

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE AMBIENTAL  
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

LORENE SANTOS DA SILVA

**LEVANTAMENTO DE ESTOQUE DE CARBONO DE UM  
FRAGMENTO FLORESTAL EM CORUMBATAÍ DO SUL - PR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2015

LORENE SANTOS DA SILVA

**LEVANTAMENTO DE ESTOQUE DE CARBONO DE UM  
FRAGMENTO FLORESTAL EM CORUMBATAÍ DO SUL - PR**

Trabalho de Conclusão de Curso do curso de Engenharia Ambiental, do Departamento Acadêmico de Ambiental (DAAMB), do Câmpus Campo Mourão, da universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Paulo Agenor Alves Bueno

Co-orientador: Prof. Dr. Edivando Vitor do Couto

CAMPO MOURÃO

2015



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Campus Campo Mourão  
Diretoria de Graduação e Educação Profissional  
Departamento Acadêmico de Ambiental - DAAMB  
Curso de Engenharia Ambiental



---

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

### **LEVANTAMENTO DE ESTOQUE DE CARBONO DE UM FRAGMENTO FLORESTAL EM CORUMBATAÍ DO SUL - PR**

por

**LORENE SANTOS DA SILVA**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 30 de novembro de 2015 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a banca examinadora considerou o trabalho APROVADO.

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. PAULO AGENOR ALVES BUENO

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. EDIVANDO VITOR DO COUTO

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. DÉBORA CRISTINA DE SOUZA

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. MARISTELA DENISE MORESCO MEZZOMO

*"O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental"*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecer a Deus em um único parágrafo parece ser uma missão quase impossível. Foi Ele que me amparou e caminhou junto comigo nesses longos anos de graduação. Foi Ele também que me encheu de força e vontade quando tudo parecia dar errado. Foi Ele que me ensinou a ter bravura pra enfrentar o desconhecido medo. Medo de morar longe, de largar a família e trilhar um caminho cheio de dificuldades. Agradeço a tudo que fez e que tem feito por mim, graças ao Teu amor, hoje enfim posso ver que cada lágrima de choro valeu a pena.

Agradeço aos meus pais, Luis Carlos e Rosélia, por me amarem, por sentirem a minha dor e saudade, que me incentivaram desde que saí de casa e por nunca deixarem faltar nada à mim. Obrigada pela dedicação, por cada ligação, por cada dinheiro extra no fim do mês, vocês são os meus heróis. A minha irmã, Danielle, por ser racional nos momentos de desespero, companheira e amiga. Ao meu sobrinho, Arthur, que transformava a tristeza em alegria. A todos vocês dedico essa realização.

Agradeço aos professores por participarem dessa trajetória, em especial ao meu orientador Paulo Agenor, pela orientação, amizade, paciência e conhecimento que me fizeram chegar até aqui. Aos demais professores do laboratório C101 por cada conversa e conselho. A professora Maristela que oferecia chocolate e nunca me dava, que me ajudou a chegar até aqui com palavras de consolo quando eu não parava de chorar.

Agradeço ao Diego e Erico que me ajudaram nas coletas e ao longo do TCC. Aos servidores da UTFPR, em especial, Cida e "Ben10" pela amizade feita nos corredores da universidade.

Agradeço a todos os meus amigos do Rio de Janeiro por não desistirem de mim, quando estive ausente. A "minha casa", Márcia, que juntas compartilhamos risos, segredos, frustrações e festas. E como fizemos festa.

Agradeço também xs amigxs dos grupos Blá Blá Blá, Sobreviventes, Amigos de Othman Qualidade, Bonde das Sofridas, Futsal Per e Bonde dos Bondes. Vocês sem dúvidas foram muito importantes para mim, cada momentos será guardado com muito carinho, saudade e choro. Sem choro não teria graça. A todos vocês meu muito obrigada.

## RESUMO

SILVA, Lorene S. **Levantamento de estoque de carbono de um fragmento florestal em Corumbataí do Sul – PR.** 2015. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2015.

Sequestro de carbono é o mecanismo de remoção e estocagem do dióxido de carbono, reduzindo-o na atmosfera. O dióxido de carbono faz parte dos chamados Gases do Efeito Estufa (GEE) que quando emitidos, promovem uma perturbação do balanço energético entre a terra e a atmosfera, acarretando em mudanças climáticas por meio do efeito estufa. Como o dióxido de carbono é o gás mais abundante dentre os GEE, tornou-se necessário aprimorar técnicas para quantificá-lo. Este trabalho teve como objetivo caracterizar a formação vegetal com relação a concentração de carbono de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual Montana. O estudo foi desenvolvido em uma propriedade particular, de 1500 m<sup>2</sup> divididos em 3 parcelas (A, B e C) com altitudes e declividades diferentes. Nas parcelas foram coletados DAP (Diâmetro Altura Peito) de indivíduos maiores que 2,5 cm, herbáceas e serrapilheira. Após as coletas, os dados foram separados e organizados em 5 estratos florestais: árvores vivas, árvores mortas em pé, árvores mortas caídas, herbáceas e serrapilheira. A biomassa coletada no local foi transportada em sacos devidamente identificados até as estufas a 40° do laboratório de Ecologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Campo Mourão para que seu peso se tornasse constante, esse processo variou de 3 a 4 dias de secagem. Os dados inventariados, foram usados nas equações alométricas, método indireto de quantificação que estima o teor de carbono por meio de cálculos e conversões a partir de diâmetros, comprimentos, peso seco e peso fresco dos indivíduos. Por essa metodologia adaptada de Arevalo et al. (2002), estimou-se num primeiro momento o total de biomassa e posteriormente o teor de carbono estocado. A parcela A obteve a maior quantidade de carbono estocado 60,83 t/ha, seguida pela parcela C com 29,94 t/ha e por último a parcela B com 17,46 t/ha. Juntas, as parcelas contribuíram para um total de 108,23 t/ha estimado ao ano que para um fragmento de floresta é expressivo de acordo com outras bibliografias.

**Palavras-chave:** Sequestro de Carbono. Floresta Estacional Semidecidual Montana. Equações Alométricas. Gases do Efeito Estufa.

## ABSTRACT

SILVA, Lorene S. **Carbon storage in a forest patch in Corumbataí do Sul – PR.** 2015. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2015.

Carbon sequestration is a mechanism for carbon dioxide removal and storage, thus reducing its quantity in the atmosphere. Carbon dioxide is part of the Green House Gases (GHG), known for disturbing the energetic balance between the earth and the atmosphere, causing climate changes through the greenhouse effect. Due to carbon dioxide major abundance among the GHG, it became necessary to improve techniques to quantify it. This paper has as an objective to characterize the vegetation relating it to the concentration of carbon in a mountain semideciduous seasonal forest patch. The study took place in a private property where approximately 1500 m<sup>2</sup> were used and divided in 3 portions (A, B and C) with different altitudes and slopes. For each portion, DBH (diameter at breast height) was measured from subjects bigger than 2,5 cm, herbs and litter. After every measurement, the data was separated and organized in 5 forest stratum: living trees, standing dead trees, fallen dead trees, herbs and litter. The collected biomass *in loco* was transported in bags properly labeled to a stove in the Ecology Laboratory at Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Campo Mourão so its weight became constant. Inventoried data were used in allometric equations, which is an indirect, quantification method to estimate carbon content through calculation and conversion of diameter, length, dry mass and fresh mass of each subject. Using this adapted methodology, it was estimated in a first moment the total of biomass and, afterwards, the content of stored carbon. Portion A had the greater quantity of stored carbon, 60,83 t/ha, followed by portion C, 29,94 t/ha and, lastly, portion B, 17,46 t/ha. Together, the three portion contributed to a total of 108,23 t/ha estimated for a year, which is considerably expressive for a forest patch.

**Keywords:** Carbon Sequestration. Semideciduous Seasonal Forest. Allometric Equations. Green House Gases.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1 – Ciclo do carbono no ecossistema. ....</b>	<b>12</b>
<b>Figura 2 - Localização das parcelas A, B e C cada uma com 20 x 25 m no fragmento florestal, o perfil topográfico e as atividades impactantes ao redor do fragmento: 1 – silvicultura, 2 – pecuária e 3 – atividade agrícola. ....</b>	<b>17</b>
<b>Figura 3 - Demonstração das parcelas para a coleta no ecossistema. ....</b>	<b>18</b>
<b>Figura 4 - Distribuição dos indivíduos em classes de diâmetro entre as parcelas A, B e C, onde a classe 1 varia de 5 a 10 cm, a classe 2 de 10,1 a 15, a classe 3 de 15,1 a 20, a classe 4 de 20,1 a 25, a classe 5 de 25,1 a 30, a classe 6 de 30,1 a 35, a classe 7. ....</b>	<b>21</b>
<b>Figura 5 - Distribuição dos indivíduos em classes de diâmetro entre as parcelas A, B e C, onde a classe 1 varia de 5 a 10 cm, a classe 2 de 10,1 a 15, a classe 3 de 15,1 a 20, a classe 4 de 20,1 a 25, a classe 5 de 25,1 a 30, a classe 6 de 30,1 a 35, a classe 7. ....</b>	<b>22</b>
<b>Figura 6 - Representação da concentração de carbono em cada parcela por estrato. ....</b>	<b>24</b>
<b>Figura 7 - Distribuição dos indivíduos em classes de diâmetro entre as parcelas A, B e C. A classe 1 varia de 5 a 10 cm, a classe 2 de 10,1 a 15, a classe 3 de 15,1 a 20, a classe 4 de 20,1 a 25, a classe 5 de 25,1 a 30, a classe 6 de 30,1 a 35, a classe 7 de 35. ....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 8 - Esquema de formação de clareira. ....</b>	<b>28</b>
<b>Figura 9 - Relação das altitudes médias com as parcelas e a declividade com o teor de carbono sequestrado. ....</b>	<b>30</b>
<b>Figura 10 - Relação da declividade com a quantidade de carbono sequestrado em todos os estratos dos fragmentos. ....</b>	<b>31</b>

## LISTA DE SIGLAS

BA = biomassa de árvores vivas e mortas em pé  
BACMP = biomassa total das árvores caídas mortas na parcela  
BAH = biomassa arbustiva e herbácea  
BAMP = biomassa de árvores vivas e mortas em pé  
BAMPP = biomassa de árvores mortas em pé dentro da parcela  
BAVT = biomassa total de árvores vivos em t/ha  
BH = biomassa da serrapilheira  
BTACM = biomassa total das árvores caídas mortas  
BTAMP = biomassa total de árvores mortas em pé  
BTAV = biomassa total na parcela  
BVT = biomassa vegetal total  
CBV = carbono na biomassa vegetal total  
CT = carbono total do SUT  
DAP= diâmetro da altura do peito DAP (cm)  
L = comprimento da árvore (m)  
PFM = peso fresco da amostra coletada  
PFT = peso fresco total por metro quadrado  
PSM = peso seco da amostra coletada



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>10</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	10
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	10
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>11</b>
3.1 CICLO DO CARBONO .....	11
3.2. MUDANÇAS CLIMÁTICAS.....	12
3.3 SEQUESTRO DE CARBONO .....	13
3.4 FRAGMENTOS FLORESTAIS .....	14
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>16</b>
4.3 DETERMINAÇÃO DO CARBONO NA BIOMASSA VEGETAL .....	20
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>21</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>32</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>33</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A mudança climática é o fenômeno associado à degradação dos recursos naturais, entre eles o desmatamento, o uso inadequado do solo, a queima de combustíveis fósseis e outras atividades antrópicas que conduzem à emissão de gases para a atmosfera como o dióxido de carbono, metano e óxido nitroso, chamados de Gases de Efeito Estufa (GEE) (WOOMER et al., 2000).

Os componentes dos GEE ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  e os clorofluorcarbono) são capazes de absorver radiações de ondas longas. As quais são emitidas pela atmosfera e pela superfície terrestre, ocasionando o aquecimento da mesma (WATZLAWICK, 2003).

O aumento da concentração de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), implica na intensificação do efeito estufa, já que do ponto de vista quantitativo é o maior responsável pelo processo. A resultante desse efeito é a perturbação do balanço energético entre a terra e a atmosfera, acarretando em mudanças climáticas no planeta (SALATI, 1994; VICTORIA et al., 1994).

Os ecossistemas terrestres que compreendem a vegetação e o solo são considerados sumidouros de carbono. O manejo apropriado da biosfera terrestre, particularmente do solo, pode resultar em significativa redução no aumento dos gases de efeito estufa (MACHADO, 2005).

Os estudos de quantificação de biomassa podem ser realizados por meio de métodos diretos: as árvores são cortadas e seus componentes separados e pesados. E por métodos indiretos: equações ou imagens de satélite para realizar as estimativas (WATZLAWICK, 2003).

Para os métodos indiretos são feitas estimativas de volume e biomassa em diferentes partes das árvores e nos compartimentos das florestas, conversão em quantidades de carbono por meio de fatores de conversão (COOPER, 1983; BROWN; LUGO, 1984; BROWN; LUGO; CHAPMAN, 1986; SCHROEDER, 1992).

O presente estudo pretende contribuir com o conhecimento do teor de carbono fixado no ecossistema natural, por meio indireto, em um fragmento florestal secundário no município de Corumbataí do Sul – Paraná, relacionando com variáveis ambientais como declividade e surgimento de clareiras.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Quantificar o carbono da vegetação de um fragmento secundário de Floresta Estacional Semidecidual Montana.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar as parcelas do fragmento quanto a densidade de carbono fixado por estrato;
- Descrever a distribuição diamétrica dos indivíduos nas diferentes parcelas;
- Relacionar a quantidade de carbono nas parcelas em regiões de diferentes declividade do relevo.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 CICLO DO CARBONO

Na natureza o carbono é encontrado em toda parte: em água na forma de compostos dissolvidos (carbonatos), e no ar como óxidos de carbono. Todos os organismos vivos são constituídos por compostos de carbono, que obtêm como resultado de seus processos metabólicos realizados durante seu crescimento e desenvolvimento e são liberados quando estes morrem. Aproximadamente, 50% do peso seco de qualquer organismo é formado por este elemento, por isso é um dos compostos mais importantes da vida (SMITH et al., 1993).

De acordo com Machado (2005) os quatro principais compartimentos de carbono na Terra são: oceanos, atmosfera, formações geológicas contendo carbono fóssil e mineral e ecossistemas terrestres (biota + solo).

O ciclo de carbono (Figura 1), começa com a fixação de dióxido de carbono atmosférico através dos processos de fotossíntese, realizados pelas plantas e micro-organismos. Neste processo, o dióxido de carbono e a água reagem para formar hidratos de carbono e liberam oxigênio de forma simultânea na atmosfera. Parte dos hidratos de carbono é consumido diretamente para dar energia a planta e o gás formado se agrega nas raízes. Outra parte é consumida por animais, que também respiram e liberam a substância. Se as plantas e os animais morrerem, os microrganismos os decomponharão no solo. A decomposição biológica é um dos modos de reversão desse processo, liberando dióxido de carbono para a atmosfera (SCHIMMEL, 1995; SMITH et al., 1993a).

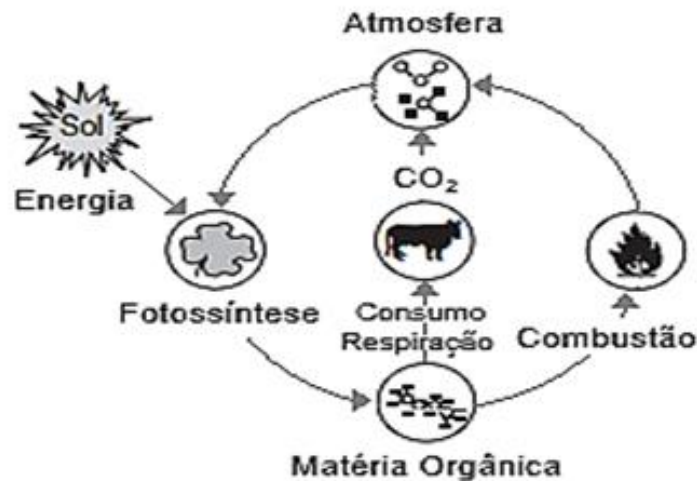


Figura 1– Ciclo do carbono no ecossistema.  
 Fonte: Adaptado de Ordóñez (1999, p. 14).

### 3.2. MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Em 1988 houve o primeiro encontro entre nações sobre as mudanças climáticas a “*Toronto Conference on the Changing Atmosphere*” no Canadá seguida pelo IPCC’s (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) *First Assessment Report*, na Suécia em 1990 dando origem o que culminou a Convenção do Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança Climática (UNFCCC) (SILVEIRA, 2008).

Em 1990 foi criado o Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (IPCC) com o objetivo de alertar a população sobre o aquecimento global. Em 1992 foi a vez da Eco 92 onde ficou decidido que os países eram responsáveis pela conservação do clima independentemente do tamanho da nação em questão. O protocolo entrou em vigor em 2005 e evidenciou o interesse de países em utilizar o carbono como moeda (OLIVEIRA, 2010).

A partir dessa conferência outras relacionadas ao ambiente, clima e mudanças climáticas se sucederam, até a discussão e negociação do Protocolo de Kyoto, o qual foi assinado em 1997 pelos principais países geradores dos GEE.

O Protocolo de Kyoto é um tratado internacional que tem como objetivo fazer com que os países desenvolvidos assumissem o compromisso de reduzir a emissão de gases que agravam o efeito estufa. Além disso, são realizadas discussões para

estabelecer metas e criar formas de desenvolvimento que não sejam prejudiciais ao Planeta (BRASIL, 2014).

De acordo com o quinto relatório do IPCC (2013) muitos aspectos da mudança climática vão persistir durante muitos séculos mesmo se as emissões de gases-estufa cessarem. Provavelmente mais de 20% de dióxido de carbono emitido permanecerá na atmosfera por mais de mil anos após as emissões cessarem.

Segundo a Agência FAPESP (2013), o clima no Brasil, nas próximas décadas, deverá ser mais quente com aumento gradativo e variável da temperatura média em todas as regiões do país entre 1º C e 6º C até 2100, em comparação à registrada no fim do século 20. No mesmo período, também deverá diminuir significativamente a ocorrência de chuvas em grande parte das regiões Central, Norte e Nordeste do país. Nas regiões Sul e Sudeste, por outro lado, haverá um aumento do número de precipitações.

### 3.3 SEQUESTRO DE CARBONO

A partir do Artigo 2 do Protocolo de Kyoto, o qual discorre sobre implementação de tecnologia de sequestro de carbono, ocorreu a promoção do interesse crescente em florestas plantadas, em razão de sua elevada taxa de crescimento e grande capacidade de fixar o dióxido de carbono da atmosfera. Já em florestas naturais, o interesse existe, mas não é tão acentuado pois estas não são contempladas pelo Protocolo de Kyoto (BRASIL, 2014).

O conceito de sequestro de carbono refere-se a procedimentos de assimilação e armazenamento de dióxido de carbono atmosférico, com a finalidade de minimizar os impactos no ambiente. O processo visa a contenção e a reversão do acúmulo do dióxido de carbono atmosférico, visando a diminuição do efeito estufa (RENNER, 2014).

O mesmo autor referenciado acima descreve ainda, que quanto mais rápido o crescimento, mais rápida é a absorção do gás, devido ao vigoroso crescimento das árvores nos trópicos.

O sequestro de carbono através de atividades florestais se baseia em duas premissas. Primeira, o dióxido de carbono é um gás atmosférico que circula no mundo

todo, e, conseqüentemente, os esforços para a remoção dos GEE pelas florestas terão efeito igual, sejam eles aplicados próximos à fonte emissora do poluente ou do outro lado do mundo. Segunda, a vegetação verde retira o gás carbônico da atmosfera através do processo da fotossíntese, convertendo-o em compostos orgânicos utilizados no crescimento e metabolismo vegetal. Dessa forma, as plantas lenhosas armazenam carbono em madeira e outros tecidos até a morte e a decomposição, fase que o carbono na madeira poderá ser despreendido na forma de gás carbônico, monóxido de carbono, ou metano, ou poderá ficar incorporado no solo como substância orgânica (COSTA, 2009).

O sequestro de carbono através do reflorestamento pode constituir uma oportunidade de renda para seus investidores, que, por cima disso, ainda podem ganhar reconhecimento pelo serviço ambiental. A racionalidade econômica encara com muita objetividade a questão da mudança do clima global. O capital se abre para incorporar a questão ambiental de variadas formas: pelo lado da produção, dos novos mercados, da competição e da imagem ambiental (YU, 2004).

Para florestas jovens que estejam crescendo de modo acelerado, o volume de sequestro de carbono é maior quando comparada à floresta madura. Porém, uma floresta madura atua como um reservatório, mesmo que não esteja tendo um crescimento líquido. Desta forma, uma floresta jovem estoca menos carbono quando comparada à uma floresta madura, mas sequestra mais carbono da atmosfera ao longo do tempo. Apesar de alguns casos em florestas maduras o número de mortes de árvores ser uma fonte de emissão de carbono (SEDJO, 2001).

Para conhecer a quantidade de carbono estocada ou sequestrada, a quantificação de carbono se faz necessária. De acordo com Loss (2009), a quantificação do carbono nas diferentes frações do solo e da biomassa é interessante para conhecimento do potencial de captura e armazenamento do elemento e julgar as formas de manejo adequada para o solo.

### 3.4 FRAGMENTOS FLORESTAIS

Um fragmento florestal pode ser definido como qualquer área de vegetação natural contínua, interrompida por barreiras antrópicas ou naturais, capaz de diminuir

significativamente o fluxo de animais, pólen e/ou sementes. A fragmentação, em geral, resulta na perda da biodiversidade, causando a instabilidade das populações, comunidades e ecossistemas (BENEDETTI & ZANI FILHO, 1993).

Alterações bruscas na dinâmica destes ecossistemas interferem na estrutura e biomassa do sistema, principalmente quando se consideram as alterações de borda. Um dos fatores que mais afetam o fragmento, segundo Palik & Murphy (1990), é o efeito de borda o qual, para Forman & Godron (1986), é definido como uma alteração na composição e/ou na abundância relativa de espécies na parte marginal de um fragmento, ou também, pode ser definido como a influência que o meio externo à área florestal tem em sua parte mais marginal, causando alterações físicas e estruturais (TABANEZ et al., 1997).

No entanto, a conservação e a restauração dos remanescentes florestais são justificáveis e necessárias, pois estes ainda são de grande importância ambiental e social. Essas áreas desempenham funções ambientais como, por exemplo, a proteção do solo e a manutenção dos cursos de água; podem sequestrar o carbono atmosférico, mitigando os efeitos negativos das mudanças climáticas; e, no contexto de ecologia da paisagem, podem permitir uma maior conexão entre fragmentos e reservas florestais, funcionando corredores ecológicos para espécies animais e vegetais (HIGUCHI et al., 2012).

Alguns estudos no Brasil têm demonstrado que comunidades arbóreas, em ecossistemas florestais fragmentados, apresentam forte variação espacial em função da heterogeneidade ambiental, provocada por diferentes condições edáficas (RODRIGUES et al., 2007; HIGUCHI et al., 2008a; SILVA et al., 2009; SILVA et al., 2010), de relevo (ESPÍRITO-SANTO et al., 2002), de luminosidade associadas a bordas e clareiras (CARDOSO e SCHIAVINI, 2002; OLIVEIRA FILHO et al., 2007) e do histórico de perturbação (OLIVEIRA FILHO et al., 1997; SILVA et al., 2008).

Fragmento de floresta estacional semidecidual, geralmente, está associada a regiões com solos férteis e apresentam grande importância ecológica, pois exalta a heterogeneidade florística o que representa motivo de preocupação quanto à conservação, devido à rápida conversão de seus remanescentes naturais em áreas agricultáveis (DURIGAN et al., 2000; OLIVEIRA-FILHO et al., 1994).



## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo se desenvolveu em um fragmento florestal secundário de uma propriedade particular no município de Corumbataí do Sul-PR.

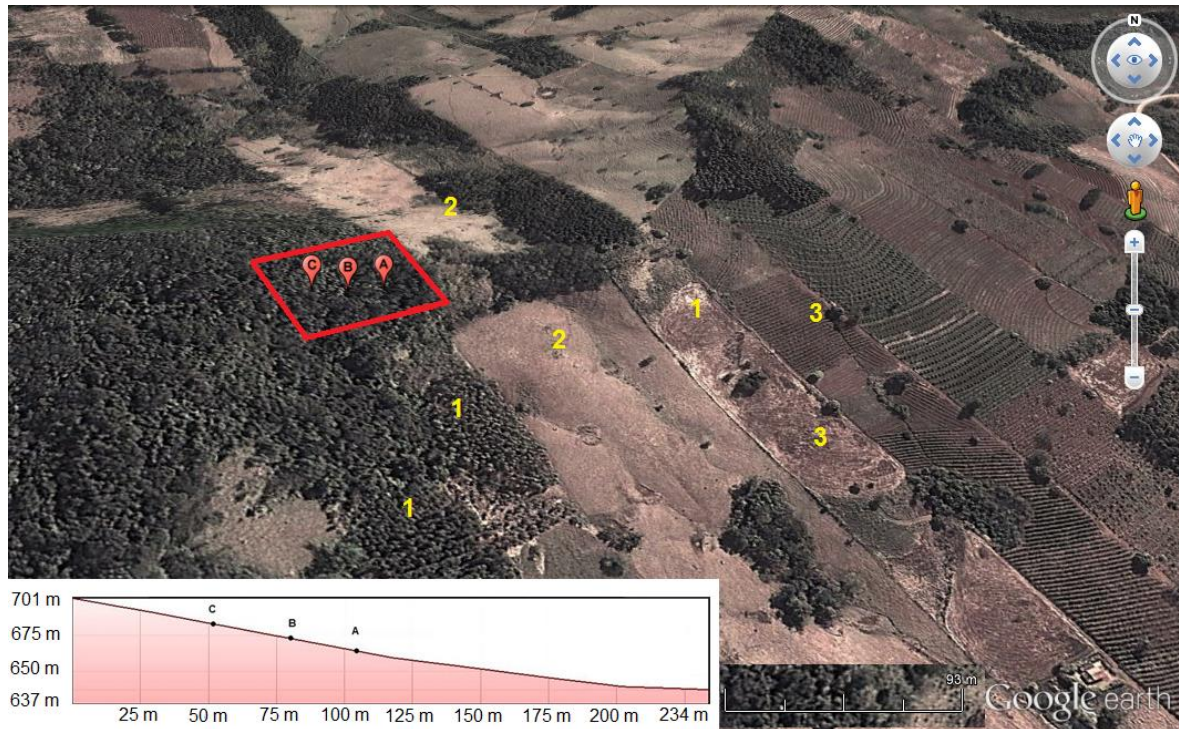
O município de Corumbataí do Sul, está inserido na microrregião de Campo Mourão, apresentando relevo ligeiramente ondulado a fortemente ondulado. Ou seja, a declividade varia de 10% a 45% (EMATER, 2001).

Nessas condições de relevo íngreme com afloramento de rochas e uma camada delgada de solo, encontra-se Litossolos, Latossolos, Cambissolos, Nitossolos e Gleissolos (EMBRAPA, 2007).

Segundo a Classificação Climática de Köppen-Geiger Cfa: a região de Corumbataí do Sul apresenta clima sub-tropical úmido mesotérmico com verões quentes e geadas pouco frequentes, com tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, sem estação seca definida (CAVIGLIONE et al., 2000).

Considerando o estudo de Campiolo (2014), o fragmento de floresta Estacional Semidecidual Montana apresenta, em sua maioria, espécies classificadas como arbóreas. A estatura média florestal está em torno de 8 metros, com a maioria dos indivíduos vegetais com troncos finos, característica de uma floresta jovem e em estágio secundário de sucessão.

O fragmento está contido nas latitudes 24°08'06,33" S e 24°08'10,10" S, longitudes 52°08'24,55" W e 52°08'31,36" W e tem cerca de 16 hectares de floresta sendo que apenas 0,15 ha foram utilizados para a pesquisa. A área encontra-se circundada por silvicultura (1), pecuária (2) e atividade agrícola (3) (Figura 2). As parcelas (A, B e C) localizam-se aproximadamente entre 665 - 685 metros de altitude (Figura 2).



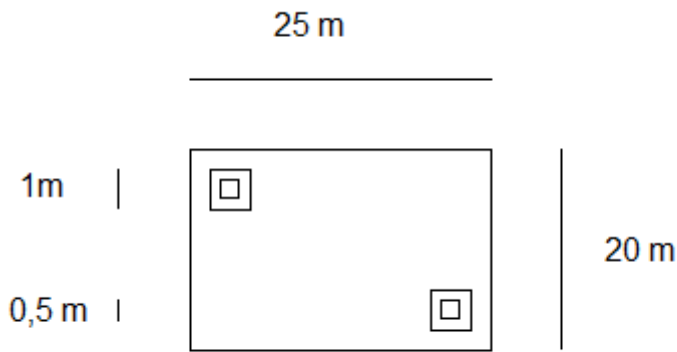
**Figura 2 - Localização das parcelas A, B e C cada uma com 20 x 25 m no fragmento florestal, o perfil topográfico e as atividades impactantes ao redor do fragmento: 1 – silvicultura, 2 – pecuária e 3 – atividade agrícola.**

**Fonte: Google Earth; Google Maps, 2015.**

#### 4.2 COLETA DE BIOMASSA

A determinação do teor de carbono no ecossistema foi realizada por meio de etapas adaptadas (comprimento e largura das parcelas foram modificados) do estudo de Arevalo et al. (2002), sendo elas primeiramente para os estratos arbóreos vivos ou mortos, serapilheira e posteriormente o teor de carbono no solo. Após a quantificação do carbono, foram realizados cálculos para totalizar os teores encontrados no ecossistema.

A classe de biomassa arbórea viva foi representada por toda a biomassa (tronco, ramos e folhas) das árvores com diâmetros maiores de 2,5 cm. Para a estimativa de carbono armazenado na biomassa arbórea viva, foram marcadas em diferentes altitudes 3 parcelas de 20 x 25 m (Figura 3), e posteriormente foi realizado o inventário florestal, medindo-se o diâmetro na altura do peito (DAP) de todas as árvores com DAP superior ou igual a 2,5 cm.



**Figura 3 - Demonstração das parcelas para a coleta no ecossistema.**  
**Fonte: Adaptado de Arevalo et al. (2002).**

Para as árvores bifurcadas abaixo do DAP, a biomassa é estimada depois de calcular o diâmetro geral da árvore, utilizando a fórmula raiz quadrada da soma dos diâmetros das ramas individuais. Em todos os casos, foi indicado se a árvore era ramificada (R) ou não ramificada (NR).

O valor calculado de biomassa arbórea viva foi estimado por meio da equação (1) da tabela 1 e posteriormente o valor foi convertido para a unidade (t/ha) por meio da equação (2).

Para a biomassa de árvores mortas em pé foi estimado em todas as parcelas de forma similar a estimação da biomassa arbórea viva diferenciando-se da equação (3) escolhida para determinação de ambos. A equação (2) foi usada, novamente, para conversão de unidade.

Para a biomassa de árvores caídas mortas foram realizadas medições de diâmetro e comprimento das árvores caídas mortas em cada parcela e posteriormente utilizou-se a equação (4). Caso a árvore caída atravessasse a parcela, somente foi registrado o comprimento da parte compreendida dentro do quadrante. Para a conversão de unidades foi usada a equação (5)

**Tabela 1 – Equações para o cálculo dos teores de carbono na biomassa e no solo.**

<b>Calculo a ser realizado</b>	<b>Equações Utilizadas</b>
(1) Biomassa Arbórea Viva (kg/árvore)	$BA = 0,1184 \times DAP \times 5,53$
(2) Quantidade De Biomassa por hectare (t/há)	$BAVT = BTAV \times 0,02$ , para $500m^2$
(3) Biomassa De Árvores Mortas Em Pé (kg/ árvore)	$BAMP = 0,1184 * DAP * 2,53$
(4) Biomassa De Árvores Caídas Mortas (kg/árvore)	$BACM = 0,4 \times DAP \times 2L \times 0,25$
(5) Quantidade De Biomassa (t/ha)	$BTACM = BACMP \times 0,02$
(6) Biomassa Arbustiva/Herbácea (t/ha)	$BAH = (PSM/PFM) \times 0,02$
(7) Biomassa De Serrapilheira (t/ha)	$BH = (PSM/PFM) \times PFT \times 0,04$
(8) Biomassa Vegetal Total (t/ha)	$BVT = (BAVT + BTAMP + BTACM + BAH + BH)$
(9) Carbono Na Biomassa Vegetal Total (t/ha)	$CBV = BVT \times 0,45$

**Fonte: (Arevalo et al., 2002)**

Representada pela biomassa sobre o solo derivada de arbustos com menos de 2,5 cm de diâmetro, a biomassa arbustiva e herbácea foi estimada através de 2 quadrantes escolhidos ao acaso de 1 x 1 m dentro das parcelas (Figura 4).

Nestas parcelas foi cortada toda a biomassa ao nível do solo, registrado o peso fresco total por  $m^2$  e coletado 300 g, em seguida colocado em sacolas plásticas devidamente identificadas e enviado para secagem em estufas de ar quente até atingir o peso seco constante.

O peso seco da amostra estimado em t/ha foi multiplicado pelo fator de 0,45 de correção, conforme a metodologia. A determinação do  $CO_2$  foi alcançada pela razão entre a massa molecular do mesmo com a massa atômica do carbono, sendo necessária a multiplicação da biomassa florestal pelo fator de correção (BROWN,

1997). Após a conversão, a quantidade de carbono contida nesta biomassa foi totalizada por meio da equação (6).

Para a estimativa do teor de carbono na biomassa da serrapilheira, foi marcado dentro dos quadrantes de 1 x 1 m, um subquadrante de 0,5 x 0,5 m (Figura 4). Nele, recolheu-se toda a serrapilheira para o registro do peso fresco total acumulado e uma amostra de 80 g foi reservada para posterior secagem em estufa até que seu peso se torne constante. O peso seco da subamostra foi estimado em t/ha e multiplicado pelo fator de 0,45 e posteriormente o uso da equação (7), obtendo-se a quantidade de carbono nesta biomassa.

#### 4.3 DETERMINAÇÃO DO CARBONO NA BIOMASSA VEGETAL

Após todos os dados organizados em planilhas os cálculos foram feitos por meio de equações alométricas (Tabela 1) para estimar os volumes de biomassa em todas as classes: Árvores vivas (1), árvores mortas em pé (3), árvores mortas caídas (4), herbáceas (6) e serrapilheira (7).

Posteriormente, todos os dados foram convertidos para tonelada por hectare, para árvores vivas, árvores mortas em pé e árvores mortas caídas a conversão foi idêntica, multiplicando-se as biomassas por 0,02 para o valor passar de kg/árvores para t/ha (2).

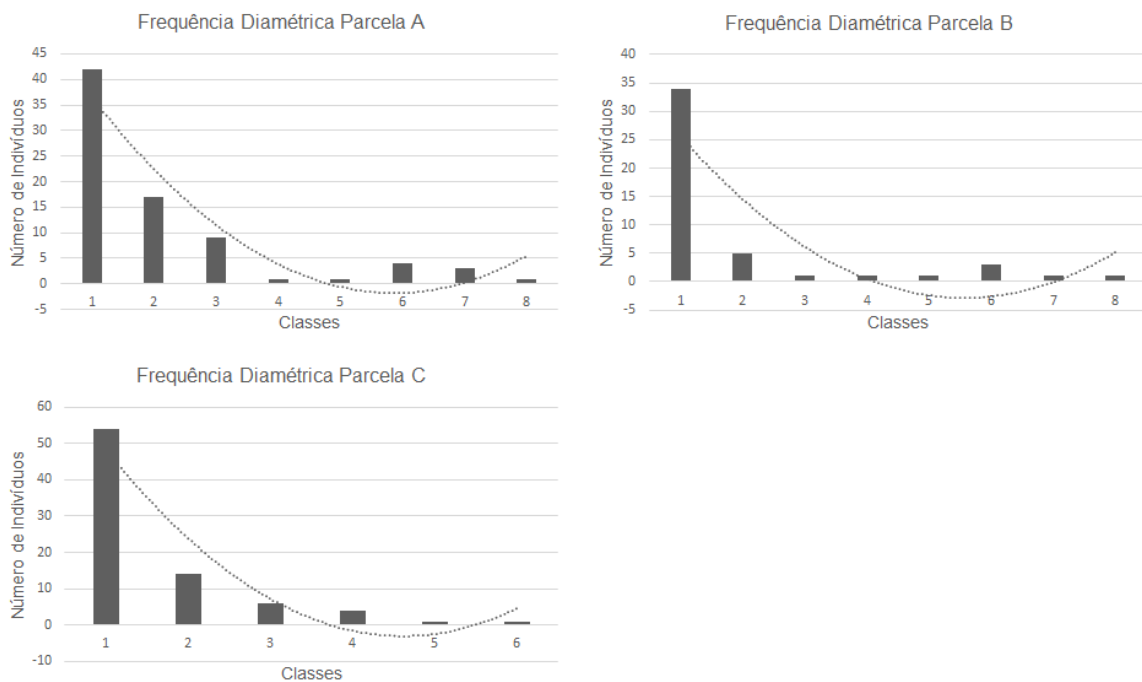
Já para herbáceas e serrapilheira a conversão foi feita em um única equação (6) e (7), respectivamente.

Por fim, somou-se todos os valores obtidos (8) e multiplicou-se esse resultado por 0,45 (9), valor corresponde aproximado da porcentagem de carbono na biomassa.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram inventariadas 549 árvores, entre vivas, mortas em pé e mortas caídas e dessas separou-se as com DAP maiores ou iguais a 5 cm. Totalizando 205 árvores (78 na parcela A, 47 na parcela B e 80 na parcela C) em três parcelas, cada uma com dimensões aproximadas em 20x25 m, totalizando 100 m<sup>2</sup> de área.

Para fim comparativo, separou-se os diâmetros encontrados de cada parcela em classes que representam valores em intervalos de 5 cm (Figura 4).



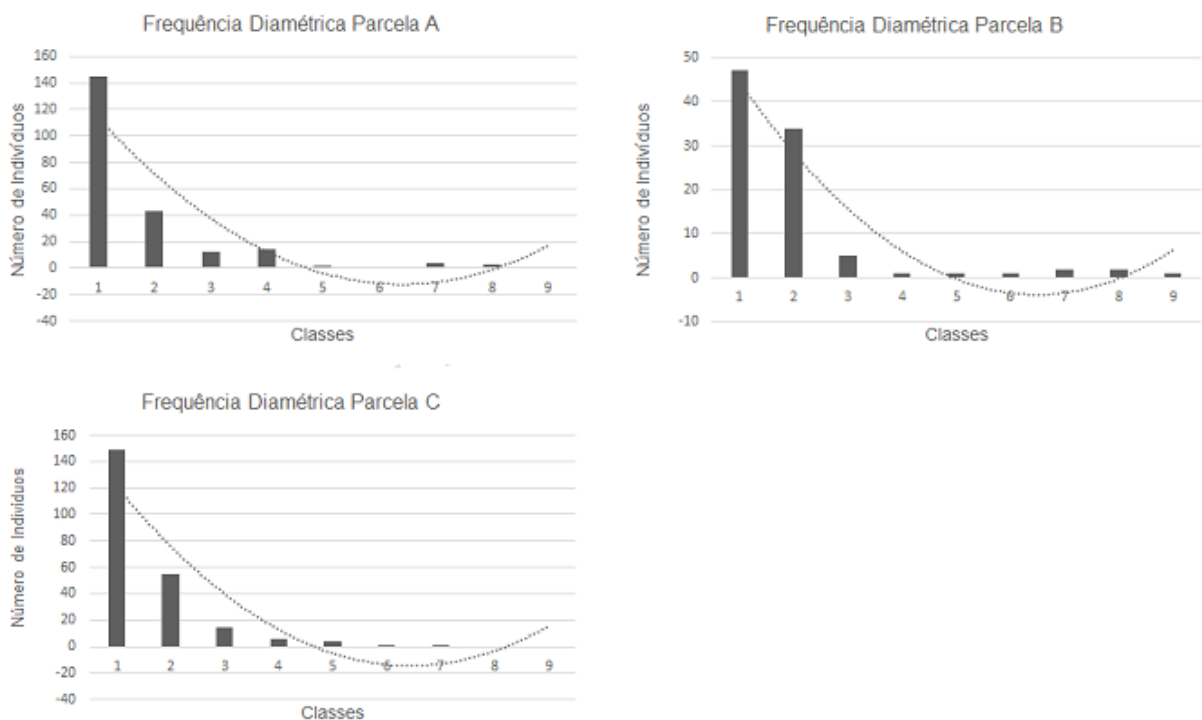
**Figura 4 - Distribuição dos indivíduos em classes de diâmetro entre as parcelas A, B e C, onde a classe 1 varia de 5 a 10 cm, a classe 2 de 10,1 a 15, a classe 3 de 15,1 a 20, a classe 4 de 20,1 a 25, a classe 5 de 25,1 a 30, a classe 6 de 30,1 a 35, a classe 7.**

Seguindo a linha de tendência de cada parcela, observa-se o desenho do J-invertido, ou seja, alta concentração de indivíduos com diâmetros menores. Araújo et al. (2006) afirmam que neste tipo de distribuição diamétrica há um decréscimo gradual no número de indivíduos em direção às classes superiores. Schaaf et al. (2006) sugerem ainda que este comportamento é esperado em florestas nativas e também observado para reflorestamentos (Silva et al., 2010; Soares, 2009). Já para a FAO

(1971) e Carvalho (1982), isso se deve ao fato de a floresta ainda encontrar-se em fase de construção.

Adaptando a metodologia, inseriu-se as espécies vegetais com DAP inferior a 5 cm, agora a classe 1 passa a ter indivíduos com DAP variando de 2,5 a 5 cm e a classe 2 variando de 5,1 a 10 cm (Figura 5).

Após a inclusão dos indivíduos com DAP inferior a 5 cm, totaliza-se 343 árvores (146 na primeira, 47 na segunda e 150 na terceira).



**Figura 5 - Distribuição dos indivíduos em classes de diâmetro entre as parcelas A, B e C, onde a classe 1 varia de 5 a 10 cm, a classe 2 de 10,1 a 15, a classe 3 de 15,1 a 20, a classe 4 de 20,1 a 25, a classe 5 de 25,1 a 30, a classe 6 de 30,1 a 35, a classe 7**

A nova classe sugere que nas parcelas há grande quantidade de indivíduos de DAP menor que o estabelecido na metodologia. Segundo Machado et al. (2004), a grande quantidade de indivíduos nas classes de menor diâmetro pode indicar que o regime de perturbação é ou foi relativamente intenso e contínuo no sistema florestal.

Assim, a primeira classe demonstra indícios de regeneração do fragmento. Considerando o estudo de Campiolo (2014), a estatura média florestal está em torno de 8 metros, com a maioria dos indivíduos vegetais com troncos finos, característica de ser uma floresta jovem e em estágio secundário de sucessão.

Ainda segundo o autor citado anteriormente, as espécies com maior abundância foram: *Parapiptadenia rigida* (Bentham) Brenan, *Maclura tinctoria* (L.) D. Don. ex Steud, *Allophylus edulis* (A.St.-Hil., Cambess. & A. Juss.) Radlk, *Cordia americana* (L.) Gottschling & J.E. Mill. e *Eucalyptus* sp. Sendo as três primeiras indicadoras de sucessão vegetal.

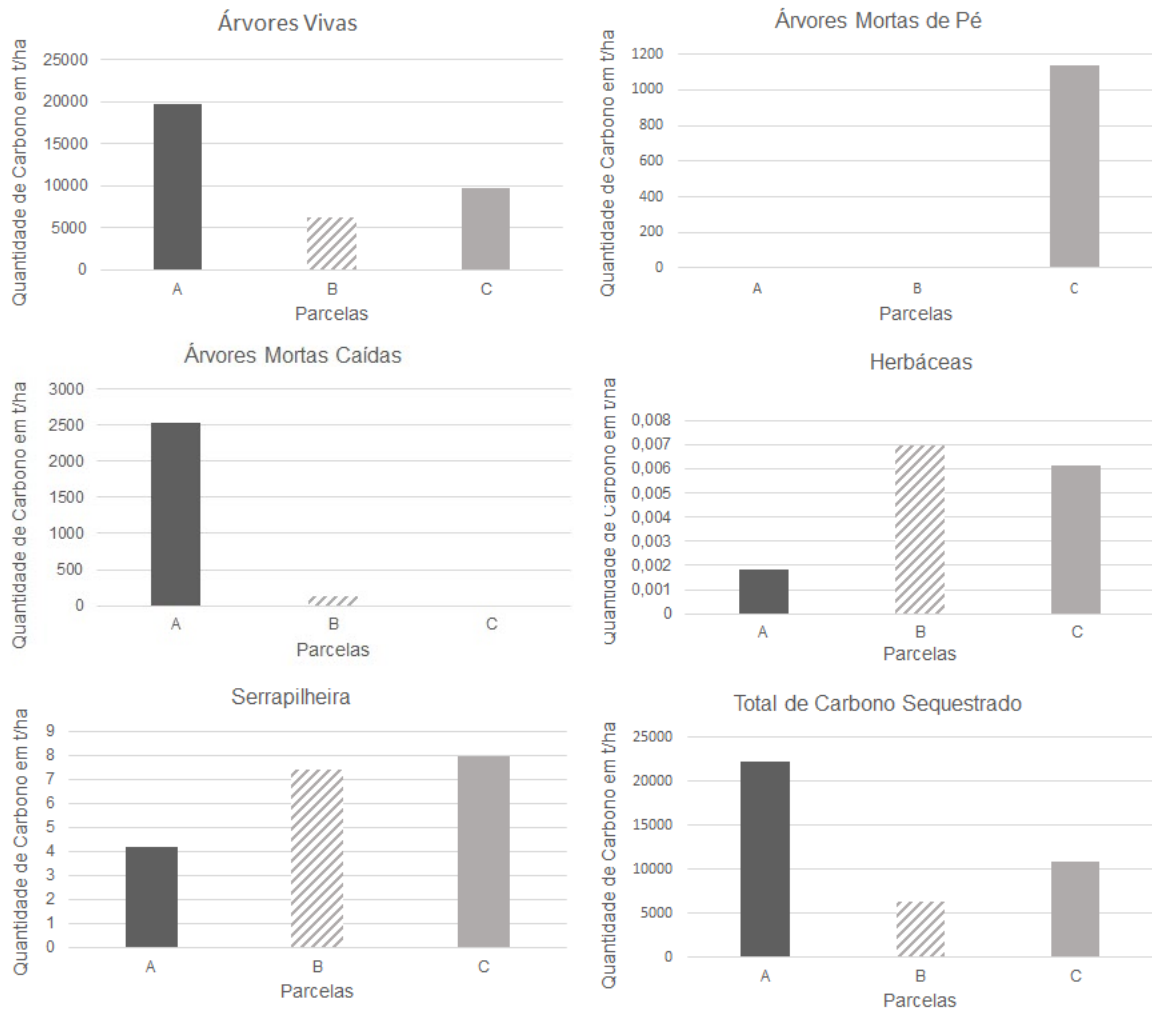
A *Parapiptadenia rigida* (Bentham) Brenan segundo Carvalho (2003), apresenta velocidade de crescimento lenta a moderada, porém mostra-se abundante em clareiras abertas. No entanto, Durigan et al. (1997), avalia a velocidade de crescimento da espécie como sendo rápida. De acordo com Carvalho (2002) a espécie é agressiva, comum em terrenos abandonados e frequentemente observada nas associações secundárias, ocupando posição importante nas capoeiras e nos capoeirões. Apresenta regeneração natural abundante em clareiras abertas na floresta e sob povoamentos implantados.

Para Silva-Rios et al. (2001) a *Maclura tinctoria* possui características sucessionais de pioneira, secundária inicial para Durigan & Nogueira (1990) ou clímax exigente de luz (TONIATO & OLIVEIRA FILHO, 2004).

*Allophylus edulis* tem boa capacidade de regeneração natural, crescimento rápido, sem exigências quanto às características do solo e características sucessionais de pioneira. Seu uso tem sido sugerido na recuperação de ecossistemas degradados (LORENZI, 1992; LONGHI, 1995).

O fragmento apresentou, cerca de 108,23 toneladas de carbono estocado por hectare por ano. A concentração de carbono encontrada está distribuída em 3 parcelas de 500 m<sup>2</sup> cada, e subdividindo-se em 5 fundamentais estratos: árvores vivas, árvores mortas em pé, árvores mortas caídas, herbáceas e serrapilheira (Figura 6).





**Figura 6 - Representação da concentração de carbono em cada parcela por estrato**

Comparando as parcelas pelas classes apresentadas acima, a quantidade de carbono sequestrado nas árvores vivas foi maior que nas outras classes, sendo a classe que mais contribuiu para o total sequestrado no fragmento. Nota-se que para a classe de árvores mortas em pé, as parcelas A e B obtiveram concentrações próximas a zero, indicando mais indivíduos e/ou maior biomassa.

Para a classe de árvores mortas caídas a parcela A foi o destaque, destoando das demais concentrações. Já para as classes de serrapilheira e herbáceas a parcela C teve maior representação na concentração de carbono com relação as demais classes, porém não é o suficiente para ser a parcela com o maior potencial de sequestro de carbono.

A decomposição da serrapilheira possibilita que parte do carbono incorporado na fitomassa pela fotossíntese retorne à atmosfera como CO<sub>2</sub>, e outros elementos

absorvidos passem para uma forma novamente utilizável pelas árvores. Este mecanismo, segundo Lekha e Gupta (1989), é regulado por três grupos de variáveis: natureza da comunidade decompositora, características do material orgânico (que determinam sua degradabilidade) e condições físico-químicas do meio ambiental (clima e características do solo).

Considerando o estudo de Alegre et al. (2000a), o total de carbono sequestrado em florestas tropicais a biomassa seca pode variar entre 150 e 382 toneladas por hectare, dessa forma o carbono armazenado varia entre 67,5 a 171 t/ha.ano<sup>-1</sup>.

Para Silva et al. (2014), utilizando diferentes sistemas florestais na Amazônia Mato-grossense com metodologia similar à do presente estudo, o total de 8.714,55 t/ha.ano<sup>-1</sup> para carbono sequestrado foi encontrado. Utilizando outra metodologia indireta, Watzlawick (2003) encontrou cerca de 250,90 t/ha.ano<sup>-1</sup> para biomassa média produzida pela floresta Ombrófila Mista e aproximadamente 104,17 t/ha/ano de carbono orgânico. Destoando do resultado obtido, Torres et al. (2013) para floresta Estacional Semidecidual, encontraram 48,70 t.ha<sup>-1</sup> carbono, seguindo metodologia diferente.

O carbono é o principal constituinte da matéria orgânica, participando com cerca de 49% do peso orgânico seco. Além disso a sua principal forma de interação é como CO<sub>2</sub>, onde é liberado por todas as plantas e animais em seu processo vital de respiração. A fixação de carbono em sua forma orgânica indica que a fotossíntese é a base da vida e, que, por meio dela e da respiração, o carbono passa de sua fase inorgânica à fase orgânica e volta para a fase inorgânica, completando o ciclo biogeoquímico (BRAGA et al., 2005).

A definição quantitativa de biomassa em cada parâmetro utilizado no inventário é fundamental para a estimativa da quantidade de carbono, visto que 45% da biomassa é constituída de carbono (ALEGRE et al., 2000).

Na tabela 2 encontra-se o detalhamento da quantidade armazenada de biomassa em diferentes estratos florestais de cada parcela e posteriormente a tabela 3 com a quantidade de indivíduos por árvores vivas, árvores mortas de pé e árvores mortas caídas, excetuando os indivíduos com DAP abaixo de 5 cm.

**Tabela 2 – Quantidade de biomassa e carbono armazenados em cada parcela do fragmento.**

Parcela	A	B	C
Biomassa de Árvores Vivas (t.ha <sup>-1</sup> )	43.698,9766	13.861,0950	21.745,5934
Biomassa de Árvores Mortas de Pé (t.ha <sup>-1</sup> )	15,3435	1,2985	2.524,3702
Biomassa de Árvores Mortas Caídas (t.ha <sup>-1</sup> )	5.616,4705	283,5943	0
Herbáceas (t.ha <sup>-1</sup> )	0,0041	0,0155	0,0136
Serrapilheira (t.ha <sup>-1</sup> )	9,3241	16,4512	17,6483
Biomassa Vegetal Total (t.ha <sup>-1</sup> )	49.340,1190	14.162,4545	24.287,6255
Carbono na Biomassa Vegetal Total t/ha	22203,0535	6373,1045	10929,4315
Carbono na Biomassa Vegetal Total t/(ha.ano) <sup>-1</sup>	60,8303	17,4606	29,9436

**Fonte: Aatoria própria.**

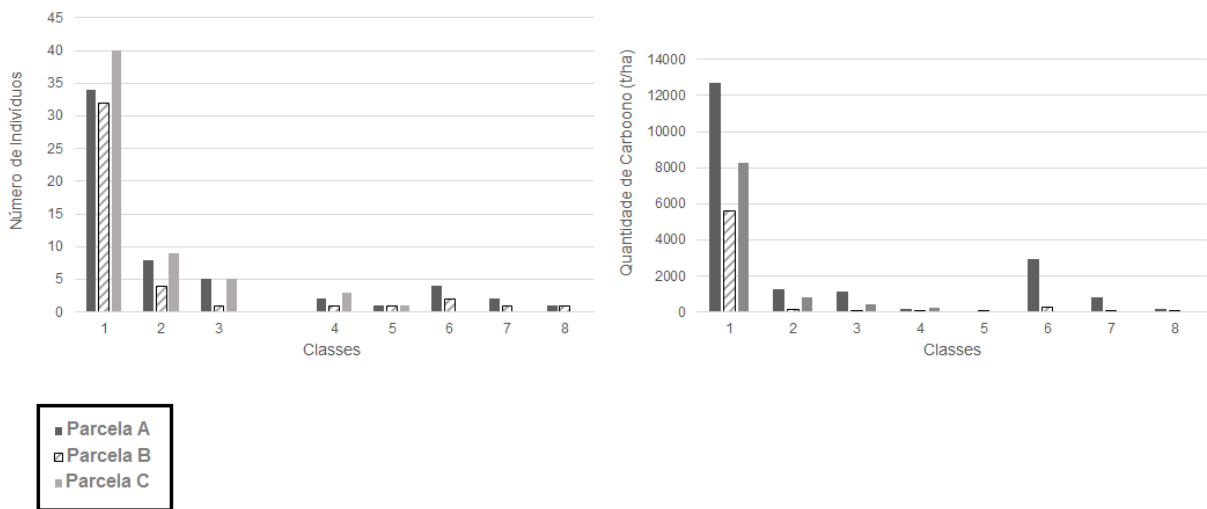
**Tabela 3 – Quantidade de indivíduos por parcela**

Estrato	A	B	C
Árvores Vivas	57	43	58
Árvores Mortas de Pé	8	1	22
Árvores Mortas Caídas	13	3	0

**Fonte: Aatoria própria**

Analisando a biomassa de árvores vivas em tonelada por hectare, as parcelas A e C tiveram resultados distantes, já que a primeira tem a concentração de biomassa pouco mais que o dobro da terceira e ambas possuem 57 e 58 indivíduos respectivamente.

A parcela C é superior em números de indivíduos nas classes 1 e 2, com relação a parcela A e B (Figura 7), porém nas três últimas classes a terceira parcela não tem representatividade de indivíduos. Sugerindo uma dificuldade de estabelecer árvores com DAPs superiores a 30,1 cm.



**Figura 7 - Distribuição dos indivíduos em classes de diâmetro entre as parcelas A, B e C. A classe 1 varia de 5 a 10 cm, a classe 2 de 10,1 a 15, a classe 3 de 15,1 a 20, a classe 4 de 20,1 a 25, a classe 5 de 25,1 a 30, a classe 6 de 30,1 a 35, a classe 7 de 35**

Na tabela 4, a parcela B apresenta queda de árvore bastante significativa quanto ao DAP, sendo o maior diâmetro registrado entre as parcelas.

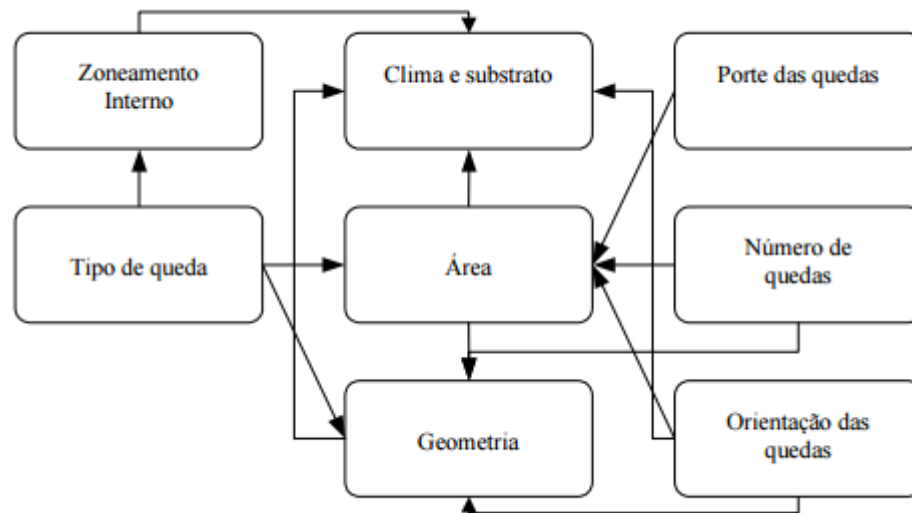
**Tabela 4 – Quantidade de indivíduos por parcela**

Diâmetro das Árvores Mortas Caídas		
A	B	C
7,639419404	5,411255411	-
7,321110262	5,729564553	-
7,957728546	38,19709702	-
8,912655971	-	-
9,230965113	-	-
9,549274255	-	-
11,14081996	-	-
11,77743825	-	-
12,09574739	-	-
12,41405653	-	-
14,32391138	-	-
16,23376623	-	-
18,46193023	-	-

Fonte: Autoria própria

A queda de uma árvore com este porte pode representar uma abertura de clareira (Figura 8) dependendo de como a árvore envolvida caiu. Clareiras naturais

expressam o resultado final de distúrbios em florestas e são consideradas peças chave para o entendimento da estrutura e dinâmica da área (HUBBELL & FOSTER 1986).



**Figura 8 - Esquema de formação de clareira.**  
**Fonte: Lima (2005).**

As clareiras funcionam como fatores adicionais na construção de habitats para a colonização por espécies de plantas. A estrutura da clareira atua como o principal condicionante de características microclimáticas e de seu substrato (ORIANI 1982, DENSLOW & HARTSHORN 1994).

Como visto, a quantidade de biomassa de origem herbácea na parcela B foi a maior dentre as demais áreas, que segundo Chandrashekara & Ramakrishnan (1994), Denslow (1996), Mulkey & Wright (1996) o microclima da região da clareira e a intensidade luminosa afetam diretamente no crescimento das herbáceas que apesar de não contribuírem diretamente para o fechamento do dossel, são importantes colonizadoras de clareiras.

A parcela C também se enquadra na hipótese de clareiras, já que possui proporção alta de biomassa de origem de árvores mortas em pé e, quando comparado as outras parcelas, mostra-se com quantidade expressiva de biomassa herbácea. Segundo Lima (2005) as clareiras pequenas são consequências da queda de

emaranhados de lianas e/ou cipós, da queda de galhos ou da desintegração gradual da copa de uma árvore morta em pé.

A parcela A mostrou-se maior em quantidade e em biomassa de indivíduos mortos caídos e, expressamente, menor quanto a biomassa herbácea. Sendo contrária as citações feitas acima sobre o efeito de clareiras. O tempo que as árvores levaram para cair pode ter sido o suficiente para as clareiras terem se fechado. A mortalidade de árvores é um importante indicador da qualidade ambiental dos ecossistemas e pode ajudar no reconhecimento de tensões existentes na área de estudo (FRANKLIN, 1987).

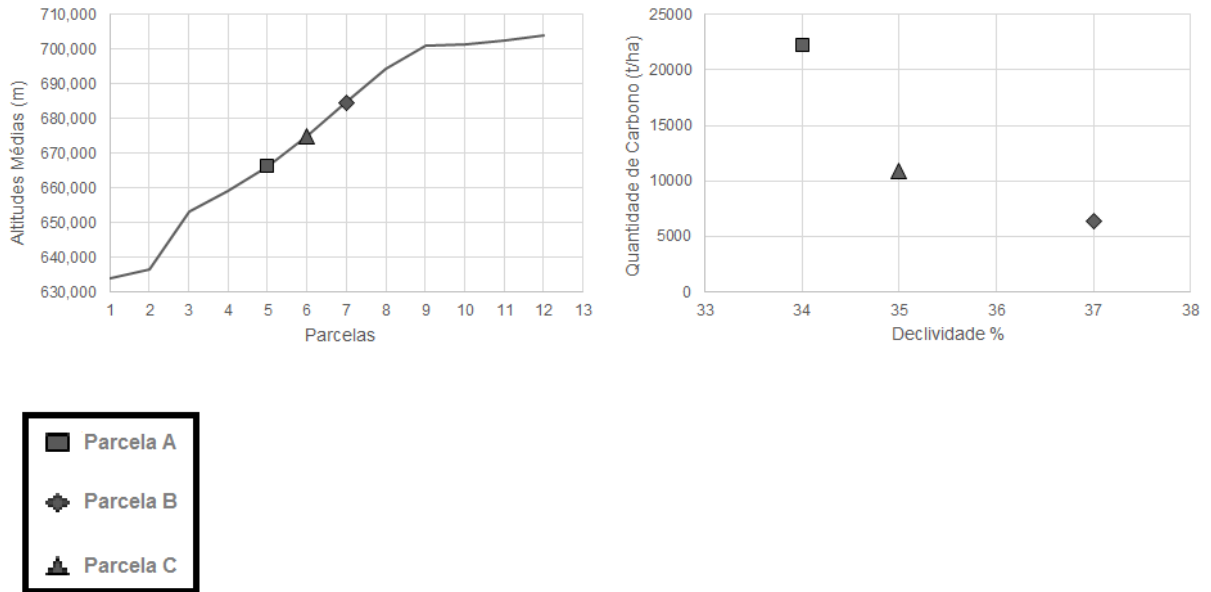
A mortalidade permanece como um dos componentes menos compreendidos das estimativas de crescimento de produção, principalmente por causa da complexidade do processo de mortalidade e da incerteza do tempo de ocorrência da morte das árvores (HAMILTON JR., 1986; YANG et al., 2003).

De acordo com Lee (1971) há dois tipos de mortalidade: a regular e a irregular. A mortalidade regular ocorre quando as árvores crescem tão próximas umas das outras que elas competem pela sobrevivência e, geralmente, não ocorre com árvores que crescem em ambientes totalmente abertos. Por outro lado, a mortalidade causada por danos de insetos, doenças, vento e fogo é chamada de mortalidade irregular.

Quando árvores morrem e se decompõem, o carbono que haviam armazenado durante a sua vida combina-se com o oxigênio do ar, devolvendo, assim, o CO<sub>2</sub> à atmosfera (MADEIRA URBANA, 2015). Sendo assim, ao mesmo tempo que a parcela A retém mais carbono, ela também libera mais CO<sub>2</sub>. Ressalta-se que o tempo de decomposição da madeira é lenta.

A variação da declividade aliada a condição de solo raso do fragmento pode estar determinando a quantidade de indivíduos nas parcelas. Segundo Pomianoski (2005) a declividade do terreno, além de favorecer a erosão e a evaporação, restringe a infiltração e o armazenamento de água, aumentando, conseqüentemente, a vulnerabilidade das plantas.

Observando a declividade com a concentração da quantidade de carbono sequestrado nas parcelas (Figura 9), nota-se que a medida que a declividade subiu 1%, o teor de carbono reduziu aproximadamente pela metade. E quando se eleva 2% de declividade, o teor de carbono tem uma nova queda.

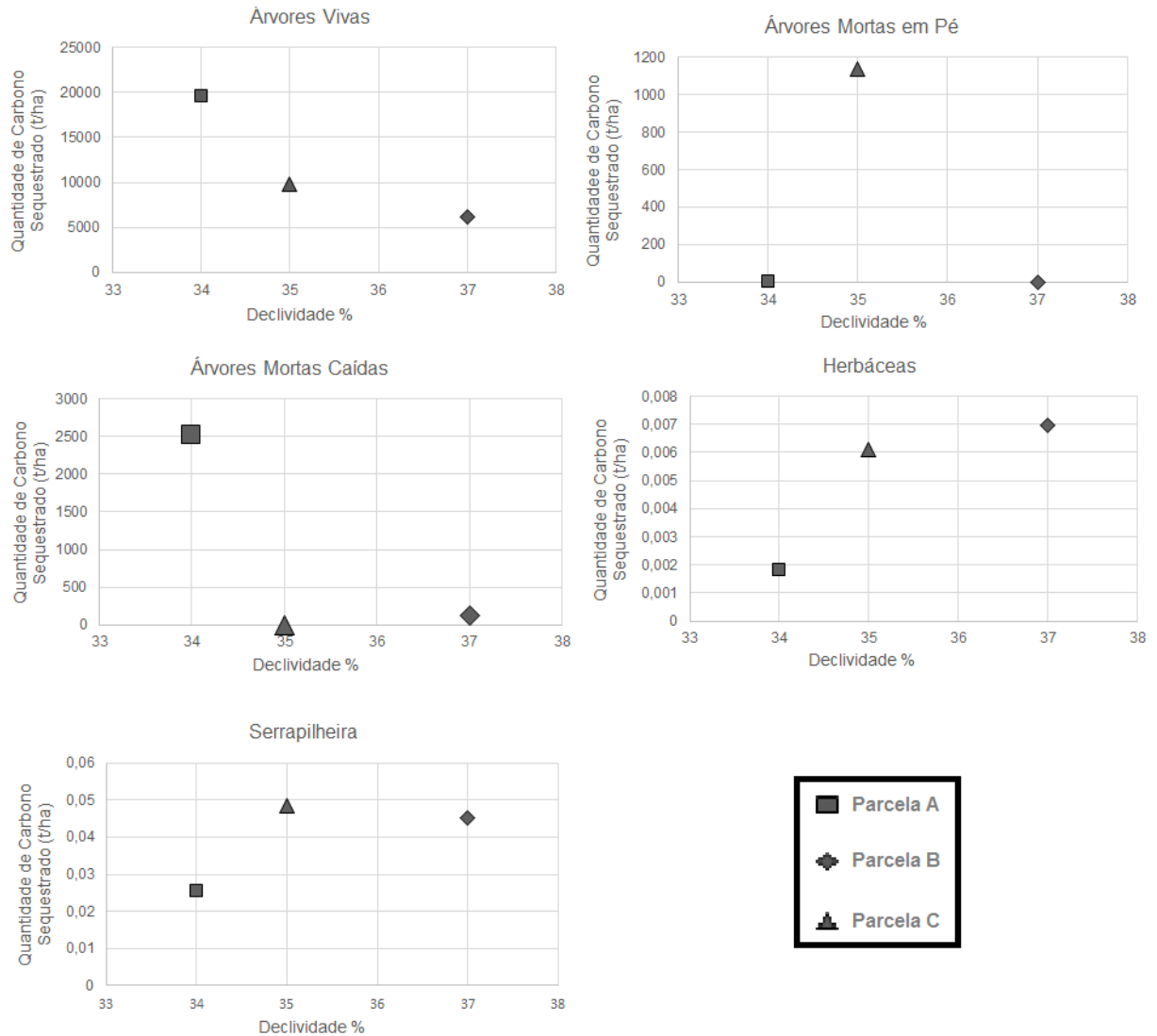


**Figura 9 - Relação das altitudes médias com as parcelas e a declividade com o teor de carbono sequestrado.**

Fuentes et al. (2011) também observaram valores mais elevados de biomassa nos locais com declividades menores. Nas parcelas B e C, correspondentes aos locais com maiores declives, observa-se a maior deposição de serrapilheira (Figura 10), chegando a quase o dobro em relação a parcela A.

A maior declividade está relacionada à capacidade de transporte de partículas de sedimentos pelo escoamento superficial, ou seja, quando se tem baixa declividade da superfície do relevo, tem-se também baixa velocidade de escoamento.

Para Mendes et al. (2010), a declividade pode ter elevado a exportação de nutrientes, em decorrência do carreamento de nutrientes pela água das chuvas, elevando a fertilidade e a produtividade da biomassa aérea explorada.



**Figura 10 - Relação da declividade com a quantidade de carbono sequestrado em todos os estratos dos fragmentos.**

O aporte de nutrientes na parcela de maior declividade pode torna-la mais fértil decorrente ao escoamento, porém com a associação das condições físicas do solo, pouca profundidade, declividade (CAMPIOLO, 2014), ocasionou a dificuldade de desenvolver indivíduos de maior biomassa arbórea, concentrando-se, então, em indivíduos menores como a classe das herbáceas (Figura 10).



## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O fragmento florestal estudado é responsável pelo sequestro de 108,23 toneladas de carbono por hectare ao ano. Esta concentração contribui para a redução do teor de dióxido de carbono liberado para a atmosfera, sequestrando-o e incorporando-o na biomassa dos indivíduos da formação florestal, tornando importante a conservação do fragmento para minimizar as alterações climáticas e manter a manutenção dos processos ecossistêmicos.

Cabe ainda ressaltar que o estoque total de carbono de uma área deve conter dados advindos de análises de solo, que possam complementar os dados de vegetação. É possível que a mesma investigação seja feita através desta metodologia com a complementação de dados de solo, em qualquer área que se queira.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA FUNDAÇÃO de AMPARO à PESQUISA do ESTADO de SÃO PAULO. Mudanças do clima no Brasil até 2100. Disponível em: <[http://agencia.fapesp.br/mudancas\\_no\\_clima\\_do\\_brasil\\_ate\\_2100/17840/](http://agencia.fapesp.br/mudancas_no_clima_do_brasil_ate_2100/17840/)>. Acesso em: 24 nov. 2014.
- ALEGRE J. et al. 2000. Reservas de carbono y emisión de gases con diferentes sistemas de uso de la tierra en dos sitios de la amazonía peruana. In: SYMPOSIUM INTERNACIONAL DE AGROFORESTERIA, Manaus. **Anais...** Manaus: EMBRAPA, 2000 p. 21-24.
- ARAÚJO, F.S. et al. Estrutura da vegetação arbustivo-arbórea colonizadora de uma área degradada por mineração de caulim, Brás Pires, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 107-116, fev. 2006.
- AREVALO, L. A. et al. Metodologia para Estimar o Estoque de Carbono em Diferentes Sistemas de Uso da Terra. **Embrapa Florestas**, Colombo, 2002.
- BENEDETTI, V.; ZANI FILHO, J. Metodologia para caracterização de fragmentos florestais em projetos agro-silviculturais. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1, 1993, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBS/SBEF, 1993. v.2, p.400-402.
- BRAGA, B. et al. **Introdução a engenharia ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável**. 2. ed. Pearson, 2005.
- BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. O Protocolo de Quioto. Disponível em: <[http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/28739/Texto\\_do\\_Protocolo\\_de\\_Quioto\\_a\\_Convencao\\_Quadro\\_das\\_Nacoes\\_Unidas\\_sobre\\_Mudanca\\_do\\_Clima.html](http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/28739/Texto_do_Protocolo_de_Quioto_a_Convencao_Quadro_das_Nacoes_Unidas_sobre_Mudanca_do_Clima.html)>. Acesso em: 24 nov. 2014.
- BRIDGEWATER, S.; RATTER, J. A.; RIBEIRO, J.F. Biogeographic patterns,  $\beta$ -diversity and dominance in the cerrado biome of Brazil. **Biodiversity and Conservation**, v.13, p. 2296-2318, ago. 2004.
- BROWN, S.; LUGO, A. E. Biomass of tropical forest: A new estimate based on forest volumes. **Science**, v. 223, n. 4642, p. 1290-1293, jan. 1984.

BROWN, S.; LUGO, A. E.; CHAPMAN, J. Biomass of tropical tree plantations and its implication for the global carbon budget. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v. 16, n. 2, p. 390-394, 1986.

CAMPIOLO, J. B. **Estudo da estrutura e funcionamento de um fragmento florestal em Corumbataí do Sul, Paraná**. 2014. 35f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado de Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2014.

CARDOSO, E.; SCHIAVINI, I. Relação entre distribuição de espécies arbóreas e topografia em um gradiente florestal na Estação Ecológica do Panga (Uberlândia, MG). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 25, n. 3, p. 277-289, mai. 2002.

CARVALHO, J. O. I P. **Análise estrutural da regeneração natural em floresta tropical densa na região do Tapajós no Estado do Pará**. 1982. 128 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Faculdade Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1982.

CAVIGLIONE, J. H. et al. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000.

CHANDRASHEKARA, U.M. & RAMAKRISHNAN, P.S. Vegetation and gap dynamics of a tropical wet evergreen forest in the Western Ghats of Kerala, India. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 10, p. 337-354, ago. 1994.

COOPER, C. F. Carbon storage in managed forest. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 13, n. 1, p. 155- 166, 1983.

COSTA, O. V. et al. Estoque de carbono do solo sob pastagem em área de tabuleiro costeiro no sul da Bahia. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 33, n. 1137, jun 2009. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v33n5/v33n5a07.pdf>>. Acesso em: 28 nov. 2014.

DENSLOW, J. S. Functional group diversity and responses to disturbance. In: ORIAN, G. H.; DIRZO, R.; CUSHMAN, J. H. (eds.). **Biodiversity and ecosystem processes in tropical forests. ecological studies**.. Berlin: Springer-Verlag, 1996. v.122. p.127-151.

DENSLOW, J.S. & HARTSHORN, G.S. Tree-fall Gap Environments and Forest Dynamics Processes. In: L.A. Mcdade, K.S. Bawa, H.A. Hespeneide & G.S. Hartshorn (eds.). **La Selva: Ecology and Natural History of a Neotropical Rain Forest**, 1. Chicago: University of Chicago Press, 1994. p.120-127.

DÍAZ, J. A. B. O. Captura de carbono en un bosque templado: el caso de San Juan, Michoacán. **SEMARNAP**, México, v. 1, n. 1, p. 14-15, jun. 1999.

DURIGAN, G. & NOGUEIRA, J.C.B. **Recomposição de matas ciliares**. São Paulo: Instituto Florestal, 1990. 14p.

DURIGAN, G. et al. **Sementes e mudas de árvores tropicais**. São Paulo: Páginas Letras Editora e Gráfica, 1997. 65 p.

DURIGAN, G et al. Estrutura e diversidade de componente arbóreo da floresta na Estação Ecológica de Caetetus, Gália, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 369-381, dez. 2000.

EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL(EMATER). **Levantamento e reconhecimento dos solos, região de Campo Mourão PR**. 2001. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento, Governo do Paraná.

ESPÍRITO-SANTO, F. et al. Variáveis ambientais e a distribuição de espécies arbóreas em um remanescente de floresta estacional semidecídua montana no campus da Universidade Federal de Lavras, MG. **Acta Botanica Brasilica**, Belo Horizonte, v. 16, n. 3, p. 331-356, set. 2002.

Estacional Semidecidual. In: \_\_\_\_\_. **Série Ecossistemas Paranaenses**. Curitiba, v.5, 2010. Disponível em:  
<[http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/cobf/V5\\_Floresta\\_Estacional\\_Sem](http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/cobf/V5_Floresta_Estacional_Sem)

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **Silvicultural research in the Amazon**. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1971. 192 p.

FORMAN, R.T.T. & GODRON, M. **Landscape Ecology**. New York: Wiley & Sons, 1986. 619p.

FRANKLIN, J.F.; SHUGART, H.H.; HARMON, M.E. Tree death as an ecological process. **BioScience**. Oxford, v. 37, n. 8, p. 550-556, 1987.

FUENTES, E. V. et al. A influência do ambiente no tamanho e biomassa da tatuíra (*Emerita brasiliensis*) na ilha de Santa Catarina, Brasil. **Ecologia de Campo na Ilha de Santa Catarina**, Florianópolis, p. 222-227.

HAMILTON Jr., D. A. A logistic model of mortality in thinned and unthinned mixed conifer stands of Northern Idaho. **Forest Science**, Bethesda, v. 32, n. 4, p. 989-1000, dez. 1986.

HIGUCHI, P. et al. Influência de variáveis ambientais sobre o padrão estrutural e florístico do componente arbóreo, em um fragmento de floresta ombrófila mista montana em Lages, SC. **Ciência Florestal**, v. 22, n. q, p. 79 – 90, mar. 2012.  
 HIGUCHI, P. et al. Dinâmica da comunidade arbórea em um fragmento de floresta estacional semidecidual montana em Lavras, Minas Gerais, em diferentes classes de solos. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 417-426, mai. 2008.

HUBBELL, S.P. & FOSTER, R.B. 1986. Canopy gaps and the dynamics of a neotropical forest. In: Crawley, M.J.(Ed.). **Plant Ecology**. Oxford: Blackwell Scientific Pub Inc, 1986, p.77-96.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades, Paraná**. 2014. Disponível em:  
 <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=410655&search=parana|corumbatai-do-sul|infograficos:-informacoes-completas>> Acesso em: 22 de nov. 2014.

IPARDES – Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Leituras Regionais: Mesorregião Geográfica Centro-Occidental Paranaense**. Curitiba, p.133, 2004. Disponível em:  
 <[http://www.ipardes.gov.br/biblioteca/docs/leituras\\_reg\\_meso\\_centro\\_occidental.pdf](http://www.ipardes.gov.br/biblioteca/docs/leituras_reg_meso_centro_occidental.pdf)>. Acesso em: 22 de nov. 2014.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate change 2013: The physical science basis**. Disponível em: < [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5\\_Chapter14\\_FINAL.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_Chapter14_FINAL.pdf)>. Acesso em 24 nov. 2014.

LEE, Y. Predicting mortality for even-aged stands of lodgepole pine. **Forestry Chronicle**, Saint Anned-Bellevue, v. 47, n. 1, p. 29-32, fev. 1971.

LEKHA, A.; GUPTA, S. R. Decomposition of Populus and Leucaena leaf litter an agroforestry system. *Environmental Science and Foresty*, Syracuse, v.15, p. 97-108, 1989.

LIMA, R.A.F. Gap size measurement: the proposal of a new field method. **Forest Ecology and Management**, v. 214, p.413-419, ago. 2005.

LONGHI, R.A. **Livro das árvores e arvoretas do sul**. Porto Alegre: L & PM, 1995. 176p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 368p.

LOSS, A et al. Quantificação do carbono das substâncias húmicas em diferentes sistemas de uso do solo e épocas de avaliação. **Bragantia Campinas**. Campinas, v.69, n. 4, p. 913-922, 2010.

LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; SCHULTZ, N.; ANJOS, L.H.C. dos; SILVA, E.M.R. Atributos químicos e físicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo em sistema integrado de produção agroecológica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, p.68-75, jan. 2009.

MACHADO, P. L. O. A. Carbono do Solo e a Mitigação da Mudança Climática Global. **Revista Química Nova**, Rio de Janeiro, v. 28, n. 2, p. 329-334, 2005.

MACHADO, P. L. O. A.; Freitas, P. L. Em Sustainable Agriculture and the International Rice-Wheat System; Lal, R.; Hobbs, P. R.; Uphoff, N.; Hansen, D. O., eds.; Marcel Dekker Inc.: New York, 2004, cap. 18.

MENDES, S. C. et al. Absorção e distribuição de nutrientes em plantios comerciais de bambu (*Bambusa vulgaris*) no nordeste do Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 991-999, ago. 2010.

MINERAIS DO PARANÁ (MINEROPAR). **Geologia do Paraná**. 2001. Disponível em:< [www.mineropar.pr.gov.br](http://www.mineropar.pr.gov.br)>. Acesso em: 17/08/2015.

MULKEY, S.S. & WRIGHT, S.J. Influence of seasonal drought on the carbon balance of tropical plants. In: Mulkey, S.S., Wright & A. Smith S.J. (eds.). Tropical forest plant ecophysiology. New York: Chapman & Hall, 1996, p.187-216.

OLIVEIRA FILHO, A. T. et al. Dinâmica da comunidade e populações arbóreas da borda e interior de um remanescente florestal na Serra da Mantiqueira, Minas Gerais, em um intervalo de cinco anos (1999-2004). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 30, n. 1, p. 149-161, fev. 2007.

OLIVEIRA FILHO, A. T.; MELLO, J.; SCOLFORO, J. R. Effects of past disturbance and edges on tree community structure and dynamics within a fragment of tropical semideciduous forest in south-eastern Brazil over a five-year period (1987-1992). **Plant Ecology**, v. 131, n. 1, p.45-66, fev. 1997.

OLIVEIRA, M. P. Congresso de Copenhague – COP 15 ou “La fábula del tiburón y las sardinhas”? **Fórum de Direito Urbano e Ambiental**, Belo Horizonte, v. 1, n. 50, mar. 2010. Disponível em: < <http://www.portaldoeconomista.org.br/arquivos/>

ORDÓÑEZ, A. **Captura de Carbono em um Bosque Templado: El Caso de San Juan Nuevo, Michoacán**. Instituto Nacional de Ecología. Cidade do México: SEMARNAP, 1999.

ORIAN, G.H. The influence of tree-falls in tropical forest in tree species richness. **Tropical Ecology**, v. 23, p.255-279, 1982.

PALIK, B.& MURPHY, P. G. Disturbance versus edge effects in sugar: maple/beech forest fragments. **Forest Ecology and Management**, v. 32, p. 187-202, mai. 1990.  
PALIK, B.; MURPHY, P.G. Disturbance Versus Edge Effects In Sugar: Maple/ Beech Forest Fragments. **Forest Ecology and Management**, v.32, p.187-202, 1990.

POMIANOSKI, D. J. W. **Perdas de solo e água em sistemas agroflorestais da bracatinga (*Mimosa scabrella* Bentham) em diferentes declividades e manejos**. 2005. 91 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

PARANÁ (Estado) - Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Floresta publicacoes/3108820101702133000.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2014.

RENNER, R. M. **Sequestro de carbono e a viabilização de novos reflorestamentos no Brasil**. 2004. 132 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Faculdade de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

RODRIGUES, L. et al. Efeitos de solos e topografia sobre a distribuição de espécies arbóreas em um fragmento de floresta estacional semidecidual. Luminárias, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 25-35, jan. 2007.

SALATI, E. Emissão x seqüestro de CO<sub>2</sub> - Uma nova oportunidade de negócios para o Brasil. Sumário Executivo. In: SEMINÁRIO EMISSÃO X SEQÜESTRO DE CO<sub>2</sub>: Uma nova oportunidade de negócios para o Brasil, 1994, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CVRD, 1994. p.15-37.

SCHAAF, L. B.; FIGUEIREDO FILHO, A.; GALVÃO, F.; SANQUETTA, R. C. Alteração na estrutura diamétrica de uma Floresta Ombrófila Mista no período entre 1979 e 2001. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 283-295, abr. 2006.

SCHIMMEL, D. S., 1995. Terrestrial Ecosystems and The Carbon Cycle. *Global Biology*, n 1, p. 77-91

SCHROEDER, P. Carbon storage potential of short rotation tropical tree plantations. **Forest Ecology and Management**, v. 50, p. 31-41, jul. 1992.

SEDJO, R.; SOHNGEN, B.; MENDELSON, R. Estimating Carbon Supply Curves for Global Forests and Other Land Uses. **Resources for the future**. Washington, p. 1 – 19.

SILVA, A. C. et al. Florística e estrutura da comunidade arbórea em fragmentos de floresta aluvial em São Sebastião da Bela Vista, Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 283-297, jun. 2009.

SILVA, A. C. et al. Spatio-temporal patterns of tree community dynamics in a tropical forest fragment in South-east Brazil. **Plant Ecology**, Lavras, v. 199, n. 1, p. 125-135, dez. 2008.

SILVA, A. C.; HIGUCHI, P.; VAN DEN BERG, E. Effects of soil water table regime on tree community species richness and structure of alluvial forest fragments in Southeast Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 70, n. 3, p. 465-471, ago. 2010.

SILVA, A.C.S. et al. Estoque de biomassa aérea, carbono e sequestro de dióxido de carbono em sistemas florestais na Amazônia Mato-grossense. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 3, n. 4, p. 22-35, jul. 2014.

SILVA-RIOS, M.N.; RIBEIRO, J.F. & RESENDE, M.E. Propagação vegetativa: enraizamento em estacas de espécies nativas de Mata de Galeria. In: RIBEIRO, J.F.; FONSECA, C.E.L. & SOUZA-SILVA, J.C. (eds.). **Cerrado – Caracterização e Recuperação de Matas de Galeria**. Planaltina: Embrapa/Cerrados, 2001, p. 455-491.

SILVEIRA, T. V. S. **Análise do balanço energético e da matriz de emissão de poluentes no estado do Rio Grande do Norte**. 2008. 165 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.

SMITH, T.M. et al. 1993. Terrestrial Biospheric Carbon Fluxes: Quantification and Sources of CO<sub>2</sub>. **Kluwer Academic Publishers**, Netherlands. p. 19-37.



SMITH, T.M. et al. 1993. The Global Terrestrial Carbon Cycle. **Water, Air and Soil Pollution**, 70, p. 19-37

SOARES, P. **Levantamento fitossociológico de regeneração natural em reflorestamento misto no noroeste de Mato Grosso**. 2009. 50f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Faculdade de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2009.

TABANEZ, A. A. J.; VIANA, V. M. & DIAS, A. S. Consequências da fragmentação e do efeito de borda sobre a estrutura, diversidade e sustentabilidade de um fragmento de floresta de planalto de Piracicaba, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 57, n. 1, p. 47-60, fev. 1997.

TABANEZ, A.J.; VIANA, V.M.; DIAS, A.S. Conservação da fragmentação e do efeito de borda sobre a estrutura, diversidade e sustentabilidade de um fragmento de floresta de Planalto de Piracicaba, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v.57, n.1, p.47-60, 1997.

TONIATO, m. t. z. & OLIVEIRA – FILHO, A. T. Variations in tree community composition and structure in a fragment of tropical semideciduous forest in southeastern Brazil related to different human disturbance histories. **Forest Ecology and Management**, v. 198, p. 319-339, mai. 2004.

TORRES, Carlos M. M. E. et al. Quantificação de Biomassa e Estocagem de Carbono em uma Floresta Estacional Semidecidual, no Parque Tecnológico de Viçosa, MG. **Revista Árvore**. Viçosa, v. 37, n.4, 2013.

VICTORIA, R. L. et al. O ciclo do carbono e sua importância nas mudanças climáticas globais. In: SEMINÁRIO EMISSÃO X “SEQÜESTRO” DE CO<sub>2</sub>: uma oportunidade de negócios para o Brasil. Rio de Janeiro, 1994. **Anais...** Rio de Janeiro: CVRD, 1994. p. 77-94.

WATZLAWICK, L. F. **Estimativa de Biomassa e Carbono em Floresta Ombrófila Mista e Plantações Florestais a Partir de Dados de Imagens do Satélite Ikonos II**, 2003. 120f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

WOOMER, P. L. et al. Slash-and-burn effects on carbon stocks in the humid tropics. In: LAL, R.; KIMBLE, J. M.; STEWART, B. A. (Ed.). **Global climate change and tropical ecosystems**. Boca Raton: CRC Press, 2000, p. 99-115.

YANG, Y.; TITUS, S. J.; HUANG, S. Modeling individual tree mortality for white spruce in Alberta. **Ecological Modeling**, Amsterdam, v. 163, n. 3, p. 209-222, mai. 2003.

YU, C. M. **Sequestro florestal de carbono no Brasil**: dimensões políticas, socioeconômicas e ecológicas. 1 ed. São Paulo. Annablume, 2004.