

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

EVELYN TAKAHASHI LIPINSKI

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

DINÂMICA DE BIOMASSA E CARBONO DA PARTE AÉREA DURANTE 17
ANOS EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA MONTANA

CURITIBA

2015

EVELYN TAKAHASHI LIPINSKI

DINÂMICA DE BIOMASSA E CARBONO DA PARTE AÉREA DURANTE 17
ANOS EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA MONTANA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito para a conclusão da disciplina ENGF006 e requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Florestal

Orientadora: Prof. Dra. Ana Paula Dalla Corte

CURITIBA

2015

AGRADECIMENTOS

Ao meu querido pai, que agora se encontra com Deus mas ainda muito vivo em meus conceitos de vida, e a minha mãe, pelo grande incentivo e apoio em toda a jornada dos meus estudos e acima de tudo, pelo exemplo de educação que me foi proporcionado por eles.

Aos familiares e amigos que acompanharam e torceram por mim nessa caminhada acadêmica.

A todos professores, que transmitiram seus conhecimentos, responsabilizando-se pelo meu processo de aprendizagem técnica e em especial, aqueles, que por muitas vezes, compartilharam suas reflexões e conselhos, contribuindo na minha motivação pessoal e profissional.

À professora Ana Paula Dalla Corte, pela amizade, dedicação, estímulo e paciência não só durante a orientação desse TCC, mas também, por todo o período que estive no Laboratório Biofix.

A todo o pessoal do Laboratório Biofix que me receberam, me ajudaram e compartilharam momentos comigo durante meu estágio nesse laboratório.

A Deus, por me abençoar com diversas oportunidades durante meu percurso de faculdade, me trazendo um período de muito conhecimento e boas memórias.

DADOS DO ACADÊMICO

Nome do aluno: Evelyn Takahashi Lipinski

GRR: 20101636

Telefones: (41) 9806-9263

E-mail: evelyn.tkhshi@gmail.com

Endereço: Rua Piraí do Sul, 121. Afonso Pena, São José dos Pinhais – PR.

Orientadora: Prof. Ana Paula Dalla Corte

RESUMO

O objetivo desse trabalho foi compreender a dinâmica da biomassa e do carbono em uma Floresta Ombrófila Mista Montana ao longo do tempo e espaço, através do método indireto. Para tanto, mediram-se 4 parcelas permanentes entre os anos de 1995 e 2012, que foram instaladas no município de São João do Triunfo – Paraná. Registrou-se a circunferência à altura do peito (cap), que foi transformada para diâmetro à altura do peito (DAP), e os indivíduos foram identificados em nível de gênero, espécie e família. As árvores mortas e os indivíduos que atingiram na medida mínima de inclusão (10 cm de diâmetro) como recrutas foram registrados. Calculou-se os estoques de biomassa e carbono para os grupos, famílias, espécies e classes diamétricas. O estoque de biomassa em árvores vivas foi de 174,5 t.ha⁻¹ em 1995 e 235,4 t.ha⁻¹ em 2012 e de carbono foi de 73,14 t t.ha⁻¹ em 1995 e 98,66 t.ha⁻¹ em 2012, com incremento em biomassa e carbono de 3,58 e 1,49 t.ha⁻¹.ano⁻¹, respectivamente. O grupo das Araucárias apresentou maior estoque e incremento anual. Entre as famílias, destacaram-se Araucariaceae e Lauraceae, e entre espécies *Araucaria angustifolia*. A estrutura da distribuição de biomassa e carbono por classe diamétrica demonstrou-se irregular e as classes de 10 a 60 cm de diâmetro à altura do peito apresentaram o maior estoque e taxa. A distribuição espacial dos estoques de biomassa e carbono se mostraram muito associados à presença de *A. angustifolia*.

Palavras-chave: araucária; estrutura, incremento, mortalidade, recrutamento

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 7 |
| 2. OBJETIVO | 9 |
| 3. REVISÃO DE LITERATURA | 10 |
| 3.1. O PAPEL DAS FLORESTAS NO ESTOQUE DE CARBONO..... | 10 |
| 3.2. MÉTODOS DE LEVANTAMENTO DE BIOMASSA E CARBONO EM AMBIENTES FLORESTAIS | 10 |
| 3.3. ESTUDOS DE DINÂMICA DE BIOMASSA E CARBONO NA FOM..... | 13 |
| 4. MATERIAL E MÉTODOS | 17 |
| 4.1. CARACTERIZAÇÕES DA ÁREA | 17 |
| 4.2. ORIGEM DOS DADOS | 17 |
| 4.3. TRATAMENTOS DOS DADOS..... | 18 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 22 |
| 6. CONCLUSÕES | 32 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 34 |

INTRODUÇÃO

A Floresta Ombrófila Mista (FOM), também conhecida como Floresta com Araucária ou Pinheiral por ter na sua constituição arbórea a espécie característica *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, encontra-se distribuída no Brasil meridional, planalto Sul Brasileiro, (VELOSO et al., 1991), na província de Misiones (Argentina), no sul do estado de São Paulo e na Serra da Mantiqueira (KLEIN, 1960).

A Mata Atlântica se estendia originalmente por aproximadamente 1.300.000 km² em 17 estados do território brasileiro. Hoje os remanescentes de vegetação nativa estão reduzidos a cerca de 22% de sua cobertura original e encontram-se em diferentes estágios de regeneração. Apenas cerca de 7% estão bem conservados em fragmentos acima de 100 hectares (MMA, 2015)

Mesmo reduzida e muito fragmentada, estima-se que na Mata Atlântica existam cerca de 20.000 espécies vegetais (cerca de 35% das espécies existentes no Brasil), incluindo diversas espécies endêmicas e ameaçadas de extinção (MMA, 2013).

Além de ser uma das regiões mais ricas do mundo em biodiversidade, tem importância vital para aproximadamente 120 milhões de brasileiros que vivem em seu domínio, onde são gerados aproximadamente 70% do PIB brasileiro, prestando importantíssimos serviços ambientais (MMA, 2013).

A Mata Atlântica regula o fluxo dos mananciais hídricos, assegura a fertilidade do solo, suas paisagens oferecem belezas cênicas, controla o equilíbrio climático e protege escarpas e encostas das serras, além de preservar um patrimônio histórico e cultural imenso. Neste contexto, as áreas protegidas, como as Unidades de Conservação e as Terras Indígenas, são fundamentais para a manutenção de amostras representativas e viáveis da diversidade biológica e cultural da Mata Atlântica.

Recentemente, paralelamente ao tema de qualidade ambiental do planeta, questões climáticas ligadas ao aumento da concentração de gases do efeito estufa, principalmente o CO₂ (dióxido de carbono) e o conceito de sequestro de carbono tem sido cada vez mais discutido na ciência e, com isso,

as florestas passaram a ter seriedade também para a fixação de carbono em sua biomassa.

Por meio da fotossíntese, as florestas conseguem absorver e armazenar átomos de carbono em seus tecidos estruturais, realizando assim, um dos serviços ambientais mais importantes e essenciais a vida de todos os seres vivos do planeta.

Em outro modo de dizer, pode-se afirmar que durante o crescimento das plantas, a biomassa se acumula e conseqüentemente mais carbono é fixado.

No entanto, apesar da elevada relevância com que esse tema é tratado, RATUCHNE (2010) menciona que grande maioria dos trabalhos sobre a biomassa florestal é realizada em plantações florestais, sendo pequena a quantidade de trabalhos de quantificação ou estimativa da biomassa em florestas naturais.

Essas informações indicam o real parecer da situação e evidenciam a necessidade do estabelecimento de rotinas para obtenção de informações científicas com o propósito de entender a complexidade desse ecossistema para auxiliar na recuperação de remanescentes, pois ainda há muitas incertezas que rodeiam a dinâmica do estoque de biomassa e carbono das florestas.

MOGNON (2011) aponta que o conhecimento sobre a dinâmica da floresta permite a interpretação do contexto da vegetação ao longo do tempo e que com essa gestão da dinâmica, pode-se conhecer melhor essa complexa estrutura autótrofa, podendo assim verificar o equilíbrio dos serviços ambientais prestados por ela.

AMARAL et al. (2010) afirmam que muitos estudos são realizados sem considerar a dependência espacial que existe para as variáveis de uma floresta, ou ainda sem se preocupar com a sua representação no espaço. Estima-se que mais de 80% das publicações na literatura ecológica não consideram a estrutura de dependência espacial (DORMANN, 2007).

A hipótese científica desse trabalho é que existem grupos, famílias e espécies, bem como, classes diamétricas, que contribuem de maneira mais expressiva na dinâmica da biomassa e do carbono na Floresta Ombrófila Mista.

2. OBJETIVO

Este trabalho tem como propósito avaliar a dinâmica temporal da biomassa e do carbono da parte aérea ao longo de 17 anos em uma Floresta Ombrófila Mista, no período entre 1995 e 2012, com o uso do método indireto (uso de modelos matemáticos com dados de inventário florestal através de parcelas permanentes).

Também foi alvo desse trabalho, a avaliação em termos de contribuição dos grupos, famílias, espécies e distribuição diamétrica, na dinâmica da biomassa e do carbono florestal.

Adicionalmente, avaliou-se a dinâmica espacial nas parcelas avaliadas com o objetivo de entender as mudanças espaciais ocorridas ao longo do período avaliado.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. O PAPEL DAS FLORESTAS NO ESTOQUE DE CARBONO

A fixação de carbono é um procedimento de retirada de gás carbônico do meio. Esse artifício ocorre principalmente em oceanos e florestas por meio de fotossíntese que capturam o carbono e lançam oxigênio na atmosfera (CIFLORESTAS, 2015).

As atividades humanas como a queima de combustíveis fósseis e a utilização de calcário para a produção de cimento, bem como os diferentes usos da terra, associados ao desmatamento e queimada são as principais causas do rápido aumento dos níveis de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera, contribuindo para o aquecimento global (CIFLORESTAS, 2015).

As árvores e outras plantas florestais removem grandes quantidades de dióxido de carbono (CO₂) – um gás de efeito estufa (GEE) – da atmosfera quando ele se acumula, armazenando carbono na biomassa das folhas, galhos, troncos e raízes.

As florestas têm uma grande capacidade de absorver e armazenar carbono, além de reduzir emissões de GEE proveniente de combustíveis fósseis, por isso uma das maneiras mais eficientes de remover carbono da atmosfera é através do manejo sustentável de florestas (WOODS HOLE RESEARCH CENTER, 2015).

3.2. MÉTODOS DE LEVANTAMENTO DE BIOMASSA E CARBONO EM AMBIENTES FLORESTAIS

Para mitigar o aquecimento global, uma disparidade de formas artificiais de captura e de sequestro do carbono, assim como métodos naturais estão sendo conceituados e explorados (CIFLORESTAS, 2015). Para tanto, têm sido efetivados por meio de técnicas diretas e indiretas. (SOARES, 2014).

Os métodos diretos versam na derrubada e pesagem das árvores que ocorrem em áreas amostrais fixas, enquanto que os métodos indiretos se baseiam em dados de inventários e/ou imagens de satélites. Segundo SALATI

(*apud* WENDLING 1998), os métodos indiretos são utilizados para estimar a biomassa de áreas florestais de grande extensão e, dependendo das informações disponíveis, são usadas relações empíricas entre a biomassa e algumas outras variáveis, determinado assim o valor da biomassas e carbono por hectare, para então ser feita uma extrapolação para a área total.

OGAWA & KIRA (*apud* WENDLING 1998), relatam que para a estimativa da biomassa florestal tem tido uso extensivo da correlação alométrica entre dimensões diferentes de uma árvore, a técnica de corte estratificada (*stratified clip*).

Outra técnica é o abate e pesagem em uma área pré-definida, que consiste, segundo SALATI (*apud* WENDLING 1998), no corte de parte das árvores, e medição do volume e da massa dos indivíduos. O sistema radicial é medido arrancando-se o material do solo por amostragem em áreas determinadas.

Segundo PARDÉ (*apud* WENDLING 1998), pode ser executada através dos seguintes procedimentos: Método da colheita (*harvest method*) e Amostragem em multiestágio.

No método da colheita é possível para períodos idênticos obter uma estimativa de biomassa de um povoamento completo, e também averiguar relacionamentos de regressão, conectando dados facilmente mensurados com biomassa. Um corte raso é feito primeiro sobre um ponto amostral de uma área conhecida. As árvores derrubadas são mensuradas e pesadas (peso verde e seco). Isto fornece dados exatos de biomassa, para uma área conhecida de um povoamento.

Dependendo da maior ou menor irregularidade do povoamento, a determinação da biomassa pode ser concluída utilizando-se informações coletadas em outro ponto amostral (PARDE, *apud* WENDLING 1998). Já a Amostragem em multiestágio, segundo PARDÉ (1980), requer que todos os caules sejam cortados sobre a parcela, e o peso verde total acima do solo seja

SALATI, E. Emissão x Sequestro de CO₂ - Uma nova oportunidade de negócios para o Brasil. Companhia Vale do Rio Doce, Anais, Rio de Janeiro – RJ. 1994.p15-37.

PARDÉ, J. Forest Biomass. In: Forestry Abstracts Review Article, volume 41, n 8., France, ago 1980. Station de Sylviculture et de Production, Centre National de Recherches Forestières, p 349; 350; 352.

OGAWA, H. & KIRA, T. Primary Productivity of Japanese Forests. In. Productivity of Terrestrial Communities, V.16. Tokyo, 1977.p.15-2.

obtido pela pesagem de todas as árvores segundo classes de tamanho das mesmas.

Outro método de determinação de biomassa de árvores individuais é o método da árvore média (*Mean tree method*). Primeiro, requer que um inventário de um povoamento florestal tenha sido feito, usando algum critério para descrição da estrutura, como por exemplo, por classes de diâmetro à altura do peito (DAP).

Por conseguinte, é uma questão fácil inferir deste inventário, a árvore média do povoamento. Para povoamentos equiâneos e de mesmas espécies, a árvore de área basal média parece ser a melhor.

A seguir, algumas árvores médias são derrubadas e suas biomassas mensuradas e os "valores médios de biomassa" para as partes da árvore (o caule, ramos, entre outros). Multiplicando-se o dado da árvore média pelo número de árvores do hectare ou do povoamento tem-se a estimativa do hectare ou do povoamento (SALATI, *apud* WENDLING 1998).

Os métodos indiretos são fundamentados na correlação da biomassa com alguma variável obtida por medição no campo, sem necessidade de abate da árvore.

Estas estimativas podem ser realizadas a partir de relacionamentos empíricos entre a biomassa e outras variáveis mais espontaneamente mensuradas no povoamento, como o diâmetro à altura do peito (DAP) ou pode-se partir também de uma base de dados de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), construída a partir de um inventário florestal, ou ainda através de imagens orbitais do povoamento, utilizando-se das técnicas do Sensoriamento Remoto.

AVERY & BURKHART (1983) ressaltam que para a análise de vários recursos de mensuração pode ser importante quantificar o grau de associação entre duas ou mais variáveis.

Tais associações podem frequentemente ser examinadas pela análise de regressão. O tipo simplificado de relacionamento que pode existir entre duas quantidades, pode ser representado por uma linha reta. Assim a regressão linear simples, descreve uma linha reta do relacionamento existente entre duas quantidades: uma variável dependente Y e uma variável independente X.

No caso de florestas naturais, normalmente heterogêneas, com grande diversidade florística, fisionômica e fenológica, a utilização desta técnica reveste-se de maior complexidade, uma vez que há pouca disponibilidade de dados quantitativos de biomassa coletados em nível de campo (AVERY & BURKHART, 1983).

MARTINELLI et al. (1994) justificam que no método direto, a pesagem de todo material é o mais confiável, porém o maior problema é a demanda de tempo e mão-de-obra, tornando os custos muito elevados. Portanto, é viável, para estudo de grandes áreas, utilizar parâmetros como peso da árvore, utilizando-se de um modelo matemático.

3.3. ESTUDOS DE DINÂMICA DE BIOMASSA E CARBONO NA FOM

BALBINOT et al. (2012) desenvolveram um trabalho cujo objetivo foi propor projetos florestais nos moldes do MDL (Mecanismo de Desenvolvimento Limpo).

Para isso, estimaram e analisaram a dinâmica do estoque de carbono vivente nos remanescentes de Floresta Ombrófila Mista Montana nos municípios de General Carneiro e Bituruna caracterizando o uso do solo com ênfase nos recursos florestais por meio de imagens de satélite, seguindo os critérios e indicadores do Protocolo de Quioto.

Percebeu-se neste estudo um aumento quantitativo da área com cobertura florestal natural em estágio inicial e de um decréscimo em sua qualidade, ou seja, redução da área em estágio médio.

BARRETO et al. (2014) avaliaram a dinâmica de biomassa e carbono em um fragmento urbano de Floresta Ombrófila Mista, durante um período de cinco anos. Para tal foram utilizados dados de inventários florestais contínuos advindos de uma parcela permanente de 100x100 m (1 ha), dividida em sub-parcelas de 20x20 m (400m²), localizada em Curitiba/PR.

Através desses elementos foi presumível avaliar-se o volume, biomassa, teor médio de carbono e CO₂ equivalente para a parcela, bem como, para as espécies mais expressivas em termos de frequência. Os resultados desse estudo da biomassa total arbórea acima do solo apresentaram valores

de 236,60 t.ha⁻¹ em 2009, aumentado em 2013 para 257,25 t.ha⁻¹, sendo o seu incremento médio anual (IMA) de 5,16 t.ha⁻¹.ano⁻¹. Para o carbono pode-se obter 97,19 e 105,65 t.ha⁻¹ para 2009 e 2013 respectivamente, com IMA de 2,11 t.ha⁻¹.ano⁻¹.

Barreto *et al* (2014) concluíram nesse trabalho que este fragmento urbano, por estar em estágio de sucessão avançado, apresenta baixa capacidade em fixar carbono. No entanto, é importante seu papel como sumidouro, em função do grande estoque de carbono existente em sua biomassa.

WATZLAWICK *et al.* (2011) ponderaram os teores de carbono em espécies arbóreas da Floresta Ombrófila Mista de General Carneiro- PR. Para tanto, identificou-se 38 espécies no inventário florestal, das quais foram analisados os teores de carbono presentes em cada espécie, em seus elementos (madeira do fuste, casca, folhagem, galhos vivos e mortos) e a interação entre espécies e componentes.

Entre espécies, esse estudo encontrou o maior teor de carbono na espécie *Prunus brasiliensis*, sendo observada a formação de 19 grupos entre as médias. Entre os componentes, a folhagem descreveu maior teor, sendo observados cinco grupos entre estes. Desse modo, observa-se uma grande heterogeneidade nos teores de carbono orgânico entre espécies e dentro de uma espécie.

MOGNON *et al.* (2013) avaliaram anualmente a dinâmica da fixação do carbono na biomassa arbórea em Floresta Ombrófila Mista Montana ao longo de uma década.

Foram utilizados dados de inventário florestal contínuo advindos de quatro parcelas permanentes de um hectare cada, localizadas em General Carneiro-PR. O período de coleta dos dados iniciou em 1999 e foi concluído em 2009.

A estimativa do estoque de biomassa arbórea acima do solo no ano de 1999 foi de 178,5 t.ha⁻¹, atingindo valores de 186,75 t.ha⁻¹ e obtendo um IPA (incremento periódico anual) da ordem de 0,75 t.ha⁻¹.ano⁻¹. Dessa forma, as estimativas de carbono estocado no fragmento avaliado foram de 74,07 t.ha⁻¹, atingindo, após uma década, 77,53 t.ha⁻¹.

MOGNON et al. (2013) concluíram que a floresta mostrou, nas condições vigentes, baixa capacidade em fixar carbono, com um IPA da ordem de $0,31 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$.

WEBER et al. (2005) apresentaram resultados obtidos pela estimativa volumétrica de biomassa e carbono de uma parcela permanente instalada em um fragmento da Floresta Ombrófila Mista, integrante do “Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração” (PELD), localizada na Estação Experimental da Universidade Federal do Paraná em São João do Triunfo, estado do Paraná.

A parcela compreende 1 hectare, de forma quadrada (100 x 100 metros) e seu interior subdividido em subparcelas de 10 x 10 metros. Os dados de cap foram coletados por meio de medições anuais, durante o período de 1997 a 2005, e analisados em períodos de dois anos.

A partir destes dados foram estimadas as seguintes variáveis: área basal (m^2), peso verde (kg), peso seco (kg), estoque de carbono (kg) e IPA volumétrico. De acordo com a localização de cada árvore medida dentro da parcela foram gerados mapas temáticos da distribuição espacial e do estoque de carbono total e por subparcela com a utilização do software de geoprocessamento ArcView 3.1.

Os resultados mostraram que o volume total inicial estimado da parcela foi de 524 m^3 , aumentando em $36,4 \text{ m}^3$ durante oito anos e apresentando um IPA médio de $4,5 \text{ m}^3/\text{ha}.\text{ano}^{-1}$.

A análise do estoque de carbono revelou que a parcela incorpora cerca de 1,5 tonelada de carbono anualmente e imobiliza atualmente cerca de 104 toneladas de carbono. Os mapas de carbono ilustraram uma distribuição heterogênea, concentrando altos valores em indivíduos de grande porte, mas pouco frequentes.

SOCHER (2004) realizou uma análise da dinâmica da vegetação entre os anos de 2001 e 2003, pela remedição de 20 parcelas permanentes e sua avaliação quanto a mudanças na florística, fitossociologia, distribuição diamétrica, crescimento (incremento), ingresso (recrutamento) e mortalidade, além da simulação do comportamento das variáveis densidade e dominância com o uso de matrizes de transição.

Outro objetivo dessa pesquisa foi a realização de um levantamento de biomassa, que contemplou a vegetação arbórea (folhas, frutos e sementes, galhos finos, galhos grossos, epífitas vasculares e avasculares, madeira e casca), regeneração (folhas, galhos, madeira e casca), herbácea (parte aérea e raízes) e serapilheira, havendo áreas amostrais diferentes para cada um destes compartimentos.

Com base em algumas variáveis coletadas também foi possível testar e reajustar modelos matemáticos capazes de estimar a biomassa seca. Poucas mudanças foram constatadas na composição florística e fitossociológica da comunidade no período compreendido entre as medições (2 anos).

SOCHER (2004) observou nesse estudo um crescimento em área basal de $2,22\text{m}^2/\text{ha}$ ($1,11\text{m}^2/\text{ha}/\text{ano}$) e, aproximadamente, $0,13\text{ cm}/\text{fuste}/\text{ano}$ em diâmetro, valor abaixo do encontrado em outros trabalhos em diferentes tipologias florestais.

Os ingressos representaram um acréscimo em área basal de $0,20\text{m}^2/\text{ha}/\text{ano}$ período, correspondendo um aumento de $2,34\%$ no número de fuste e $2,31\%$ no de indivíduos.

O percentual de mortalidade ficou em $6,04\%$ do fuste e $3,27\%$ dos indivíduos, correspondendo a $1,26\text{m}^2/\text{ha}$ em dois anos. Como resultado de biomassa obteve-se um valor em torno de $195,5\text{ t}/\text{ha}$, com a vegetação arbórea correspondendo a $86,88\%$ deste valor, seguida da regeneração acima de $1,30\text{m}$ de altura ($10,27\%$), serapilheira ($2,23\%$), regeneração abaixo de $1,30\text{m}$ de altura ($0,39\%$) e herbáceas ($0,23\%$).

4. MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do trabalho foram utilizados dados de parcelas permanentes pertencentes ao programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (PELD) – Sitio9 (Floresta com araucária e suas transições), instaladas na estação experimental da Universidade Federal do Paraná no município de São João do Triunfo - sul do estado do Paraná, Brasil.

4.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A estação experimental do município de São João do Triunfo está localizada a cerca de 125 km da capital, Curitiba, sob coordenadas geográficas 25°34'18" S e 50°05'56" W, a 780 m de altitude.

De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da região é do tipo Cfb, caracterizado por ser mesotérmico, sempre úmido e com verões brandos. Com dados climáticos obtidos nas estações meteorológicas do IAPAR (Instituto Agrônômico do Paraná) próximas à área de estudo, DURIGAN (1999) relata que a temperatura média do ar é de 17,4°C, umidade relativa média de 80,1% e precipitação média de 1.615 mm.

Segundo LONGHI (1980), baseado num levantamento realizado na área, o solo predominante é do tipo Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, sendo encontrado também em pequena proporção Cambissolo distrófico álico. DURIGAN (1999) identificou a ocorrência de Latossolo Vermelho-Escuro e Latossolo Vermelho-Amarelo, além de Cambissolos e Neossolos Litólicos.

Segundo a classificação proposta pelo IBGE (1992), a tipologia vegetal dominante na área é a Floresta Ombrófila Mista Montana. Em algumas partes da área experimental, apesar da floresta não ter sofrido cortes rasos, sofreu algumas intervenções, que podem ser constatadas em SCHAAF (2001).

4.2. ORIGEM DOS DADOS

Os dados utilizados neste trabalho advêm de quatro parcelas permanentes instaladas em 1995 e avaliadas anualmente conforme especificações de Sanquetta (2008): A área total de estudo corresponde a 3,5

hectares, ou seja, três parcelas de um hectare (100 m x 100 m) e uma com 0,5 hectare, que foram divididas em 100 e 50 subparcelas de 100 m² (10 m x 10 m), respectivamente.

As parcelas foram marcadas com piquetes de PVC (policloreto de polivinila) e os cantos das sub-parcelas (10 x 10 m) também foram marcados. Todas as árvores com DAP (diâmetro à 1,30 m de altura) maior ou igual a 10 cm foram identificadas, pintadas na altura de medição e numeradas com etiquetas.

No levantamento dos dados foi obtido o número de indivíduos e a identificação de cada um para: gênero, família botânica e espécie. A maioria dos indivíduos encontrados foi identificada *in loco*, e para os não identificados, procedeu-se a coleta de ramos para a posterior determinação. As espécies foram classificadas dentro das famílias reconhecidas pelo sistema *Angiosperm Phylogeny Group* III (APG III, 2009).

A circunferência à altura do peito (1,30m) de todas as árvores foi medida anualmente no período avaliado, sempre no inverno (mês de julho), utilizando-se fita métrica (precisão de milímetros). Árvores mortas, bem como os indivíduos que passaram a atingir o tamanho mínimo de medição a cada ocasião (ingressos), foram registradas e computadas. Para o presente trabalho foram utilizados dados referentes ao ano de 1995 a 2012, 17 anos de monitoramento.

4.3. TRATAMENTOS DOS DADOS

Para a obtenção da altura total foi utilizada a equação 1 para espécie *A. angustifolia* e a equação 2 outra para as demais espécies conforme RATUCHNE (2010).

- Para a espécie *A. angustifolia*:

$$HT = 15,84375 - 36,98530(1/dap) + 0,13460dap \quad \text{[equação 1]}$$

- Para as demais espécies:

$$HT = -2,11355 + 5,66076 \ln(dap) \quad \text{[equação 2]}$$

Sendo:

HT = altura total, em metros; e

dap = diâmetro à altura do peito, em centímetros.

A estimativa da biomassa foi realizada através da equação proposta por Ratuchne (2010) (equação 3), sendo que:

$$B = -3,025dap + 0,425 dap^2 + 0,006(dap^2 ht) \quad \text{[equação 3]}$$

B = Biomassa, em quilogramas;

dap =diâmetro a altura do peito, em centímetros; e

ht =altura total, em metros.

A partir dos teores de carbono da biomassa determinados por WATZLAWICK et al. (2011), (equação 4) foi realizada a estimativa do carbono, através da equação 4:

$$C = B * TC_i \quad \text{[equação 4]}$$

C = carbono, em quilogramas;

B =biomassa, em quilogramas; e

TC_i = teor de carbono para uma determinada espécie, sendo 42,6% para a espécie *A. angustifolia*, 40,7% para as espécies da família Lauraceae e 41,1% para as demais.

A dinâmica dos estoques de biomassa e do carbono foi realizada para o geral da floresta, para os grupos, para as famílias, para as espécies e para as classes diamétricas conforme descrito a seguir:

Biomassa e Carbono total; entre grupos; famílias; espécies e classes diaméricas: Refere-se ao acúmulo de biomassa e carbono ocorrido para os indivíduos mensurados no ano de 1995 e 2012, mensurados através das equações 5 e 6:

$$ABC_{T; gi; fi; ei; di} = BC_{T; gi; fi; ei; di} 2012 - BC_{T; gi; fi; ei; di} 1995 \quad \text{[equação 5]}$$

$$TBC_{T; gi; fi; ei; di} (\%) = \frac{ABC_{T; gi; fi; ei; di}}{17} 100 \quad \text{[equação 6]}$$

ABC_T = dinâmica em biomassa ou carbono total, em quilogramas;

BC_{T1995} = estoque de biomassa ou carbono total no ano de 1995 em quilogramas;

BC_{T2012} = estoque de biomassa ou carbono total no ano de 2012, em quilogramas;

$TBC_{T(\%)}$ =taxa de biomassa ou carbono total anual, em porcentagem.

A divisão das espécies em grupos foi proposta para facilitar a comparação de vários trabalhos já conduzidos. Assim, as espécies foram separadas em três grupos (propostos por SANQUETTA et al., 2003):

- Grupo das Araucárias: constituído dos indivíduos da espécie *A. angustifolia*;
- Grupo das Canelas: indivíduos da família Lauraceae;
- Grupo Outras: demais espécies arbóreas.

ABC_{gi} = dinâmica em biomassa e carbono de um dado grupo “i”, em quilograma;

BC_{gi2012} = estoque de biomassa ou carbono no ano de 2012 de um dado grupo “i”; em quilogramas;

BC_{gi1995} = estoque de biomassa ou carbono no ano de 1995 de um dado grupo “i”, em quilogramas;

$TBC_{gi(\%)}$ = taxa de biomassa ou carbono de um dado grupo “i” anual, em porcentagem.

ABC_{fi} = dinâmica da biomassa e carbono de uma dada família “i”, em quilogramas;

BC_{fi1995} = estoque de biomassa ou carbono no ano de 1995 de uma dada família “i”, em quilogramas;

BC_{fi2012} = estoque de biomassa ou carbono no ano de 2012 de uma dada família “i”, em quilogramas;

$TBC_{fi(\%)}$ = taxa de biomassa ou carbono de uma dada família “i” anual, em porcentagem.

ABC_{ei} = dinâmica de biomassa e carbono de uma dada espécie “i”, em quilograma;

BC_{ei1995} = estoque de biomassa ou carbono no ano de 1995 de uma dada espécie “i”, em quilograma;

BC_{ei2012} = estoque de biomassa ou carbono no ano de 2012 de uma dada espécie “i”, em quilograma;

$TBC_{ei(\%)}$ = taxa de biomassa ou carbono de uma dada espécie “i” anual, em porcentagem.

Para análise do acúmulo em biomassa e carbono através da estrutura diamétrica, considerou-se a frequência dos diâmetros em classes de amplitude de 10 cm (10-20cm; 20-30cm;...; e >100 cm). Dessa maneira, a

biomassa e carbono refere-se ao acúmulo ocorrido dentro das classes diamétricas avaliadas.

ABC_{di} = dinâmica da biomassa e carbono de uma dada classe diamétrica “i”, em quilogramas;

BC_{di1995} = estoque de biomassa ou carbono no ano de 1995 de uma dada classe diamétrica “i”, em quilogramas;

BC_{di2012} = estoque de biomassa ou carbono no ano de 2012 de uma dada classe diamétrica “i”, em quilogramas; e

$TBC_{di(\%)}$ = taxa de biomassa ou carbono de uma dada classe diamétrica “i” anual, em porcentagem.

Para o cálculo das taxas anuais de árvores vivas, utilizaram-se os valores de biomassa e carbono somente de árvores identificadas com status vivas, observados em campo. E para a taxa anual de árvores mortas, seguiu-se o mesmo princípio.

Distribuição espacial

Com base nas coordenadas de cada parcela foram gerados mapas temáticos da distribuição espacial do estoque de biomassa e carbono software de geoprocessamento ArcGis 9.3, tendo como objetivo visualizar a distribuição espacial da biomassa e carbono total no conjunto de dados das quatro parcelas denominadas Araucária, Imbuia, Fogo e Rio.

Para tal representação, realizou-se o somatório do estoque de biomassa e carbono em cada subparcela e foi aplicada uma simbologia gráfica para cada classe avaliada.

As classes adotadas por esse trabalho foram: 0-500 kg.100m⁻²; 500,1 -2000 kg.100m⁻²; 2000,1-4000 kg.100m⁻²; 4000,1-6000 kg.100m⁻² e maior que 6000 kg.100m⁻² e para a avaliação de carbono utilizaram-se as classes: 0-250 kg.100m⁻²; 250,1-1000 kg.100m⁻²; 1000,1-2000 kg.100m⁻²; 2000,1-3000 kg.100m⁻² e maior que 3000 kg.100 m⁻².

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A biomassa total média estocada em árvores vivas foi de 174,5 t.ha⁻¹ para o ano de 1995 e de 235,4 t ha⁻¹ para 2012, ou seja, um aumento de biomassa da ordem de 3,58 t.ha⁻¹ano⁻¹ (nas árvores vivas no período). O estoque de carbono nas árvores vivas, para o ano de 1995 foi de 73,14 t ha⁻¹ para o ano de 1995 e 98,66 t.ha⁻¹ para o ano de 2012, o que corresponde a uma taxa de 1,49 t.ha⁻¹ano⁻¹.

Resultados com valores bastante próximos foram observados por WEBER et al. (2005), onde o incremento observado por estes autores também foi de 1,5 t.ha⁻¹ano⁻¹ para a mesma Floresta em estudo no período de 1997 a 2005, sendo o estoque de biomassa de 252,38 toneladas por hectare e de carbono de 104,32 toneladas por hectare no último ano estudado.

Nesta mesma tipologia florestal, em General Carneiro – PR, MOGNON (2011) estimou a biomassa e o carbono, respectivamente, em 186,75 t ha⁻¹ e 77,53 t ha⁻¹ no último ano de mensuração de sua pesquisa (em 2009), com incremento anual de acúmulo de biomassa e carbono em árvores vivas inferior, respectivamente, de 0,75 e 0,31 t/ha/ano.

Ainda neste mesmo local, porém em outras parcelas, WATZLAWICK et al. (2002), encontraram para diferentes estágios sucessionais: inicial, médio e avançado, respectivamente, 69,37, 168,84 e 397,79 t.ha⁻¹ de biomassa, e 28,84, 70,23 e 165,02 t.ha⁻¹ de carbono por hectare. Atentando para os resultados desse e de outros trabalhos, pode-se induzir que a floresta desse estudo se encontra em estágio médio tendendo ao avançado, quando comparados seus estoques aos valores referenciados em literatura.

Em outras tipologias florestais, como em florestas primárias na Floresta Amazônica, próxima a Manaus, HIGUCHI e CARVALHO Jr (1994) observaram 378,93 t de biomassa por hectare (em indivíduos com ≥ 5 cm de DAP). Na mesma região, Nascimento e Laurance (2002) encontraram 325,51 t.ha⁻¹ de biomassa (em indivíduos com ≥ 10 cm de DAP), ou seja, estoques maiores ao observado neste estudo.

PAULA et al. (1998) na vegetação de uma região do Cerrado no estado do Maranhão, encontraram valores de biomassa (em indivíduos com ≥ 5 cm de DAP) bem menores aos aqui observados, na ordem de $31,63 \text{ t.ha}^{-1}$.

BRUN (2004), em uma Floresta Estacional Decidual Secundária, no município de Santa Tereza, Rio Grande do Sul, estimou a biomassa em $157,6 \text{ t/ha}$. Já em outra Floresta Estacional Decidual em Itaara – RS, VOGEL et al. (2006) encontraram 210 t.ha^{-1} , valores que estão dentro da faixa encontrada neste estudo.

Entre os grupos, o das Araucárias, em todos os anos, apresentou o maior estoque de biomassa e carbono, seguido do grupo Outras e por fim o grupo Canelas (espécies da família Lauraceae).

Estes grupos, respectivamente, apresentaram média de 52%, 29% e 19% para o período estudado (1995 até 2012) de participação no estoque de biomassa e 53%, 29% e 18% para o estoque de carbono para o mesmo período. As pequenas diferenças em relação ao estoque de biomassa observadas devem-se aos diferentes teores de carbono utilizados para cada grupo.

MOGNON (2011) na mesma tipologia florestal deste estudo, no município de General Carneiro, observou que em média 36% do total da biomassa da floresta era representada pelo grupo da Araucária, 32% das Brancas (demais espécies) e 32% pelo grupo das Canelas. A diferença observada em relação ao presente trabalho deve-se a densidade de indivíduos dos diferentes grupos, em que neste trabalho foi maior para o grupo das Araucárias e menor para o grupo das Canelas, em relação ao encontrado pelo autor acima.

Em 1995 o grupo Araucária apresentou estoque de biomassa de $102,5 \text{ t ha}^{-1}$, o grupo Outras com $66,3 \text{ t.ha}^{-1}$ e por fim segue canelas com 42 t.ha^{-1} . Já em 2012, esses grupos apresentaram, na mesma ordem de grupos citada, $126,8 \text{ t.ha}^{-1}$, $68,3 \text{ t.ha}^{-1}$ e $40,7 \text{ t.ha}^{-1}$. Para o carbono, observou-se $43,7 \text{ t.ha}^{-1}$; $27,3 \text{ t.ha}^{-1}$ e $17,1 \text{ t.ha}^{-1}$ em 1995 e 54 t.ha^{-1} , $28,1 \text{ t.ha}^{-1}$ e $16,6 \text{ t.ha}^{-1}$ em 2012 para Araucária, Outras e Canelas, respectivamente

O incremento total em biomassa entre o período estudado foi na ordem de $+1,43 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ para o grupo das Araucárias, $+0,12 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ para as Outras e $-0,07 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ para Canelas e para carbono o incremento entre

1995 e 2012 foi de $+1,17 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ para o grupo das Araucárias, $0,01 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ para as Outras e $-0,01 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ para Canelas.

Considerando apenas as mudanças de biomassa nas árvores vivas, notou-se um incremento de biomassa de $+1,5 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, $+1,3 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ e $+0,75 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ e para o carbono $+0,65 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, $+0,54 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ e $+0,31 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ aos grupos: Araucária, Outras e Canelas, respectivamente (Figura 1).

Avaliou-se ainda a contribuição da mortalidade na dinâmica da biomassa e carbono seguindo os resultados, para a biomassa: Araucária com $-0,09 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, Outras com $-1,19 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ e Canelas com $-0,83 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$. Para o carbono, a contribuição da mortalidade foi: Araucária com $-0,04 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, Outras com $-0,49 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ e Canelas com $-0,34 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$.

MOGNON (2011) encontrou para estes grupos, respectivamente, taxas de biomassa de 0,48, -0,03 e 0,3 $\text{t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, ou seja, a floresta em estudo não segue a mesma tendência, evidenciando estar em mudanças de outra ordem em relação ao estudo comparativo.

Em relação ao carbono, a taxa de acúmulo foi na ordem de $0,61 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ para o grupo das Araucárias, $0,37 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ para Canelas e $0,05 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ para o grupo das Outras. Ainda, considerando árvores vivas e ingressas no período, a mudança foi na ordem de $0,6 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ de carbono para o grupo das Araucárias, $0,69 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ para Canelas e $0,5 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ para as Outras.

As famílias que tiveram a maior participação no estoque de biomassa e carbono foram Araucariaceae e Lauraceae. A família Araucariaceae apresentou $102,47 \text{ t.ha}^{-1}$ de biomassa no ano de 1995, correspondendo 48,63% da biomassa total e de $43,65 \text{ t.ha}^{-1}$ de carbono sendo 49,62% do carbono total. No ano de 2012, essa família continua apresentando em torno da metade de biomassa e carbono total com $126,82 \text{ t.ha}^{-1}$ de biomassa (53,78% da biomassa total) e $54,02 \text{ t.ha}^{-1}$ de carbono (54,76% do carbono total).

A família Lauraceae apresentou um quadro também bastante significativo em relação às demais famílias. No ano de 1995, com $41,95 \text{ t.ha}^{-1}$ de biomassa representa 19,91% da biomassa total e com $17,07 \text{ t.ha}^{-1}$ de carbono representando 19,41% do carbono total. Em 2012, essa família

apresentou 40,68 t.ha⁻¹ de biomassa (17,25% da biomassa total) e 16,56 t.ha⁻¹ de carbono (16,79% do carbono total). Estas duas famílias, Araucariaceae e Lauraceae, juntas apresentam em torno de 70% de biomassa e do carbono total fixado.

Ainda, merece destaque a família Sapindaceae, que foi a terceira família apresentar maior biomassa, com 14,27 t.ha⁻¹ em 1995, mantendo esse valor em 2012 e para o carbono resultou 5,86 t.ha⁻¹ em 1995, igualmente em 2012. Porém vale ressaltar que esta família apresenta apenas em torno de 6,3% da biomassa total e também do carbono total durante o período estudado.

Araucariaceae e Lauraceae apresentaram também as maiores incrementos anuais de estoque de biomassa e do carbono fixado em árvores vivas. A família Araucariaceae apresentou 1,52 t.ha⁻¹.ano⁻¹ e 0,65 t.ha⁻¹.ano⁻¹ para biomassa e carbono, respectivamente e a Lauraceae 0,76 t.ha⁻¹.ano⁻¹ e 0,31 t.ha⁻¹.ano⁻¹ de biomassa e carbono, respectivamente. A Figura 2 relata bem a predominância dessas famílias em relação as demais. A família Myrtaceae apresentou, em terceiro lugar, incremento de 0,19 t.ha⁻¹.ano⁻¹ e 0,08 t.ha⁻¹.ano⁻¹ de biomassa e carbono, respectivamente.

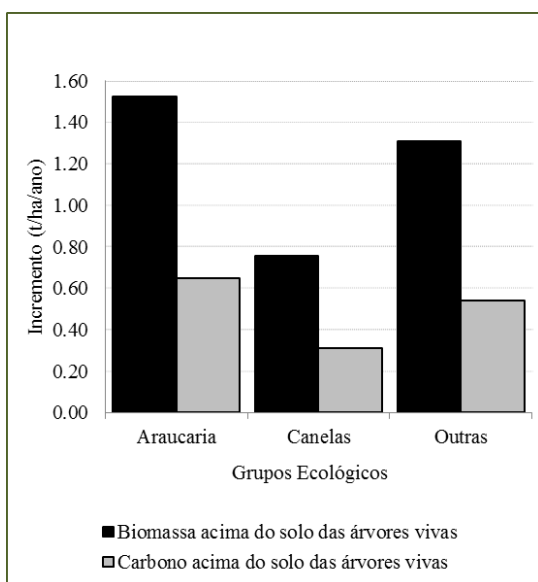


Figura 1 – Incremento em biomassa e carbono de árvores vivas em toneladas por hectare distribuídas por grupo no período entre 1995 e 2012.

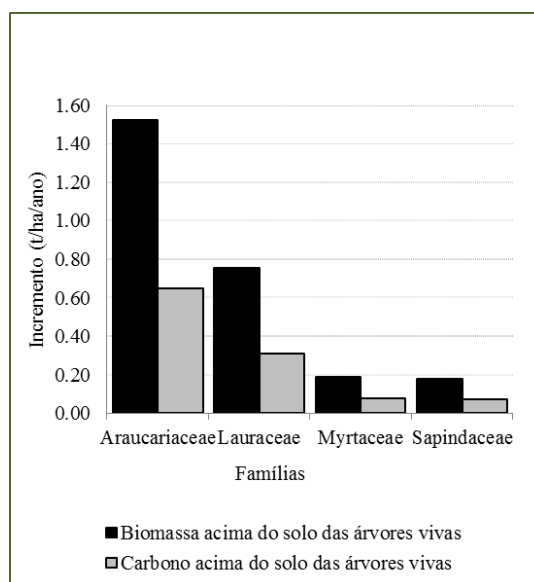


Figura 2 – Incremento em biomassa e carbono de árvores vivas em toneladas por hectare das principais famílias no período entre 1995 e 2012.

Avaliou-se também a contribuição das famílias em relação a dinâmica da biomassa e do carbono pela mortalidade. Assim, as taxas anuais de mortalidade das famílias que mais se destacaram são descritas na tabela abaixo:

TABELA 1: TAXAS ANUAIS DE MORTALIDADE DE BIOMASSA E CARBONO POR FAMÍLIA:

| Família | Biomassa (t.ha ⁻¹ .ano ⁻¹) | Carbono (t.ha ⁻¹ .ano ⁻¹) |
|---------------|---|--|
| Lauraceae | -0,83 | -0,34 |
| Aquifoliaceae | -0,37 | -0,15 |
| Sapindaceae | -0,17 | -0,07 |
| Anacardiaceae | -0,12 | -0,05 |
| Canellaceae | -0,10 | -0,04 |

Ao longo do período estudado, algumas famílias deixaram de acumular biomassa e carbono, devido à mortalidade de indivíduos e também pela baixa taxa de crescimento dos indivíduos ingresso, como é o caso das famílias: Lauraceae, Canellaceae, Rubiaceae, Aquifoliaceae, Anacardiaceae, Asteraceae e Primulaceae.

Na floresta, a espécie com o maior acúmulo de biomassa foi *A. angustifolia*, que representou média de 52% do estoque total de biomassa. Ainda merecem destaque as espécies *Ocotea porosa*, *Matayba elaeagnoides* e *Nectandra grandiflora* que apresentaram respectivamente, médias de, 7,45%, 6,02% e 4% do total do estoque total de biomassa. Para o carbono *A. angustifolia* destacou-se com média de 53%. *Ocotea porosa*, *Matayba elaeagnoides* e *Nectandra grandiflora* apresentaram, respectivamente, média de 7,25%; 6% e 3,9% do estoque de carbono total. Os dados em t.ha⁻¹ estão na tabela 2:

TABELA 2: ESTOQUES DE BIOMASSA E CARBONO POR ESPÉCIE EM 1995 E 2012:

| Espécie | Biomassa t.ha ⁻¹ (1995) | Carbono t.ha ⁻¹ (1995) | Biomassa t.ha ⁻¹ (2012) | Carbono t.ha ⁻¹ (2012) |
|------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| <i>A. angustifolia</i> | 102,47 | 43,65 | 126,82 | 54,02 |
| <i>Ocotea porosa</i> | 15,71; | 6,39 | 17,30 | 7,04 |
| <i>Matayba elaeagnoidese</i> | 13,16 e | 5,41 | 13,25 | 5,45 |
| <i>Nectandra grandiflora</i> | 6,42 | 2,61 | 11,34 | 4,62 |

MOGNON (2011), através de uma analogia dentro de cada grupo, destacou as espécies *Araucaria angustifolia*, *Ilex paraguariensis* e *Ocotea porosa*, como sendo as mais representativas no acúmulo de biomassa para sua área de estudo.

A mesma situação aplica-se para o carbono fixado, em que a espécie com o maior acúmulo foi *A. angustifolia*, que representou em média

53,12% do estoque. As outras espécies de destaque, *Ocotea porosa*, *Matayba elaeagnoides*, *Nectandra grandiflora* e *Ocotea puberula* participaram em média em 7,13%, 5,79%, 4,14% e 3,86% do total do carbono, respectivamente.

Em termos de incremento anual de biomassa, a espécie *A. angustifolia* foi superior às demais, na ordem de 1,43 t.ha⁻¹. Outras espécies que apresentaram os maiores incrementos foram *Nectandra grandiflora*, *Prunus brasiliensis* e *Ocotea porosa*, respectivamente com 0,29; 0,10 e 0,09 t.ha⁻¹ de biomassa. Algumas espécies, tais como *Ocotea puberula*, *Ilex brevicuspis*, *Gochnatia polymorpha*, dentre outras, reduziram o estoque de biomassa em árvores vivas, em razão da mortalidade e do pouco ou até mesmo nenhum ingresso.

Avaliando as árvores vivas pode-se constatar uma maior taxa anual entre 1995 e 2012 de biomassa para a espécie com 1,52 t.ha⁻¹.ano⁻¹ e para o incremento anual do carbono, *A. angustifolia* fica à frente das demais espécies com 0,65 t.ha⁻¹.ano⁻¹, conforme a tabela 3:

TABELA 3: TAXAS ANUAIS DE MORTALIDADE DE BIOMASSA E CARBONO POR ESPÉCIE:

| Espécie | Biomassa t.ha ⁻¹ .ano ⁻¹ | Carbono t.ha ⁻¹ .ano ⁻¹ |
|-------------------------------|--|---|
| <i>Araucaria angustifolia</i> | 1,52 | 0,65 |
| <i>Nectandra grandiflora</i> | 0,34 | 0,14 |
| <i>Matayba elaeagnoides</i> | 0,15 | 0,06 |
| <i>Ocotea porosa</i> | 0,13 | 0,05 |
| <i>Prunus brasiliensis</i> | 0,12 | 0,05 |
| <i>Ilex paraguariensis</i> | 0,12 | 0,05 |

Considerando somente as árvores identificadas como mortas destacaram-se *O. puberula*, *I. brevicuspis*, *M. elaeagnoides* e *Capsicodendron dinisii*, com os seguintes e respectivos incrementos: para a biomassa -0,5, -0,25, -0,14 e -0,10 t.ha⁻¹.ano⁻¹ e para o carbono -0,2, -0,10, -0,06 e -0,04 t.ha⁻¹.ano⁻¹.

A estrutura da distribuição de biomassa e carbono por classe diamétrica da floresta não apresentou a típica distribuição em forma de “J”, apresentando uma distribuição irregular. Em termos gerais, as classes com centro de 5 a 55 cm de DAP apresentaram o maior estoque de biomassa e carbono.

No diagnóstico do estoque total de biomassa distribuída por classe diamétrica, verificou-se que as classes com centro de classes 35, 45 e 55 cm possuíam maior estoque de biomassa com respectivamente 33,08 t.ha⁻¹;

41,34 t.ha⁻¹ e 29,78 t.ha⁻¹ e também maiores estoques de carbono com 13,81 t.ha⁻¹, 17,37 t.ha⁻¹ e 12,51 t.ha⁻¹ no ano de 1995. No ano de 2012, a floresta estudada apresentou um estágio mais avançado, com estoques de biomassa e carbono, distribuídas entre as classes diamétricas, de forma um pouco mais homogênea conforme a tabela 4. (Figura 4 e 5).

TABELA 4: ESTOQUE DE BIOMASSA E CARBONO EM 2012 POR CLASSE DIAMÉTRICA

| Classe diamétrica (cm) | Biomassa (t.ha ⁻¹) | Carbono (t.ha ⁻¹) |
|------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| 15 | 33,49 | 9,59 |
| 25 | 31,32 | 12,02 |
| 35 | 31,61 | 13,81 |
| 45 | 43,85 | 17,37 |
| 55 | 28,70 | 12,51 |

Em relação ao incremento anual de biomassa as classes diamétricas mais representativas são de centro de classe de 15, 45 e 25 cm no que diz respeito a biomassa com valores respectivos de 0,60; 0,15 e 0,14, t.ha⁻¹.ano⁻¹ e em relação ao carbono encontra-se incrementos de valores, respectivamente, de 0,25; 0,07 e 0,06 t.ha⁻¹.ano⁻¹.

Em relação ao acúmulo anual de biomassa e carbono em árvores vivas, observou-se que as classes de centro 15, 25, 35, 55 e 75 cm de DAP, apresentaram as maiores taxas, o que reflete evidentemente a interação entre os fatores número de indivíduos, tamanho, posição fitossociológica e idade, dentro de cada classe. Na tabela 5, encontram-se os valores de incremento anual de biomassa e carbono para as classes diamétricas em destaque:

TABELA 5: INCREMENTO ANUAL DE BIOMASSA E CARBONO POR CLASSE DIAMÉTRICA

| Classe diamétrica (cm) | Biomassa (t.ha ⁻¹ .ano ⁻¹) | Carbono (t.ha ⁻¹ .ano ⁻¹) |
|------------------------|---|--|
| 15 | 0,62 | 0,26 |
| 25 | 0,63 | 0,26 |
| 35 | 0,38 | 0,16 |
| 55 | 0,80 | 0,34 |
| 75 | 0,73 | 0,31 |

As árvores que compuseram a última classe diamétrica apesar de não haver mortalidade ao longo do período o estoque de biomassa diminuiu, e isso deve-se ao fato da quebra de parte do tronco de um indivíduo. O fato, é que nas maiores classes diamétricas, a partir dos 80 cm de DAP, o acúmulo de biomassa e carbono em árvores vivas tende a diminuir, isso é uma situação esperada, por serem árvores antigas e já muitas estarem em fase senescentes, com crescimento muito reduzido.

Nas circunstâncias analisadas para as árvores mortas destacaram-se as classes com centro de classe diamétrica de: 15, 25 e 35 cm de DAP, apresentando incrementos de biomassa, respectivamente: $-0,33$, $-0,38$ e $-0,46$ $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ e incrementos de carbono, para as mesmas classes diamétricas, respectivamente de $-0,14$, $-0,16$ e $-0,19$ $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$.

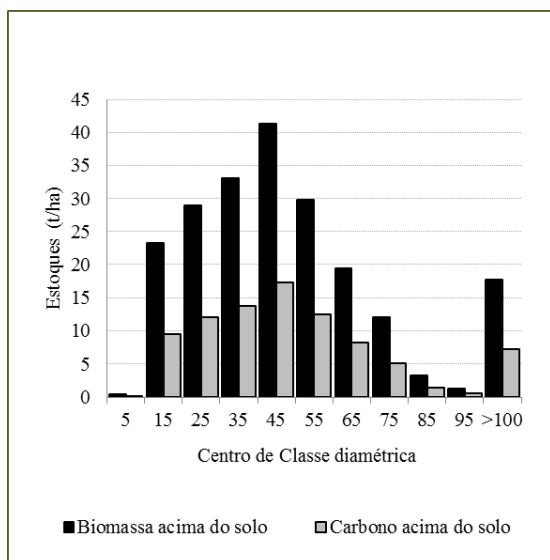


Figura 3: Estoque total de biomassa e carbono em toneladas por hectare, distribuído em classes diamétricas no ano de 1995.

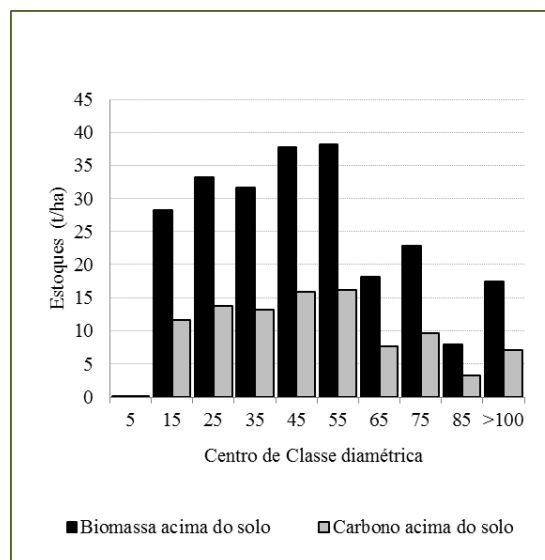


Figura 4: Estoque total de biomassa e carbono em toneladas por hectare, distribuído em classes diamétricas no ano de 2012.

Através da espacialização realizada foi possível observar que o estoque de biomassa e carbono não se distribuiu homogeneamente entre parcelas e entre subparcelas as amostras (Figura 5).

A Parcela Fogo apresentou maior homogeneidade dentre as quatro parcelas avaliadas, e foi detectada com a menor biomassa sendo $141,64$ $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ano de 1995 e de $182,8$ $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ em 2012, bem como, obteve menor estoque de carbono com $59,4$ $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ em 1995 e em 2012 de $76,6$ $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Já a parcela Imbuia apresentou a maior biomassa com $290,9$ $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ em 1995 e $279,1$ $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ em 2012. A parcela Imbuia apresentou também maior estoque de carbono com $120,2$ $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ em 1995 e $115,8$ $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ 2012.

Dentre as parcelas, as maiores concentrações foram percebidas onde nas subparcelas existe a constituição principalmente por indivíduos da espécie *A. angustifolia*. Nas demais parcelas que não contemplam esta espécie, a ocorrência de grandes quantidades de biomassa ocorreu principalmente pela presença de árvores de grande porte pertencente ao grupo Canelas.

Ao longo dos anos a frequência das sub-parcelas para as diferentes classes de conteúdo de carbono não foram as mesmas, dada esta estrutura em função do crescimento das árvores.

Para o ano de 1995 foi observado que dentre as cem subparcelas da parcela Araucária 7 subparcelas continham menos que 500 kg de biomassa estocada, 47 subparcelas continham entre 500 e 2000 kg, 39 subparcelas entre 2000 e 4000kg e 7 entre 4000 e 6000 kg. Já para o ano de 2012 esta relação foi de 6 subparcelas entre 0 e 500 kg, 41 entre 500 e 1000 kg, 38 entre 2000 e 4000 kg, 15 entre 4000 e 6000 kg (Figura 5a e 5b).

Na parcela Imbuia, observou-se 13 subparcelas entre 0 e 500 kg , 32 entre 500 e 1000 kg, 35 entre 2000 e 4000 kg, 10 entre 4000 e 6000 kg e 10 com mais de 6000 kg no ano de 1995 e em 2012 os resultados foram 19 subparcelas continham entre 0 e 500 kg, 32 entre 500 e 1000, 30% entre 2000 e 4000 kg e 8 entre 4000 e 6000 kg e 11 com mais de 6000 kg (Figura 5d e 5c).

Na parcela Fogo, observou-se 13 subparcelas entre 0 e 500kg, 60 entre 500 e 1000 kg, 27 entre 2000 e 4000 kg no ano de 1995 e em 2012 os resultados foram 5 entre 0 e 500 kg, 56 entre 500 e 1000 kg, 37 entre 2000 e 4000 kg e apenas 2 subparcelas entre 4000 e 6000 kg (Figura 5e e 5f).

Na parcela Rio, observou-se 8 subparcelas entre 0 e 500 kg, 22 entre 500 e 2000 kg, 16 entre 2000 e 4000 kg e 4 entre 4000 e 6000 kg no ano de 1995 e em 2012 os resultados foram 1 subparcela entre 0 e 500 kg, 18 entre 500 e 2000 kg, 24 entre 2000 e 4000 kg e 3 entre 4000 e 6000 kg e 4 com mais de 6000 kg (Figura 5g e 5h).

Em relação ao carbono foram observados no ano de 1995 na parcela Araucária 9 subparcelas entre 0 e 250 kg de carbono, 52 entre 250 e 1000 kg e 39 entre 1000 e 2000 kg. Para o ano de 2012 averiguou-se também 9 entre 0 e 250 kg, 47 entre 250 e 1000 kg, 38 1000 e 2000 kg e 6 entre 2000 e 3000 kg (Figura 6a e 6b).

Na parcela Imbuia analisou-se para o ano de 1995, 16 entre 0 e 250 kg de carbono, 44 entre 250 e 1000 , 24 entre 1000 e 2000 kg, 9 entre 2000 e 3000 kg e 7 com mais de 3000 kg. Para o ano de 2012 foi verificado 21 entre 0 e 250 kg, 40 entre 250 e 1000 kg, 23 entre 1000 e 2000 kg e 7 entre 2000 e 3000 kg e 9 com mais 3000 kg (Figura 6c e 6d).

Na parcela Fogo analisou-se para o ano de 1995, 18 subparcelas entre 0 e 250 kg de carbono, 69 entre 250 e 1000 kg, 13 entre 1000 e 2000 kg. Para o ano de 2012 foram verificadas 8 entre 0 e 250 kg, 68 entre 250 e 1000 kg, 24 entre 1000 e 2000 kg (Figura 6e e 6f).

Na parcela Rio analisou-se para o ano de 1995, 9 subparcelas entre 0 e 250 kg de carbono, 24 entre 250 e 1000 kg, 13 entre 1000 e 2000 kg, e 4 entre 2000 e 3000 kg. Para o ano de 2012 foi verificado 2 subparcelas entre 0 e 250 kg, 25 entre 250 e 1000 kg, 19 entre 1000 e 2000 kg e 4 entre 2000 e 3000 kg (Figura 6g e 6h). Essa dinâmica do estoque de biomassa e carbono observada através da espacialização evidencia que muitas subparcelas, ou propriamente a floresta, possui potencial para estocar mais carbono.

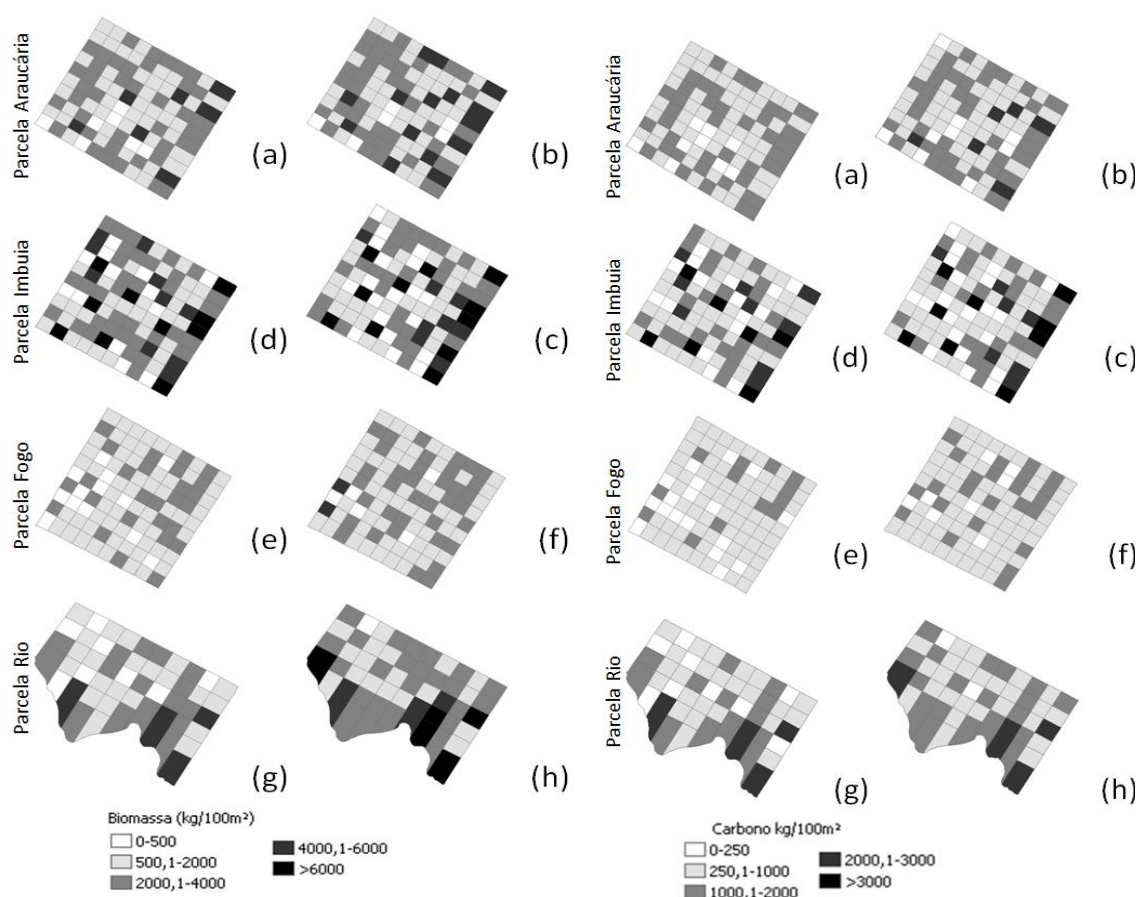


Figura 5: Distribuição espacial da biomassa em quilograma por 100m². a) parcela Araucária de 1995; b) parcela Araucária 2012; c) parcela Imbuia de 1995; d) parcela Imbuia 2012; e) parcela Fogo de 1995; f) parcela Fogo 2012; g) parcela Rio de 1995; h) parcela Rio 2012.

Figura 6: Distribuição espacial do carbono em quilograma por 100m². a) parcela Araucária de 1995; b) parcela Araucária 2012; c) parcela Imbuia de 1995; d) parcela Imbuia 2012; e) parcela Fogo de 1995; f) parcela Fogo 2012; g) parcela Rio de 1995; h) parcela Rio 2012.

6. CONCLUSÕES

A hipótese científica desse trabalho foi confirmada sendo que existem grupos, famílias e espécies, bem como, classes diamétricas, no teor de biomassa e carbono, que contribuem de maneira mais expressiva na dinâmica da biomassa e do carbono na Floresta Ombrófila Mista.

A biomassa total média em árvores vivas foi de 174,5 t.ha⁻¹ para o ano de 1995 e de 235,4 t.ha⁻¹ para 2012 e em relação ao estoque de carbono em árvores vivas, para o ano de 1995 foi de 73,14 t.ha⁻¹ para o ano de 1995 e 98,66 t.ha⁻¹ para o ano de 2012, resultando em uma mudança em biomassa e em carbono na Floresta estudada foi da ordem de 3,58 e 1,49 t.ha⁻¹, respectivamente.

O grupo das Araucárias é o que apresenta o maior estoque e maior taxa de acúmulo de biomassa e carbono, seguido das Outras e Canelas, e em relação as famílias, Araucariaceae e Lauraceae apresentam o maior estoque e taxa acúmulo de biomassa e carbono.

A espécie com o maior acúmulo é *A. angustifolia*, que representa em média 52% e 53% do estoque de biomassa e carbono, respectivamente. Também merecem destaque as espécies *N. grandiflora*, *P. brasiliensis* e *O. porosa* como sendo as mais representativas do estoque de biomassa e carbono na floresta.

A estrutura da distribuição diamétrica de biomassa e carbono por classe diamétrica demonstrou-se irregular e as classes de 10 a 60 cm de diâmetro à altura do peito apresentaram o maior estoque e taxa. Os estoques de biomassa e carbono se mostraram muito associados à presença de *A. angustifolia*.

O estoque de carbono não se distribui homogeneamente na forma espacial nas subparcelas. As maiores concentrações ocorrem nas subparcelas que são constituídas principalmente por indivíduos da espécie *A. angustifolia*, e nas demais parcelas, que não contemplaram esta espécie, a ocorrência de grandes quantidades de carbono ocorre principalmente pela presença de árvores de grande porte da família Lauraceae.

Dessa forma observamos subparcelas com grandes estoques isoladamente ao passo que subparcelas com menores acúmulos, tanto em

biomassa como em carbono, encontram-se agrupados indicando clareiras da floresta.

Ao longo dos anos a frequência das subparcelas para as diferentes classes de conteúdo de carbono não são as mesmas. Isso evidencia que muitas subparcelas, ou propriamente a floresta, possui potencial para estocar mais carbono através do crescimento florestal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL L. P.; FERREIRA R. A.; WATZLAWICK L. F.; GENÚ A. M. Análise da distribuição espacial de biomassa e carbono arbóreo acima do solo em floresta ombrófila mista. **Ambiência**, Guarapuava – PR, v.6 Ed. Especial, 103 – 114p.2010.

AVERY, E. T. & BURKHART, E. H. Forest measurements. New York: Mac Graw-Hill, 1983. 33 p.

APG –Angiosperm Phylogeny Group. 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161: 105-121.

BALBINOT, R.; VENDRUSCOLO, R.; MAFFRA, C. R. B.; WATZLAWICK L. F.; BREUNIG, F.M. Dinâmica do estoque de carbono em Floresta Ombrófila Mista Montana no Sul do estado do Paraná, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.8, n.15; p. 2012.

BARRETO, T. G.; CORTE, A. P. D.; MOGNON, F. RODRIGUES, A. L.; SANQUETTA, C.R. Dinâmica da biomassa e do carbono em fragmento urbano de Floresta Ombrófila Mista. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.18;p. 2014.

BRUN, E. J. Biomassa e nutrientes na Floresta Estacional Decidual, em Santa Tereza, RS. 136f. 2004. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS, 2004.

CIFLORESTAS. **Mecanismo de Sequestro de Carbono**. Disponível em <<http://www.ciflorestas.com.br/texto.php?p=carbono>> Acesso em 28 de maio de 2015.

DORMANN, C. F. Effects of incorporating spatial autocorrelation into the analysis of species distribution data. **Global Ecology and biogeography**, Oxford, v. 16, 129-138p. 2007.

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

HIGUCHI, N.; CARVALHO JUNIOR, J. A. de. Fitomassa e conteúdo de carbono de espécies arbóreas da Amazônia. In: EMISSÃO x sequestro de CO₂: uma nova oportunidade de negócios para o Brasil. Rio de Janeiro: **Anais...** 125-153p. 1994.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTAÍSTICA- IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: 1992. 92p. (Série Manuais Técnicos em Geociências, 1).

KLEIN, R. M. O aspecto dinâmico do pinheiro brasileiro. **Sellowia**, Itajaí, n. 12, p. 17-44, 1960

LONGHI, S. J. A estrutura de uma floresta natural de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, no sul do Brasil. Curitiba, 1980. 198f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1980.

MARTINELLI, L. A.; MOREIRA, M. Z.; BROWN, I. F.; VICTORIA, R. L. Incertezas associadas às estimativas de biomassa em florestas tropicais. In: SEMINÁRIO EMISSÃO x SEQÜESTRO DE CO₂-UMA NOVA OPORTUNIDADE DE NEGÓCIOS PARA O BRASIL, Rio de Janeiro: 1994, Anais. Rio de Janeiro: Companhia Vale do Rio Doce, 1994. p197-221.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Mata Atlântica. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/biomas/mata-atlantica>> Acesso em 201 de julho de 2015.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira – PROBIO, disponível em <<http://www.mma.gov.br>> Acessado em 17 de maio de 2013.

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. 142 p. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

MOGNON, F.; DALLAGNOL, F. S.; SANQUETTA C.R.; CORTE, A. P. D. BARRETO, T. G. Uma década de dinâmica da fixação de carbono na biomassa arbórea em Floresta Ombrófila Mista no sul do Paraná. *Revista Floresta*, v. 43, n. 1, p. 153 – 164. Curitiba – PR, 2013.

NASCIMENTO, H. E. M.; LAURANCE, W. F. Total aboveground biomass in central Amazonian rainforests: a landscape-scale study. **Forest Ecology and Management**, v. 168, p. 311-321, 2002.

OGAWA, H. & KIRA, T. Primary Productivity of Japanese Forests. In. *Productivity of Terrestrial Communities*, V.16. Tokyo, 1977.p.15-21 *apud* WENDLING, J. L. G. Modelos matemáticos de crescimento e de produção em biomassa para árvores de *Euterpe edulis* Mart. plantadas a céu aberto. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.

PARDÉ, J. Forest Biomass. In: Forestry Abstracts Review Article, volume 41, n 8., France, ago 1980. Station de Sylviculture et de Production, Centre National de Recherches Forestières, p 349; 350; 352 *apud* WENDLING, J. L. G. Modelos matemáticos de crescimento e de produção em biomassa para árvores de *Euterpe edulis* Mart. plantadas a céu aberto. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.

PAULA, J.E.; IMAÑA-ENCINAS, J.; SUGIMOTO, N. Levantamento quantitativo em três hectares de vegetação do cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 5, p. 613 – 620, 1998.

RATUCHNE, L. C. Ajuste e seleção de equações alométricas para a estimativa de biomassa, carbono e nutrientes em uma Floresta Ombrófila Mista. 102f. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia) – Setor de Ciências Agrárias, UNICENTRO/PR, Guarapuava, 2010.

SANQUETTA, C. R. Manual para Instalação e Medição de Parcelas Permanentes nos Biomas Mata Atlântica e Pampa. 1. ed. Curitiba, 2008.

SANQUETTA, C. R. et al. (Eds). **As Florestas e o Carbono**. Curitiba, p. 215-235, 2002.

SALATI, E. Emissão x Sequestro de CO₂ - Uma nova oportunidade de negócios para o Brasil *apud* WENDLING, J. L. G. Modelos matemáticos de crescimento e de produção em biomassa para árvores de *Euterpe edulis* Mart. plantadas a céu aberto. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.

SCHAAF, L. B. Florística, estrutura e dinâmica no período 1979-2000 de uma floresta ombrófila mista localizada no Sul do Paraná. Curitiba, 2001. 131f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

SOARES, V. P. **Estimativa do estoque de biomassa em um fragmento florestal usando imagens orbitais**. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa, MG, Brasil. 2014.

SOCHER, L. G. dinâmica e biomassa aérea de um trecho de floresta Ombrófila Mista Aluvial no município de Araucária, Paraná. **Dissertação**. (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

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

VOGEL, H. L. M.; SCHUMACHER, M. V.; TRUBY, P. Quantificação da biomassa em uma Floresta Estacional Decidual em Itaara, RS, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria-RS, v. 16, n. 4, p. 419-425, 2006.

WATZLAWICK, L. F.; EBLING, A. A.; RODRIGUES, A. L.; VERES, Q. J. I.; LIMA, A. M. de. Variação nos Teores de Carbono Orgânico em Espécies Arbóreas da Floresta Ombrófila Mista. **Floresta e Ambiente** 18(3): p 248-258. 2011.

WATZLAWICK, L. F.; KIRCHNER, F. F.; SANQUETTA, C. R.; SCHUMACHER, M. V. O Papel do Sensoriamento Remoto nos Estudos de carbono.

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

WENDLING, J. L. G. Modelos matemáticos de crescimento e de produção em biomassa para árvores de *Euterpe edulis* Mart. plantadas a céu aberto. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.

WOODS HOLE RESEARCH CENTER. **Guia de campo para estimativa de Biomassa Florestal e Estoque de Carbono**. Disponível em <http://www.whrc.org/resources/fieldguides/carbon/pdf/WHRC_FieldGuide_PortugueseSM.pdf> Acesso em 26 de maio de 2015.