanhado este decréscimo. Isso faz com que haja um empobrecimento da estrutura e composição florística do local. Com a perda de árvores maiores e sem reposição por novos indivíduos, os espécimes restantes, ou são espécies de sub-bosque que não entram na amostra por possuir DAP reduzido, ou encontram-se isolados nas parcelas (Figura 6). Algumas das parcelas mensuradas, apresentam clareiras, nas quais nenhum indivíduo foi mensurado por não se enquadrar no DAP mínimo conforme metodologia. Outras tiveram um número maior de indivíduos mensurados se comparado a 2011, porém o decréscimo de Carbono ocorreu pelo fato de a maioria das árvores serem muito pequenas, se comparado aos espécimes existentes anteriormente.



Figura 06. Comparativo da parcela 04 do Zoológico, na mensuração do ano de 2008 (à esquerda) e do ano de 2019 (à direita). Esta foi uma das parcelas onde se verificou diminuição acentuada nos estoques de carbono.

As áreas analisadas em Curitiba tratam-se na maioria das vezes, de florestas isoladas em meio ao ambiente urbano, bastante heterogêneas, representadas por fragmentos não muito extensos, com formatos e histórico de regeneração/alteração bastante variados, altamente sujeitos aos efeitos de borda (variações bruscas na incidência de luminosidade, ventos, temperatura e umidade – Meffe & Carrol, 1994). Desta forma, as bordas dos fragmentos ficam mais expostas à influência do ambiente externo, aumentando os fluxos de energia, matéria e organismos entre os ambientes adjacentes, resultando na criação de um gradiente abiótico de temperatura, umidade e luminosidade (Costa, 2015), além de um gradiente biótico em termos de distribuição de organismos (Ries *et al.*, 2004) entre borda e interior. Os principais mecanismos alterados pelo efeito de borda são a regeneração, crescimento, reprodução e mortalidade da vegetação. Além disso, a alta incidência de vento e o estresse hídrico causam a mortalidade de grandes árvores na borda dos fragmentos (Harper *et al.*, 2005). Essas alterações modificam a estrutura e composição da floresta e podem afetar o estoque de carbono (Laurance *et al.*, 2011).

Ou seja, a fragmentação e o efeito de borda induzem um aumento na mortalidade de árvores jovens pela competição por cipós, espécies parasitas e espécies adaptadas a solos pobres, ao mesmo tempo em que a própria derrubada causa um prejuízo físico. Até mesmo árvores adultas ficam mais vulneráveis e, frequentemente, caem com a elevação de suas raízes para a superfície e com a ação

do vento. Além disso, a eliminação de vertebrados dispersores de sementes compromete a reprodução de muitas espécies (Tabarelli *et al.*, 2004). É possível que paisagens altamente fragmentadas estejam ainda mais sujeitas às perdas de carbono por efeitos de borda do que paisagens menos fragmentadas e com a mesma porcentagem de cobertura vegetal, devido à maior extensão de bordas (Putz *et al.*, 2011).

Além disso, em algumas Unidades de Conservação mensuradas há o acesso intensivo de visitantes de maneira indevida (Figura 7). Esta condição provoca alterações na estrutura da floresta, seja pelo pisoteio, que afeta diretamente a regeneração florestal, seja pelo vandalismo com o corte e retirada de indivíduos. Foi verificada ainda a retirada de plaquetas de identificação de algumas árvores, poucas semanas após sua instalação (Figura 8).



Figura 7. Evidência de trilhas de acesso e pisoteio no interior da parcela do Parque Tingüi, com a ausência de regenerantes e sub-bosque.



Figura 8. Indivíduo arbóreo com a plaqueta de identificação depredada no Parque Barigui.

Além dos fatores acima citados, a presença de espécies exóticas invasoras em grande quantidade, especialmente a uva-japão (*Hovenia dulcis*), o alfeneiro (*Ligustrum lucidum*), e o pau-incenso (*Pittosporum undulatum*) influi diretamente na diminuição dos estoques de Carbono nestes locais. Como exemplo, podemos citar o Parque João Paulo II, onde o remanescente encontra-se com um grande grau de contaminação por *Hovenia dulcis* (Figura 9). O potencial das espécies exóticas invasoras de modificar sistemas naturais são altamente relevantes, sendo considerado como a segunda maior ameaça à biodiversidade. As plantas invasoras podem produzir alterações em propriedades ecológicas essenciais aos ecossistemas, tais como ciclagem de nutrientes e produtividade vegetal, cadeias tróficas, estrutura, dominância, distribuição e funções de espécies em um ecossistema, distribuição de biomassa, densidade de espécies, porte da vegetação, índice de área foliar, queda de serapilheira, taxas de decomposição, processos evolutivos e relação entre polinizadores e plantas (Ziller, 2000). Neste sentido, geram um impacto evidentes, com perda de biodiversidade expressiva e consequente perda do estoque de carbono ao longo do tempo.



Figura 9. Parcela do Parque João Paulo II, onde pode se evidenciar um grande exemplar da espécie *Hovenia dulcis*, a ausência de elementos arbóreos de maior porte ou de regeneração e a morte de indivíduos nativos de maior porte.

Segundo dados oficiais do Departamento de Geoprocessamento da Prefeitura de Curitiba e de acordo com a classificação adotada pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMMA), a “Mata nativa” e “Mata Nativa com Araucária” recobrem 6.554 ha do município. Considerando a quantidade média de toneladas de Carbono por hectare encontrada neste estudo (141,25 tC/ha) e extrapolando a estimativa para todos os maciços florestais do município que se inserem nestas categorias, estima-se que o estoque de Carbono dos remanescentes florestais do município é calculado em 982.306 tC. Ou seja, se comparamos com o resultado obtido em 2011 (que foi de 1.197.613 tC), houve uma perda anual média de 26.913,5 tC.

As outras classes de cobertura do solo, representadas pelas “Mata secundária em regeneração”, “Bracatingal” e “Mata ciliar”, de acordo com a classificação adotada pela SMMA (Miguez, 2001), foram incluídas nas estimativas apresentadas tendo como base dados de literatura. Para se estimar os estoques de Carbono para mata secundária e bracatingal, utilizou-se a média de toneladas de carbono por hectare encontrada neste ambiente conforme Watzlawick *et al.* (2002) e para floresta aluvial, foram utilizado os valores propostos por Brites *et al.* (2006).

No entanto, tendo em vista o lapso de tempo entre os dados repassados pela SMMA em 2008 e a data atual, salienta-se que as áreas de vegetação e suas classes podem sofrer modificações. Recomenda-se que a SMMA realize constatações e aprimoramento dos valores de cobertura das classes de vegetação existentes nas áreas verdes do município, por meio de imagens de satélite atuais e de melhor resolução, aperfeiçoando o mapeamento.

Na avaliação do incremento de carbono das áreas nativas de Curitiba, os indivíduos de *Araucaria angustifolia* presentes nas parcelas de mensuração foram considerados de forma independente, pois a representatividade do estoque de carbono destes, destoa dos demais componentes avaliados. Este fato ocorre devido as araucárias serem mais antigas do que a sucessão média-avançada das florestas das Unidades de Conservação de Curitiba. Elas representam os elementos climáticos que não são mais encontrados nos remanescentes florestais secundários, além de não estarem presentes em todos os parques analisados.

Estimamos a capacidade de estoque de Carbono das 54 Araucárias amostradas nas parcelas, como sendo de 70,87 tC/ind. Isto demonstra que estas grandes árvores possuem uma capacidade individual de absorção de Carbono muito superior se comparado a outros elementos. Como exemplo, podemos citar o valor encontrado no Parque Barigui, onde um único indivíduo de Araucária mensurado tem a capacidade estimada de estoque de Carbono de 4,55 tC/ind, ao passo que um indivíduo da maior espécie arbórea encontrada na parcela (excluindo-se a Araucária) estoca apenas 1,45 tC/ind.

Tabela 5. Estoque de carbono em maciços florestais do município de Curitiba, de acordo com as classes estabelecidas pela SMMA (Miguez, 2001). Os valores de carbono para as duas primeiras categorias baseiam-se em dados de campo; para mata secundária e bracatingal em Watzlawick *et al.* (2002) e para floresta aluvial em Brites *et al.* (2006).

Classe (SMMA)	Descrição	Área (ha)	Biomassa (tC/ha) 2008	Estoque de carbono (tC) 2008	Biomassa (tC/ha) 2010	Estoque de Carbono (tC) 2010	Biomassa (tC/ha) 2019	Estoque de Carbono (tC) 2019
Mata Nativa com Araucária	Áreas com grande densidade de araucária, independentemente do tipo de sub-bosque (explorado, inexistente ou fechado)	5.462,1	168,3	919.271	174,1	950.951	141,2	771.526,3
Mata Nativa sem Araucária	Vegetação nativa constituída de árvores de grande porte, podendo conter alguns exemplares de araucária, desde que não em abundância e frequência significativas	1.092,1	168,3	183.800	174,1	190.134	141,2	154.261,3
Mata Secundária em regeneração (capoeira)	Vegetação de porte inferior (principalmente em altura), ao do tipo mata nativa. Pode conter, porém, algumas poucas árvores de grande porte e/ou araucárias	269,1	97,8	26.318	97,8	26.318	97,8	26.318
Bracatingal	Área com grande densidade de bracatinga	228,5	56,3	12.921	56,3	12.921	56,3	12.921
Mata Ciliar	Áreas que circundam rios e fundos de vale	213,9	80,8	17.283	80,8	17.283	80,8	17.283
TOTAL		7.266,8		1.151.733		1.197.613		982.306

Tabela 6. Indivíduos de *Araucaria angustifolia* mensurados nas Unidades de Conservação de Curitiba

Unidade de Conservação	Número de Araucárias mensuradas nas parcelas	tC contidos nas Araucárias mensuradas
Capão da Imbuia	2	4,96
Bosque Reinhard Maack	6	8,27
Jardim Botânico	3	4,01
Parque Bacacheri	1	3,00
Parque Barigui	8	17,83
Parque Barrerinha	2	0,67
Bosque João Paulo II	1	3,30
Parque Tingui	2	4,82
Jardim Zoológico	29	24,08
Total	54	70,94

Com base nos resultados apresentados e nas características identificadas nas Unidades de Conservação de Curitiba, é necessária a implementação urgente de ações de manejo, buscando a recuperação da integridade ecológica de maneira a manter um nível mínimo de biodiversidade e de variabilidade na estrutura e funcionamento dos processos ecológicos, considerando seus valores ambientais, econômicos e sociais na prestação de serviços ecossistêmicos.

Recomenda-se que dentre as ações de manejo das áreas naturais, seja realizada a revisão dos Planos de Manejo das Unidades de Conservação amostradas, verificando os programas de manejo e seus zoneamentos. Tendo em vista os impactos gerados pelo acesso intensivo de visitantes nas áreas nativas, são necessárias ações de fiscalização com o objetivo de inibir o uso indevido destes locais. Além disso é indicado o isolamento de algumas zonas evitando assim o pisoteio e o vandalismo, com vistas a manter os processos ecológicos de regeneração do sub-bosque e sucessão de espécies.

Diante dos impactos para a biodiversidade ocasionados por espécies exóticas invasoras, é de extrema importância seu combate e erradicação. Visto que os processos de invasão nas áreas naturais de Curitiba são tardios, é necessário o estabelecimento de um plano de ação de longo prazo, conforme estipulado no Decreto Municipal 473/2008. Segundo este marco legal, incumbe à SMMA o desenvolvimento de programas e ações específicas visando combater a comercialização e a disseminação das espécies florestais exóticas invasoras e propiciar a recomposição do ambiente natural, dando ênfase a substituição gradativa por espécies nativas adequadas.

Como uma alternativa de suporte para a sucessão florestal das áreas nativas de Curitiba, sugere-se o incremento por meio do plantio de espécies nativas florestais. Neste processo é importante realizar um plano de ação de longo prazo, identificando a estrutura florestal através de um diagnóstico mais preciso, onde a escolha das espécies respeite os processos de sucessão em que as áreas nativas se encontram, desta forma podem ser utilizadas espécies pioneiras, secundárias ou climáticas, de acordo com o local e características das áreas nativas, ampliando o sucesso das espécies implantadas (Instituto BioAtlântica, 2009).

Para se gerar um comparativo e gerar dados interessantes para análises futuras, recomenda-se ainda que sejam realizados inventários nas Reservas Particulares do Patrimônio Natural Municipal (RPPNM). Devido à menor incidência de pessoas adentrando estas unidades e do manejo empregado em muitas destas, gerar informações sobre o Carbono estocado por estes ambientes é fundamental para entender e propor novas ações de manejo às UCs municipais.

4.2. Estoques de carbono contidos na arborização viária urbana

Por meio dos arquivos existentes fornecidos pelos departamentos da SMMA, foram realizados os cálculos para avaliação do estoque de carbono na arborização urbana de 133.968 indivíduos arbóreos, 2.203 palmeiras e 23 xaxins. O valor encontrado para o ano de 2019 foi de 27.294,81 tC, número menor se comparado a estimativa realizada em 2011. No entanto conforme estipulado na metodologia

utilizada para esta análise, os valores mensurados seguiram uma avaliação conservadora que utilizou como base as poucas informações fornecidas pela SMMA. Os valores de estoque de carbono totais e por componente, através das equações alométricas e comparativo com a análise anterior estão na Tabela 7.

Tabela 7. Quantidade de carbono estimada por componente e por ano de avaliação.

Categoria	Indivíduos mensurados 2011	(tC) 2011	Indivíduos mensurados 2019	(tC) 2019
Árvores	80.401	35.095,26	133.968	22.684,17
Palmeiras	2.203	61,47	2.203	61,47
Xaxins	23	0,08	23	0,08
Raízes	-	7.031,36	-	4.549,13
Total	82.627	42.188,16	136.194	27.294,81

Pelo fato de não ser possível estipular o crescimento dos indivíduos implantados ao longo de 2011 a 2019 e pela estimativa conservadora aplicada, os valores apresentados devem estar subestimados. Neste sentido o componente carbono tende a aumentar ao longo do tempo com o crescimento dos novos indivíduos plantados, tendo em vista que o número de espécimes implantado foi bem superior ao removido (um saldo de 53.567 indivíduos).

Uma avaliação mais apurada e real sobre os estoques de Carbono só poderia ser estimada, caso todos os indivíduos da arborização urbana fossem inventariados e mensurados periodicamente. Neste sentido, sugere-se que a Prefeitura realize um monitoramento da arborização viária, por meio do georreferenciamento e mensuração dos indivíduos periodicamente.



REFERÊNCIAS

BRITEZ, R.M.; BORG, M.; TIEPOLO, G. ; FERRETTI, A. R. ; CALMON, M. ; HIGA, R. *Estoque e incremento de carbono em florestas e povoamentos de espécies arbóreas com ênfase na Floresta Atlântica do sul do Brasil*. 1ed. Colombo: EMBRAPA. 165p. 2006.

BROWN, S. Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer. FAO Forestry Paper 134, Rome, Italy. 1997.

CAMPOS, C. P. A Conservação das florestas no Brasil, mudança do clima e o mecanismo de desenvolvimento limpo no Protocolo de Quioto. 169 f. 2001. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Estratégico) – Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

COSTA, K. M. O estoque de carbono na vegetação e no solo em fragmentos florestais de paisagens tropicais. Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Ecologia. 2015.

HARPER, K. A. et al. Edge influence on forest structure and composition in fragmented landscapes. *Conservation Biology*, v. 19, n. 3, p. 768-782, Jun 2005.

IAPAR-INSTITUTO AGRONÔMICO DO ESTADO DO PARANÁ. *Atlas climático do Paraná*. Disponível em <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=595>> Acesso em 11/09/2019.

Instituto BioAtlântica. Pacto pela Restauração da Mata Atlântica: Referencial dos Conceitos e Ações de Restauração Florestal. LERF/ESALQ, 2009.

LAURANCE, W. F. et al. The fate of Amazonian forest fragments: A 32-year investigation. *Biological Conservation*. V. 144, n. 1, p. 56-67, 2011.



MACDICKEN, K. A guide to monitoring carbono storage in forestry and agroforestry projects. Arlington: winrock International Institute for Agricultural Development. 87p. 1997.

MEFFE, G.K. & CARROLL, C.R. Principles of conservation biology. Sinauer, Sunderland. 1994

MIGUEZ, L.A.L. Mapeamento e monitoramento dos maciços vegetais do município de Curitiba - PR. Monografia do curso de Especialização em Administração, Monitoramento e Controle da Qualidade de Vida Urbana do Instituto de Engenharia do Paraná (IEP) em Convênio com a Faculdade de Administração e Economia do Paraná (FESP). Curitiba. 36p. 2001

PEARSON, T.; WALKER, S.; BROWN, S. Sourcebook for land use, land-use change and forestry projects. BioCarbonFund and Winrock International, 57 p. 2005.

PUTZ, S., GROENEVELD, J., ALVES, L. F., METZGER, J. P. & HUTH, A. Fragmentation drives tropical forest fragments to early successional states: a modelling study for Brazilian Atlantic forests. Ecol. Model. 222, 1986–1997 (2011).

RIES, L. et al. Ecological Responses to Habitat Edges: Mechanisms, Models, and Variability Explained. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, v. 35, n. 1, p. 491-522, 2004.

SMMA (Secretaria Municipal do Meio Ambiente de Curitiba) Espécies Florestais Exóticas Invasoras. Disponível em <
<http://multimidia.curitiba.pr.gov.br/2010/00085565.pdf>> Acesso em : 12/09/2019.

SPVS (Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental). Manual de procedimentos padrões de operações para o monitoramento de carbono do projeto piloto de restauração em Antonina, Reserva Natural Morro da Mina - PPRA/PPO. Documento interno SPVS. 2004.



SPVS (Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental). Programa de avaliação e quantificação do potencial de absorção de carbono por florestas nativas em Curitiba. Relatório de atividades - SPVS/PMC. 2009

SPVS (Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental). Programa de avaliação e quantificação do potencial de absorção de carbono por florestas nativas em Curitiba. Relatório de atividades - SPVS/PMC. 2011.

SPVS (Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental). Termo de Referência para contratação de serviço para levantamento de biomassa vegetal nativa em Unidades de Conservação em Curitiba. Documento Interno SPVS. 2019.

TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. GASCON, C. Forest Fragmentation, synergisms and the impoverishment of neotropical forests. *Biodiversity and conservation*, Netherlands, v. 13, p. 1419-1425, 2004.

TIEPOLO, G.; CALMON, M.; FERETTI, A. R. Measuring and monitoring carbono stocks at the Guaraqueçaba Climate Action Project, Paraná Brazil. *In: International Symposium on Forest Carbon Sequestration and Monitoring. Extension Serie Taiwan Forestry Research Institute 153: 98-115. 2002.*

UNITED NATIONS. Kyoto protocol reference manual on accounting of emissions and assigned amounts. Bonn: United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) secretariat. 105 p. 2007. Disponível em:< <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-kyoto-protocol/what-is-the-kyoto-protocol/kyoto-protocol-targets-for-the-first-commitment-period>> Acesso em:09/09/2019.

UNFCCC (UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE). Land Use, Land-Use Change and Forestry (LULUCF). Disponível em: <https://unfccc.int/topics/land-use/workstreams/land-use--land-use-change-and-forestry-lulucf>>. Acesso em 09/09/2019.

WATZLAWICK, L.F.; KIRCHNER, F.F.; SANQUETTA, C.R; SCHUMACHER, M.V.



2002. Fixação de carbono em Floresta Ombrófila Mista em diferentes estágios de regeneração. *In*: SANQUETTA, C.R.; WATZLAWICK, L. F.; BALBINOT, R.; ZILIIOTTO, M.A.B.; GOMES, F.S. As florestas e o carbono. Curitiba 2002. p.153-173.

WATZLAWICK, L. F.; SANQUETTA, C. R.; ARCE, J. E.; BALBINOT, R. Quantificação de biomassa total e carbono orgânico em povoamentos de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze no sul do estado do Paraná, Brasil. *Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais* 1 (2): 63-68. 2003.

ZILLER, S.R. 2000. A Estepe Gramíneo-Lenhosa no segundo planalto do Paraná: diagnóstico ambiental com enfoque à contaminação biológica. Tese de doutoramento. Curitiba: Universidade Federal do Paraná. 268 p.