



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ – UFOPA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS DA AMAZÔNIA**

**ESTOQUE E DINÂMICA DE BIOMASSA ARBÓREA EM
FLORESTA OMBRÓFILA DENSA NA FLONA TAPAJÓS:
AMAZÔNIA ORIENTAL**

FABIO GUERRA SANTOS

Santarém – Pará, março, 2012

FABIO GUERRA SANTOS

ESTOQUE E DINÂMICA DE BIOMASSA ARBÓREA EM
FLORESTA OMBRÓFILA DENSA NA FLONA TAPAJÓS:
AMAZÔNIA ORIENTAL

ORIENTADOR: PROF^o. DR^o. PLÍNIO BARBOSA DE CAMARGO

CO-ORIENTADOR: PROF^o. DR^o. RAIMUNDO COSME DE OLIVEIRA JÚNIOR

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Recursos Naturais da Amazônia, junto ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Naturais da Amazônia.

Área de concentração: Processos de Interação da Biosfera e Atmosfera

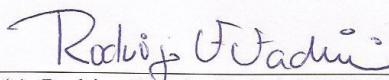
Santarém – Pará, março, 2012

ESTOQUE E DINÂMICA DE BIOMASSA ARBÓREA EM
FLORESTA OMBRÓFILA DENSA NA FLONA TAPAJÓS:
AMAZÔNIA ORIENTAL

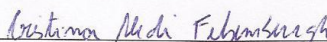
Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do Título de Mestre em Recursos Naturais da Amazônia, Área de concentração: Processos de Interação Biosfera e Atmosfera. Aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Naturais da Amazônia, nível de mestrado, da Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, em **29 de março de 2012**.

Prof(a). Dr(a). Rosa Helena Veras Mourão (UFOPA)
Coordenador(a) do PGRNA

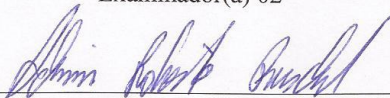
Apresentada à Comissão Examinadora, integrada pelos Professores:



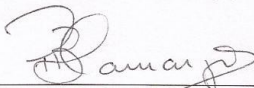
Prof(a). Dr(a). Rodrigo Ferreira Fadini (UFOPA)
Examinador(a) 01



Prof(a). Dr(a). Cristina Aledi Felseburgh (UFOPA)
Examinador(a) 02



Prof(a). Dr(a). Ademir Roberto Ruschel (EMBRAPA)
Examinador(a) 03



Prof(a). Dr(a). Plínio Barbosa de Camargo (CENA - USP)
Orientador(a)



Prof(a). Dr(a). Raimundo Cosme de Oliveira Júnior (EMBRAPA)
Co-orientador(a)

Santarém - PA, março, 2012.

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Gestão da Informação – SIGI/UFOPA
Biblioteca Ruy Barata**

S237e Santos, Fabio Guerra
Estoque e Dinâmica de Biomassa Arbórea em Floresta Ombrófila
Densa na FLONA Tapajós: Amazônia Oriental / Fábio Guerra Santos. –
Santarém, 2012.

45 f.: il; 30 cm.

Inclui bibliografias.

Orientador Plínio Barbosa de Camargo; Co-orientador Raimundo
Cosme de Oliveira Júnior.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Oeste do Pará,
Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia. Santarém,
2012.

1 Biomassa florestal – Amazônia. 2.Reservas florestais – Pará. 3.
Floresta Nacional do Tapajós (PA). I. Camargo, Plínio Barbosa de, orient. II.
Título.

CDD: 21 ed. 553.09815

Bibliotecária – Documentalista: Creuza Andréa Santos CRB2/1352

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus como meu mestre e guia na jornada da vida, e a minha família que é a minha fonte de dedicação e força de vontade para vencer os obstáculos da vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiro a Deus, como meu mestre e rocha eterna;

Agradeço a minha família que sempre serviu de inspiração e ponto focal para alcançar meus objetivos;

Agradeço a minha noiva Daniela Pauletto pela paciência e colaboração nessa conquista;

Agradeço ao Prof^o Dr. Plínio Camargo pela orientação e confiança para produzir este trabalho;

Agradeço ao Prof^o Dr. Raimundo Cosme de Oliveira Júnior pelos momentos de incentivo a produção e divulgação dos resultados alcançados;

Agradeço a todos os colegas do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA pelo apoio e compreensão para confecção deste trabalho;

Agradeço ao Programa de Grande Escala da Biosfera - Atmosfera na Amazônia - LBA pela oportunidade de participar em suas áreas de pesquisa;

Agradeço ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio pela oportunidade de desenvolvimento do trabalho na FLONA Tapajós;

Agradeço o Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais da Amazônia – PGRNA e a todos os colegas da turma 2010 pelo companheirismo, apoio e incentivo;

EPÍGRAFE

**“O Senhor é meu pastor; nada me faltará
Deitar-me faz em verdes pastos, guia-me mansamente a águas
tranquilas...”.**

Salmo 23

SANTOS, Fabio Guerra. **Estoque e Dinâmica de Biomassa Arbórea em Floresta Ombrófila Densa na FLONA Tapajós: Amazônia Oriental**. 2012. 45p. Dissertação de Mestrado em Recursos Naturais da Amazônia. Área de concentração: Processos de Interação da Biosfera e Atmosfera - Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia. Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, Santarém, 2012.

RESUMO

A análise das oscilações dos estoques de biomassa em florestas tropicais permite descrever o comportamento desses ecossistemas diante de alterações naturais ou antropogênicas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o estoque e a dinâmica de biomassa no período (2007-2010) em Floresta Ombrófila Densa de duas áreas de pesquisa na FLONA - Tapajós: Amazônia oriental, denominadas ÁREA 1 e ÁREA 2, distantes aproximadamente 45 km uma da outra. A biomassa foi estimada através de equação alométrica e medidas de DAP, proveniente de 12 parcelas permanentes, sendo 6 em cada área. Os resultados mostraram que houve diferença significativa no estoque médio anual de biomassa entre a ÁREA 1 ($293,19 \pm 27,74$; $298,21 \pm 31,73$; $299,60 \pm 29,46$; $298,11 \pm 29,40$ Mg.ha⁻¹) e a ÁREA 2 ($254,35 \pm 69,61$; $259,10 \pm 70,05$; $261,00 \pm 69,43$; $248,92 \pm 61,78$ Mg.ha⁻¹). Notou-se variação anual no estoque de biomassa em intervalos de medições superiores a um ano, devido as oscilações na taxa de mortalidade, recrutamento e incremento, além da área basal e abundância dos indivíduos em cada área. Apesar das maiores concentrações de indivíduos estarem nas classes diamétricas $10 \leq \text{DAP} \leq 30$ cm, verificou-se que os indivíduos com $\text{DAP} \geq 60$ cm em quantidades menores estocam biomassa equivalente à das classes $10 \leq \text{DAP} \leq 30$ cm. Dez grupos de espécimes contribuíram com 53,28% e 44,23% respectivamente na ÁREA 1 e na ÁREA 2 no estoque médio anual de biomassa. Concluímos que as oscilações na taxa de mortalidade, recrutamento e incremento, além da abundância e área basal nestes locais afetaram os estoques de biomassa.

Palavras-chave: Método indireto, Distribuição diamétrica, Abundância.

SANTOS, Fabio Guerra. **Estoque e Dinâmica de Biomassa Arbórea em Floresta Ombrófila Densa na FLONA Tapajós: Amazônia Oriental**. 2012. 45p. Dissertação de Mestrado em Recursos Naturais da Amazônia. Área de concentração: Processos de Interação da Biosfera e Atmosfera - Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia. Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, Santarém, 2012.

ABSTRACT

The analysis of the oscillations of biomass stocks in tropical forests allows us to describe the behavior of these ecosystems in the face of natural or anthropogenic changes. The objective of this study was to evaluate the inventory and dynamics of biomass in the period (2007-2010) in dense rain forest in two areas of research in the National Forest -Tapajós, eastern Amazonia, called AREA 1 and AREA 2, 45 Km distant from each other. The biomass was estimated using allometric equation and DAP, from 12 permanent plots, with six in each area. The results showed a significant difference in annual average stock biomass between AREA 1 (293.19 ± 27.74 , 298.21 ± 31.73 , 299.60 ± 29.46 , 298.11 ± 29.40 Mg. ha⁻¹) and Area 2 (254.35 ± 69.61 , 259.10 ± 70.05 , 261.00 ± 69.43 , 248.92 ± 61.78 Mg.ha⁻¹). Besides that, it was noted annual change in stock biomass measurements at intervals of greater than one year due to fluctuations in mortality, recruitment and growth, besides the basal area and abundance of individuals in each area. Although the highest concentrations of individuals are in diametric classes $DAP 10 \leq DAP \leq 30$ cm, it was found that individuals with $DAP \geq 60$ cm in minor amounts equivalent to stockpile biomass classes $DAP 10 \leq DAP \leq 30$ cm. Ten groups of specimens contributed 53.28% and 44.23% respectively in AREA 1 and AREA 2 in stock average annual biomass. We conclude that fluctuations in mortality, recruitment and growth, and abundance and basal area of these sites affected the stock biomass.

Key-words: Indirect method, Diameter distribution, Abundance.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS.....	xi
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
1.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
1.2. OBJETIVOS	5
1.2.1. Objetivo Geral:.....	5
1.2.2. Objetivos Específicos:	5
CAPITULO I	6
2. SINTESE INTEGRADORA.....	28
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29
ANEXOS	33

LISTA DE ABREVIações E SIGLAS

DAP – Diâmetro a Altura do Peito

IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

LBA – Programa de Grande Escala da Biosfera - Atmosfera na Amazônia

FLONA Tapajós – Floresta Nacional do Tapajós

PPL – Produtividade Primária Líquida

1. INTRODUÇÃO GERAL

A floresta ombrófila densa é um ecossistema tropical dinâmico suscetível às alterações naturais ou antropogênicas, que influenciam diretamente o estoque de biomassa, devido às mudanças na estrutura físico-química do solo, estrutura e composição florística e variações microclimáticas ao longo do tempo.

As florestas tropicais brasileiras são alvo de preocupação diante das pressões humanas, pois o Brasil possui a segunda maior área de florestas conservadas do mundo, atrás apenas da Rússia. Apesar das florestas tropicais acumularem um dos maiores estoques de biomassa entre os ecossistemas terrestres, pouco se sabe sobre os padrões de variação espacial e temporal de biomassa dessas florestas.

Para entender os padrões de variação no estoque de biomassa em florestas tropicais, é necessária a instalação de parcelas permanentes de monitoramento contínuo. O método de quantificação da biomassa da área a ser avaliada, poderá ser o método direto ou o método indireto.

O método direto consiste na derrubada e pesagem dos indivíduos presentes em parcelas fixas, o que torna este método caro e trabalhoso, além do que, a biomassa quantificada será referente a uma área limitada.

Considerando a área do Brasil coberta por florestas, seria impossível quantificar o estoque de biomassa do território nacional pelo método direto, porém, o método indireto possui a vantagem de se avaliar áreas extensas por meio de variáveis de fácil medição coletadas em parcelas permanentes. Há, porém, a necessidade inicial de se construir um modelo alométrico representativo da população a ser estudada com o uso do método direto, contudo, o modelo produzido não se limita a quantificar biomassa de parcelas fixas.

Pesquisas para entender a magnitude da variação espacial e temporal no processo de produção de biomassa são de considerável interesse para: a compreensão do funcionamento dos ecossistemas, o papel da biosfera no ciclo biogeoquímico global e as respostas dos ecossistemas às perturbações (Malhi et al., 2004).

Neste contexto, o presente trabalho visou quantificar o estoque e conhecer a variação temporal e espacial de biomassa em duas áreas de Floresta Ombrófila Densa na FLONA Tapajós.

1.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo a FAO (2010), floresta é definida como a área que mede mais que meio hectare, com árvores maiores que cinco metros de altura e cobertura de copa superior a 10%. Adotando este conceito Brasil (2010) estimou que o Brasil tem aproximadamente 516 milhões de hectares de florestas naturais e plantadas, equivalente a 60,7 % do território nacional coberto por florestas, sendo a segunda maior área de florestas conservadas do mundo, atrás apenas da Rússia (BRASIL, 2010).

Considerando que a quantidade de material vegetal presente por unidade de superfície em uma floresta é conceituada como biomassa (Araújo et al., 1999; Guedes et al., 2001; Keeling e Phillips, 2007), as florestas brasileiras são de fundamental interesse para projetos de conservação quando se refere a fixação de carbono para estoque de biomassa (Sette Junior et al., 2006 e Boina, 2008).

Nesse contexto, os atuais padrões de uso da terra (Artaxo et al., 2005; Kauffman et al., 2009) alteram a dinâmica fitossociológica (Nascimento e Laurance, 2004; Nascimento e Laurance, 2006) em florestas tropicais e produzem sérios problemas às gerações presentes e futuras através da queima de biomassa (Aires e Kirchhoff, 2001).

As florestas naturais estão constantemente sob processos de mudanças na estrutura e composição florística, sejam naturais (Nascimento e Laurance, 2006; Andrade e Higuchi, 2009; Vianna et al., 2010) ou antrópicas (Aires e Kirchhoff, 2001; Nascimento e Laurance, 2004), consequentemente alterando os padrões de variação espacial e temporal de biomassa.

As florestas tropicais acumulam um dos maiores estoques de biomassa entre os ecossistemas terrestres, no entanto a sua quantidade

exata e os padrões de variação espacial ainda são pouco conhecidos (Sarmiento et al., 2005).

Guedes et al., 2001, verificaram que a biomassa é um indicador de produtividade de um sítio, e varia com a precipitação, temperatura, latitude e altitude. Chambers et al., (2001) e Malhi et al., (2004) definem Produtividade Primária Líquida – PPL como a quantidade de carbono retirado da atmosfera e fixado em nova matéria orgânica em um dado intervalo de tempo.

Para entender a dinâmica e o estoque de biomassa florestal, e suas relações físico-químicas no ecossistema, é necessário avaliar a floresta em seus diversos compartimentos (Boina, 2008), assim como, as propriedades físico-químicas do solo (Castilho, 2004; Malhi et al., 2004), a estrutura populacional e tipologia da vegetação (Andrade e Higuchi, 2009; Vianna et al., 2010), além dos fatores climáticos (Rice et al., 2004; Kauffman et al., 2009). A avaliação e análise desses fatores podem ser feitas através de parcelas permanentes de monitoramento (Silva et al., 2005).

A quantificação do estoque de biomassa pode ser realizada de duas formas: método direto e método indireto. O método direto consiste na derrubada e pesagem de árvores que ocorre em parcelas fixas, enquanto o método indireto é baseado na estimativa da biomassa individual da árvore através de equações alométricas (Higuchi et al., 1998; Andrade e Higuchi, 2009).

O método direto é trabalhoso, caro e destrutivo e leva em consideração uma área determinada (Brown et al., 1995; Higuchi et al., 1998; Guedes et al., 2001, Nogueira et al., 2008), e a legislação ambiental estabelece critérios limitadores para supressão florestal, o que dificulta a quantificação de biomassa de áreas extensas.

O método indireto consiste na utilização de dados de inventários florestais e equações alométricas para estimativa de biomassa (Higuchi et al., 1998; Andrade e Higuchi, 2009).

Inicialmente é necessário a construção de um modelo significativamente ajustado, representativo para a população através do método direto (Higuchi et al., 1998), contudo, pode-se em seguida estimar a biomassa (Brown et al.,

1995; Chambers et al., 2001; Mani e Parthasarathy, 2007) de grandes áreas, por meio de uma variável de fácil medição (Chambers et al., 2001; Nogueira et al., 2008), sendo mais rápido e barato em relação ao método direto.

De acordo com Chave et al., (2005), as variáveis mais importantes para construção de modelos alométricos são em ordem decrescente: DAP, densidade da madeira, altura total e tipologia florestal.

As estimativas de biomassa através de equações alométricas bem ajustadas permitem estimativas confiáveis (Chave et al., 2005), entretanto, vale lembrar que a biomassa estimada é afetada pela densidade da madeira (Fearnside, 1997; Nogueira et al., 2005), variando dentro do indivíduo, espécie e tipo de floresta, além da forma do tronco e presença de oco na árvore (Nogueira et al., 2006).

Estimativas de biomassa em florestas tropicais são essenciais para o entendimento da dinâmica da floresta, estoque de nutrientes, e emissão de gases devido ao desmatamento (Brown et al., 1995; Higuchi et al., 1998; Miller et al., 2004). Neste sentido, Baker et al., (2004), Feeley et al., 2007, Nogueira et al., (2008) e Mazzei et al., (2010) estimaram estoques de biomassa por meio de equações alométricas.

Diante desses fatores, o governo brasileiro tem manifestado seu interesse junto à comunidade internacional para contenção de atividades degradantes ou potencialmente poluidoras, devido as mudanças de uso da terra, como exemplo o Plano de Ação de Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia - PPCDAM.

Neste contexto, este trabalho se propõe a conhecer a variabilidade espacial e temporal do estoque de biomassa em duas áreas de floresta ombrófila densa localizada na FLONA Tapajós, além de seu padrão de distribuição, para compreensão da dinâmica e funcionamento desses ecossistemas.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo Geral:

Avaliar o estoque e a dinâmica de biomassa arbórea em Floresta Ombrófila Densa de duas áreas na FLONA - Tapajós: Amazônia oriental.

1.2.2. Objetivos Específicos:

Calcular o estoque de biomassa seca acima do solo das áreas avaliadas;

Avaliar a variabilidade anual do estoque de biomassa seca entre os anos 2007 e 2010 nas duas áreas;

Avaliar a variabilidade espacial do estoque de biomassa seca entre as duas áreas;

Conhecer a dinâmica da biomassa nas áreas e entre os anos de 2007 e 2010;

Definir a curva de distribuição de biomassa em relação às classes diamétricas;

Identificar e quantificar o estoque de biomassa dos dez grupos de espécimes mais representativos das duas áreas.

CAPITULO I

ESTOQUE E DINÂMICA DE BIOMASSA ARBÓREA EM FLORESTA OMBRÓFILA DENSA NA FLONA TAPAJÓS: AMAZÔNIA ORIENTAL¹

**Fabio Guerra Santos
Plínio Barbosa de Camargo
Raimundo Cosme de Oliveira Júnior**

¹Acta Amazônica ISSN: 0044-5967

Estoque e dinâmica de biomassa arbórea em Floresta Ombrófila Densa na FLONA Tapajós: Amazônia oriental

Fabio Guerra SANTOS¹, Plínio Barbosa de CAMARGO², Raimundo Cosme de Oliveira JUNIOR³

RESUMO

A análise das oscilações dos estoques de biomassa em florestas tropicais permite descrever o comportamento desses ecossistemas diante de alterações naturais ou antropogênicas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o estoque e a dinâmica de biomassa no período (2007-2010) em Floresta Ombrófila Densa de duas áreas de pesquisa na FLONA - Tapajós: Amazônia oriental, denominadas ÁREA 1 e ÁREA 2, distantes aproximadamente 45 km uma da outra. A biomassa foi estimada através de equação alométrica e medidas de DAP, proveniente de 12 parcelas permanentes, sendo 6 em cada área. Os resultados mostraram que houve diferença significativa no estoque médio anual de biomassa entre a ÁREA 1 ($293,19 \pm 27,74$; $298,21 \pm 31,73$; $299,60 \pm 29,46$; $298,11 \pm 29,40$ Mg.ha⁻¹) e a ÁREA 2 ($254,35 \pm 69,61$; $259,10 \pm 70,05$; $261,00 \pm 69,43$; $248,92 \pm 61,78$ Mg.ha⁻¹). Notou-se variação anual no estoque de biomassa em intervalos de medições superiores a um ano, devido as oscilações na taxa de mortalidade, recrutamento e incremento, além da área basal e abundância dos indivíduos em cada área. Apesar das maiores concentrações de indivíduos estarem nas classes diamétricas $10 \leq \text{DAP} \leq 30$ cm, verificou-se que os indivíduos com $\text{DAP} \geq 60$ cm em quantidades menores estocam biomassa equivalente à das classes $10 \leq \text{DAP} \leq 30$ cm. Dez grupos de espécimes contribuíram com 53,28% e 44,23% respectivamente na ÁREA 1 e na ÁREA 2 no estoque médio anual de biomassa. Concluímos que as oscilações na taxa de mortalidade, recrutamento e incremento, além da abundância e área basal nestes locais afetaram os estoques de biomassa.

PALAVRAS-CHAVE: Método indireto, Distribuição diamétrica, Abundância.

¹Universidade Federal do Oeste do Pará. E-mail: fabioengflorestal@gmail.com

²Centro de Energia Nuclear na Agricultura/Universidade de São Paulo. E-mail: pcamargo@cena.usp.br

³ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. E-mail: cosme@cpatu.br

Stocks and dynamics of tree biomass in tropical rain forest in the Tapajos National Forest, eastern Amazonia

ABSTRACT

The analysis of the oscillations of biomass stocks in tropical forests allows us to describe the behavior of these ecosystems in the face of natural or anthropogenic changes. The objective of this study was to evaluate the inventory and dynamics of biomass in the period (2007-2010) in dense rain forest in two areas of research in the National Forest -Tapajós, eastern Amazonia, called AREA 1 and AREA 2, 45 Km distant from each other. The biomass was estimated using allometric equation and DAP, from 12 permanent plots, with six in each area. The results showed a significant difference in annual average stock biomass between AREA 1 (293.19 ± 27.74 , 298.21 ± 31.73 , 299.60 ± 29.46 , 298.11 ± 29.40 Mg. ha⁻¹) and Area 2 (254.35 ± 69.61 , 259.10 ± 70.05 , 261.00 ± 69.43 , 248.92 ± 61.78 Mg.ha⁻¹). Besides that, it was noted annual change in stock biomass measurements at intervals of greater than one year due to fluctuations in mortality, recruitment and growth, besides the basal area and abundance of individuals in each area. Although the highest concentrations of individuals are in diametric classes $DAP 10 \leq DAP \leq 30$ cm, it was found that individuals with $DAP \geq 60$ cm in minor amounts equivalent to stockpile biomass classes $DAP 10 \leq DAP \leq 30$ cm. Ten groups of specimens contributed 53.28% and 44.23% respectively in AREA 1 and AREA 2 in stock average annual biomass. We conclude that fluctuations in mortality, recruitment and growth, and abundance and basal area of these sites affected the stock biomass.

KEYWORDS: Indirect method, Diameter distribution, Abundance.

INTRODUÇÃO

Segundo a FAO (2010), floresta é definida como a área que mede mais que meio hectare, com árvores maiores que cinco metros de altura e cobertura de copa superior a 10%. Adotando este conceito Brasil (2010) estima que o Brasil possui aproximadamente 516 milhões de hectares de florestas naturais e plantadas, equivalente 60,7 % do território nacional coberto por florestas, sendo a segunda maior área de florestas conservada do mundo, atrás apenas da Rússia (BRASIL, 2010).

Considerando que a quantidade de material vegetal presente por unidade de superfície em uma floresta é conceituada como biomassa (Araújo *et al.* 1999; Guedes *et al.* 2001; Keeling e Phillips, 2007), as florestas brasileiras são de fundamental interesse para projetos de conservação referente a fixação de carbono para estoque de biomassa (Sette Junior *et al.* 2006 e Boina, 2008).

Os atuais padrões de uso da terra (Artaxo *et al.* 2005; Kauffman *et al.* 2009) alteram a dinâmica fitossociológica (Nascimento e Laurance, 2004; Nascimento e Laurance, 2006) em florestas tropicais e produzem sérios problemas às gerações presentes e futuras através da queima de biomassa (Aires e Kirchhoff, 2001).

As florestas naturais estão constantemente sob processos de mudanças na estrutura e composição florística, sejam naturais (Nascimento e Laurance, 2006; Andrade e Higuchi, 2009; Vianna *et al.* 2010) ou antrópicas (Aires e Kirchhoff, 2001; Nascimento e Laurance, 2004), conseqüentemente alterando os padrões de variação espacial e temporal de biomassa.

As florestas tropicais acumulam um dos maiores estoques de biomassa entre os ecossistemas terrestres, no entanto a sua quantidade exata e os padrões de variação espacial ainda são pouco conhecidos (Sarmiento *et al.* 2005).

Guedes *et al.* 2001, afirmaram que a biomassa é um indicador de produtividade de um sítio, e varia com a precipitação, temperatura, latitude e altitude. Chambers *et al.* (2001) e Malhi *et al.* (2004) explicam que a Produtividade Primária Líquida – PPL é definida como a quantidade de carbono retirado da atmosfera e fixado em nova matéria orgânica em um dado intervalo de tempo.

Para entender a dinâmica e o estoque de biomassa florestal, e suas relações físico-químicas no ecossistema é necessário avaliar a floresta em seus diversos compartimentos (Boina, 2008), assim como, as propriedades físico-químicas do solo (Castilho, 2004; Malhi *et al.* 2004), a estrutura populacional e tipologia da vegetação (Andrade e Higuchi, 2009; Vianna *et al.* 2010), além dos fatores climáticos (Rice *et al.* 2004; Kauffman *et al.* 2009). A avaliação e análise desses fatores pode ser feita através de parcelas permanentes de monitoramento (Silva *et al.* 2005).

A quantificação do estoque de biomassa pode ser feita de duas formas: método direto e método indireto. O método direto consiste na derrubada e pesagem de árvores que ocorre em parcelas fixas, enquanto o método indireto é baseado na estimativa da biomassa individual da árvore através de equações alométricas (Higuchi *et al.* 1998; Andrade e Higuchi, 2009).

O método direto é trabalhoso, caro e destrutivo e leva em consideração uma área determinada (Brown *et al.* 1995; Higuchi *et al.* 1998; Guedes *et al.* 2001, Nogueira *et al.* 2008), e a legislação ambiental estabelece critérios limitadores para supressão florestal, o que dificulta a quantificação de biomassa de áreas extensas.

O método indireto consiste na utilização de dados de inventários florestais e equações alométricas para estimativa de biomassa (Higuchi *et al.* 1998; Andrade e Higuchi, 2009).

Inicialmente é necessário a construção de um modelo significativamente ajustado, representativo para a população através do método direto (Higuchi *et al.* 1998), contudo, pode-se em seguida estimar a biomassa (Brown *et al.* 1995; Chambers *et al.* 2001; Mani e Parthasarathy, 2007) de grandes áreas, por meio de uma variável de fácil medição (Chambers *et al.* 2001; Nogueira *et al.* 2008), sendo mais rápido e barato em relação ao método direto.

De acordo com Chave *et al.* (2005), as variáveis mais importantes para construção de modelos alométricos são em ordem decrescente: DAP, densidade da madeira, altura total e tipologia florestal.

As estimativas de biomassa através de equações alométricas bem ajustadas permitem estimativas confiáveis (Chave *et al.* 2005), entretanto, vale lembrar que a biomassa estimada é afetada pela densidade da madeira (Fearnside, 1997; Nogueira *et al.* 2005), variando dentro do indivíduo, espécie e tipo de floresta, além da forma do tronco e presença de oco na árvore (Nogueira *et al.* 2006).

Estimativas de biomassa em florestas tropicais são essenciais para o entendimento da dinâmica da floresta, estoque de nutrientes, e emissão de gases devido ao desmatamento (Brown *et al.* 1995; Higuchi *et al.* 1998; Miller *et al.* 2004). Neste sentido, Baker *et al.* (2004), Feeley *et al.* 2007, Nogueira *et al.* (2008) e Mazzei *et al.* (2010) estimaram estoques de biomassa por meio de equações alométricas.

Diante desses fatores, o governo brasileiro tem manifestado seu interesse junto à comunidade internacional para contenção de atividades degradantes ou potencialmente poluidoras, devido as mudanças de uso da terra, principalmente através de acordos para redução do desmatamento.

Neste contexto, este trabalho se propõe a conhecer a variabilidade espacial e temporal do estoque de biomassa em duas áreas de floresta ombrófila densa localizada na FLONA Tapajós, além de seu padrão de distribuição, para compreensão da dinâmica e funcionamento desses ecossistemas.

MATERIAIS E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

O presente trabalho foi desenvolvido na Floresta Nacional do Tapajós – FLONA Tapajós (SISBIO nº 14985-4 / ANEXO B), distante aproximadamente 80 km da cidade de Santarém no sentido sul, nas coordenadas geográficas 03°10'00”S e 54°58'00”W. .

A FLONA Tapajós (Figura 1) é uma unidade de conservação com área aproximada de 545 mil hectares, que envolve os municípios de Belterra, Aveiro, Rurópolis e Placas no oeste do Pará (IBAMA, 2004).

A vegetação predominante na área de estudo é classificada como Floresta Ombrófila Densa, caracterizada pela dominância de árvores de grande porte, além de lianas e epífitas (Veloso *et al.* 1991; Hernandez Filho *et al.* 1993).

Espirito-Santo *et al.* (2005) através de imagens de satélite classificaram três regiões fitogeográficas distintas na FLONA Tapajós, a saber: porção norte com presença de babaçu bem nítida em campo; porção central com pouca dissimilaridade de espécies entre o alto e baixo platô; e a porção sul rica em palmeiras, exceto babaçu (*Orbignya phalerata* Mart.).

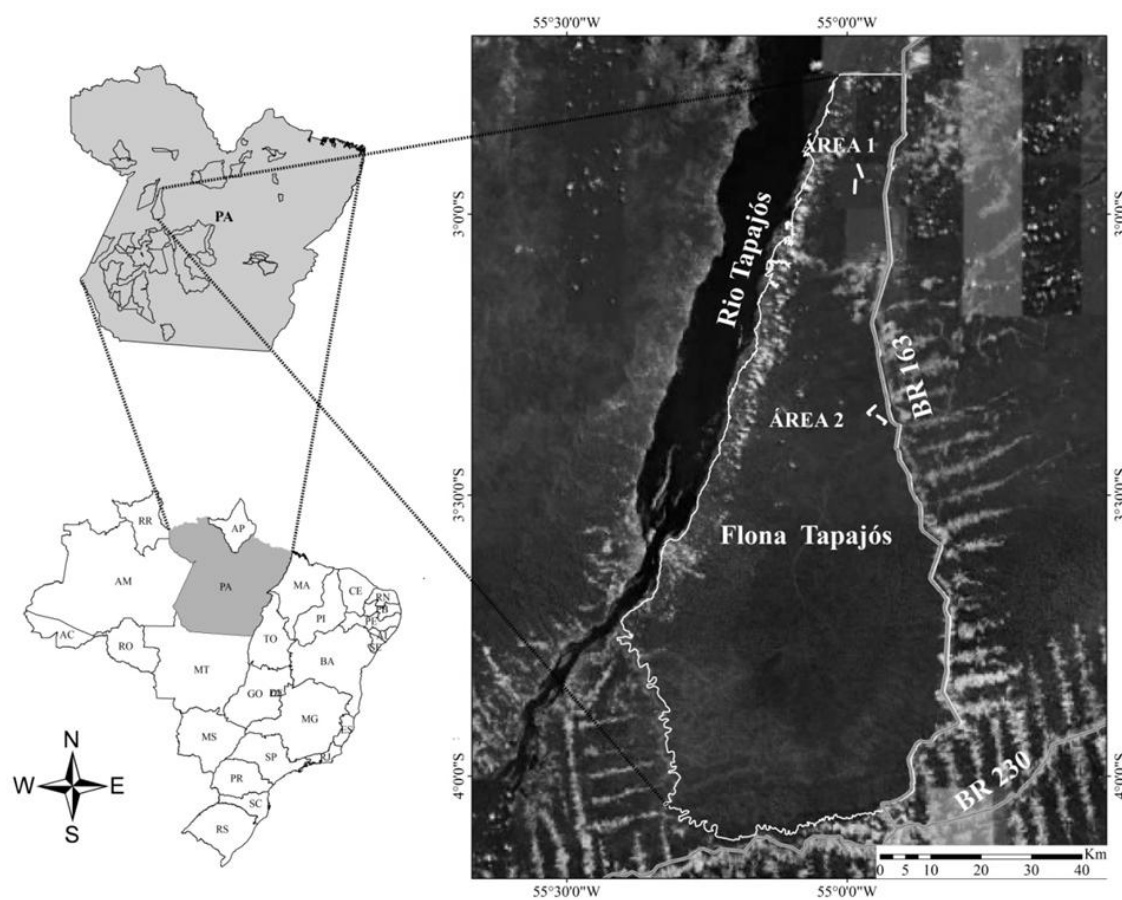


Figura 1. Localização das duas áreas de pesquisa (ÁREA 1 e ÁREA 2) (imagem Google Earth/2011, disponível em: <http://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>).

Conforme a classificação de Köppen o clima é “Ami”, com temperatura média de 24,8 °C, umidade relativa média de 90% e precipitação média anual de 2100 mm, sendo que nos meses de dezembro a maio há uma maior ocorrência de chuvas e de julho a agosto uma queda pluviométrica brusca, caracterizando-se um período seco onde a precipitação mensal é inferior a 60 mm (INMET, 2012)).

Em relação ao solo predominante na área de pesquisa, ocorre o tipo Latossolo Amarelo Distrófico, caracterizado por diferentes texturas, geralmente profundo, ácido, friável e revestido por florestas densas (Espírito-Santo *et al.* 2005).

COLETA E ANÁLISE DE DADOS

Neste trabalho, foi utilizada uma série temporal de dados coletados entre 2007 e 2010, provenientes de doze parcelas permanentes retangulares instaladas em duas áreas no ano 2003 nas proximidades do km 72, (denominado ÁREA 1) e km 117 (denominado ÁREA 2) da BR 163, que delimita a FLONA Tapajós a oeste.

As parcelas mediram 15 m x 500 m (7500 m²), e foram instaladas sistematicamente em área plana não explorada com distância de 500 m uma da outra, sendo seis parcelas em cada área de estudo, e fazem parte de um Projeto de Pesquisa do Programa LBA (Programa de Grande Escala da Biosfera - Atmosfera na Amazônia), que visa efetuar o monitoramento anual de biomassa florestal.

Todos os indivíduos com Diâmetro à Altura do Peito - DAP maiores ou iguais a 10 cm foram identificados, etiquetados e mapeados no plano cartesiano, dentro de cada parcela para permitir o controle anual das mensurações. O DAP foi medido a 1,30 m do solo, utilizando-se fitas diamétrica.

Nos casos, em que foi constatado sapopemas, nós, cupins, ou alguma alteração na altura do DAP, as medições foram realizadas acima destes.

O modelo alométrico utilizado para o cálculo da estimativa de biomassa foi o trabalhado por Santoni (2004) na FLONA Tapajós, adaptado de Chambers *et al.* (2001). O modelo original foi construído com dados coletados de 315 indivíduos abatidos em área de estudo de queima de biomassa, nas proximidades de Manaus – AM, visando a quantificação da biomassa individual da parte aérea baseado na relação DAP e biomassa, como demonstrado a seguir:

$$\text{Biomassa} = \exp(0,37+0,333*\log D+0,933*[\log D]^2-0,122*[\log D]^3)$$

sendo:

Biomassa : peso seco da biomassa em Kg;

D : Diâmetro a Altura do Peito - DAP.

A escolha do modelo foi baseada na literatura, considerando que o mesmo já havia sido testado e comparado a outros modelos (Higuchi *et al.* 1998; Chave *et al.* 2005), em trabalho desenvolvido por Santoni (2004) realizado na FLONA Tapajós, sendo um modelo de simples entrada, com uma variável independente (DAP) de fácil medição, permitindo estimativas similares a outros trabalhos com a mesma temática.

Considerando que dentro das áreas de estudo, as parcelas foram medidas anualmente, adotou-se a análise de variância para medidas repetidas, visando verificar a variabilidade anual e espacial de biomassa entre ÁREA 1 e ÁREA 2.

Para avaliar o grau de relacionamento dos estoques médios anuais de biomassa da ÁREA 1 e ÁREA 2, adotou-se a Correlação de Pearson.

Em relação ao estoque anual de biomassa dentro das áreas de estudo, foi efetuado um teste “t” pareado entre as médias anuais.

Para realização dos testes estatísticos e elaboração de gráficos foram utilizados os Softwares Microsoft Office Excel 2007 e SYSTAT 12 para Windows.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teste de Correlação de Pearson demonstrou que os estoques médios anuais de biomassa das duas áreas possuem baixa correlação ($r=0,267$), comprovado pela análise de variância que mostrou diferença significativa entre a ÁREA 1 e a ÁREA 2 (Figura 2).

Os estoques médios de biomassa mostrado na Figura 2 foram diferentes, pois a taxa de mortalidade natural ao longo das medições dos indivíduos com $DAP \geq 60$ cm na ÁREA 2 foi maior que na ÁREA 1, além do mais, o número de indivíduos na ÁREA 1

com $DAP \geq 60$ cm foi maior que na ÁREA 2 (Figura 3 a 6). Um dos fatores preponderantes para a diferença foi devido a constantes ventanias e queda natural de árvores nas áreas de estudo ao longo do período, entretanto, cada área respondeu diferentemente as intervenções naturais.

Considerando que Chambers *et al.* (2001) relacionou a biomassa estimada ao DAP, Mani e Parthasarathy (2007), e Vianna *et al.* (2010) justificaram a idéia de que a área basal foi um dos fatores que provocou a diferença no estoque de biomassa entre as duas áreas, pois a abundância de indivíduos com $DAP \geq 60$ cm foi maior na ÁREA 1 (Figura 3 e 4).

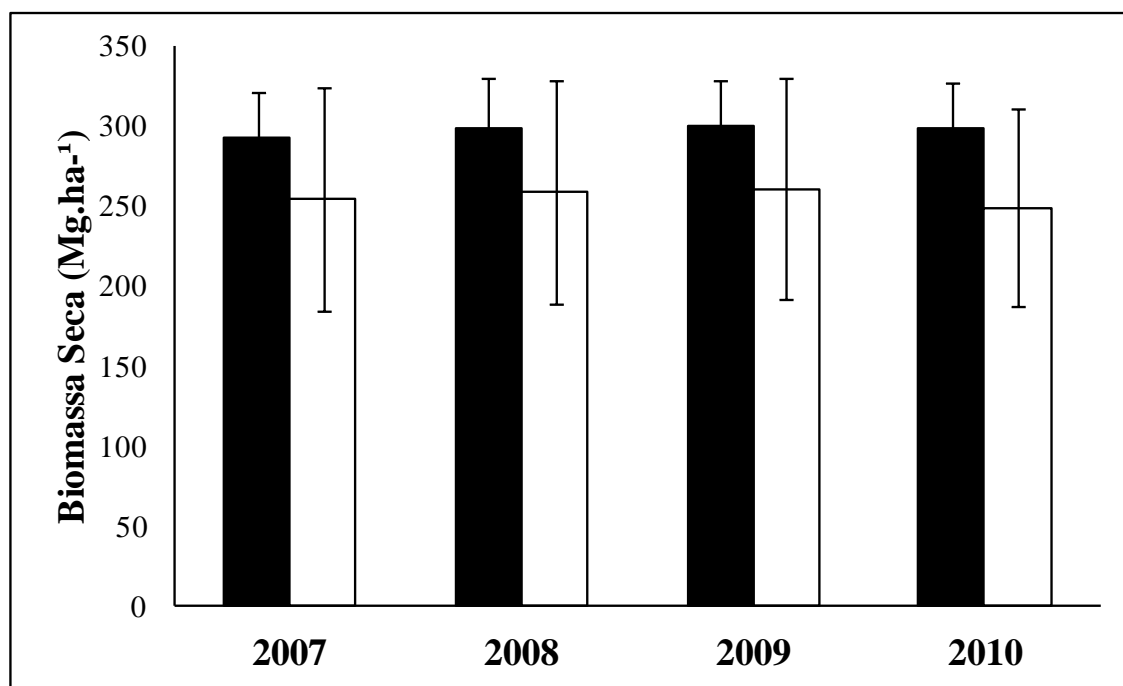


Figura 2. Biomassa média anual para os respectivos anos da ÁREA 1 (293,19 ± 27,74; 298,21 ± 31,73; 299,60 ± 29,46; 298,11 ± 29,40 Mg.ha⁻¹) e ÁREA 2 (254,35 ± 69,61; 259,10 ± 70,05; 261,00 ± 69,43; 248,92 ± 61,78 Mg.ha⁻¹) com o respectivo desvio padrão (r de Pearson=0,267 ; F = 8,604, p- valor <0,05 entre as duas áreas).

Como pode ser observado na Tabela 1, a taxa de mortalidade da ÁREA 2 apresentou um aumento acentuado em 2010, sendo que apenas em 2009 foi menor que na ÁREA 1. Apesar da ÁREA 1 possuir aumento na taxa de mortalidade em 2010, a ÁREA 2 perdeu biomassa viva, pois o incremento em biomassa no período para a ÁREA 1 foi

0,36 Mg.ha.ano⁻¹, enquanto que na ÁREA 2 foi -0,40 Mg.ha.ano⁻¹.

É importante observar que a ÁREA 2 teve um aumento na taxa de recrutamento em 2010, provavelmente devido a abertura de clareiras pela mortalidade alta de árvores neste mesmo ano. Segundo Nascimento e Laurance (2006) a entrada de luz na floresta proporciona a germinação de espécies pioneiras, e no caso das clareiras (Malhi *et al.* 2004; Boina, 2008) pode reduzir a competição por água, luz e nutrientes facilitando o ingresso de novos indivíduos nas classes seguintes (Gale e Barfod, 1999; Gale *et al.* 2000; Feeley *et al.* 2007)..

O incremento em biomassa se manteve praticamente constante, sendo que em 2010 houve uma redução acentuada na ÁREA 2, o que é explicado pela taxa de mortalidade e menor número de indivíduos nas classes com DAP \geq 60 cm.

Espirito-Santo *et al.* (2005) em trabalhos desenvolvidos na FLONA Tapajós, justificaram ainda que a composição florística e abundância das espécies entre ÁREA 1 e ÁREA 2, são diferentes devido a região fitogeográfica em que estão alocadas.

Nogueira *et al.* (2006) reforçaram que irregularidades na forma do fuste e troncos ociosos afetaram as estimativas de estoques, pois a biomassa está em função do DAP na equação alométrica usada.

Para Mani e Parthasarathy (2007), e Vianna *et al.* (2010) a área basal possui uma forte relação com a biomassa, talvez a área ocupada pela população tenha sido preponderante para o maior estoque de biomassa da ÁREA 1, pois nesta área se constatou maior número de indivíduos com DAP \geq 60 cm em relação a ÁREA 2, mas vale lembrar que os estoques de biomassa (Tabela 1) ficaram dentro do valor médio encontrado por Santoni, 2004 (306 Mg.ha⁻¹) na FLONA Tapajós para as mesmas áreas de estudo.

Malhi *et al.* (2004) e Boina (2008) ressaltaram que grande parte da variabilidade no estoque de biomassa ocorre em pequena ou meso escala espacial, e provavelmente está relacionada com a presença de clareiras e micro-variações em propriedades do solo e na topografia, fato que reforça as taxas de mortalidade e formação de clareiras nas duas áreas ao longo do período analisado devido ao vento e queda natural.

Gale e Barfod (1999); Gale *et al.* (2000); Feeley *et al.* (2007), explicaram que as clareiras naturais e o tipo de terreno podem interferir na abundância e mortalidade, além da distribuição das espécies.

Tabela 1. Taxa de Mortalidade (ind.ha⁻¹), Taxa de Recrutamento (ind.ha⁻¹) e Biomassa Seca (Mg.ha⁻¹) no respectivo ano de coleta.

		Mortalidade	Recrutamento	Biomassa Seca
ÁREA 1	2007	-	-	293,19 ± 27,74
	2008	2,31% ± 1,52%	1,83% ± 1,01%	298,21 ± 31,73
	2009	2,33% ± 0,95%	2,40% ± 1,08%	299,60 ± 29,46
	2010	3,05% ± 1,22%	1,81% ± 0,71%	298,11 ± 29,40
ÁREA 2	2007	-	-	254,35 ± 69,61
	2008	2,99% ± 1,52%	2,16% ± 1,51%	259,10 ± 70,05
	2009	1,89% ± 0,99%	0,57% ± 0,56%	261,00 ± 69,43
	2010	4,74% ± 3,11%	1,81% ± 0,94%	248,92 ± 61,78

Nota: O incremento em biomassa seca da ÁREA 1 foi 0,36 Mg.ha.ano⁻¹ e na ÁREA 2 foi -0,40 Mg.ha.ano⁻¹.

As Figuras 3 a 6 mostram que a estrutura diamétrica do povoamento seguiu o padrão (“j” invertido) usual de florestas tropicais, ou seja, maior concentração de indivíduos nas classes entre $10 \leq \text{DAP} \leq 30$ cm, diminuindo com o aumento do diâmetro, indicando a existência de um balanço entre o recrutamento e a mortalidade dos indivíduos (Gonçalves e Santos, 2008).

Comparando biomassa e abundância (Figuras 3 e 4; 5 e 6), verificou-se que a ÁREA 2 apresentou maior concentração de indivíduos com $10 \leq \text{DAP} \leq 30$ cm em relação a ÁREA 1, bem como observou-se que a presença de indivíduos com $\text{DAP} \geq 90$ cm na ÁREA 1 foi maior.

A distribuição de biomassa seguiu um padrão equivalente na ÁREA 1 e ÁREA 2,

onde apesar da abundância de indivíduos nas classes com $10 \leq \text{DAP} \leq 30$ cm, a grande contribuição no estoque de biomassa ocorreu nas classes com $30 \leq \text{DAP} \leq 60$ cm e com $\text{DAP} \geq 90$ cm, o que confirma a maior produtividade nos indivíduos com $\text{DAP} \geq 30$ cm conforme descrito por Andrade e Higuchi (2009).

Indivíduos com $\text{DAP} \geq 90$ cm apresentaram considerável estoque de biomassa, e quando abatidos ou mortos por causas naturais (Gale e Barfod, 1999; Delaney *et al.* 1998) representaram um déficit importante na distribuição e estoque de biomassa viva, pois é possível depreender que possuem ciclo de vida longo e incremento lento de acordo com Nascimento e Laurance (2006), e deste modo a recuperação do estoque pode demorar dezenas a centenas de anos (Lima *et al.* 2007).

Na análise temporal não houve diferença significativa na ÁREA 1 e ÁREA 2, contudo, percebeu-se através do teste “t” pareado que diferenças podem ocorrer em intervalos de medição maiores, pois na ÁREA 1 houve diferenças significativas entre 2007 e 2009 ($p=0.0097$) e 2008 e 2010 ($p=0.0317$) e em ÁREA 2 entre 2007 e 2009 ($p=0.0189$) (Figuras 3 a 6). O que se percebe é que essas diferenças ocorreram devido a variações nas taxas de mortalidade, recrutamento e incremento observada nas duas áreas.

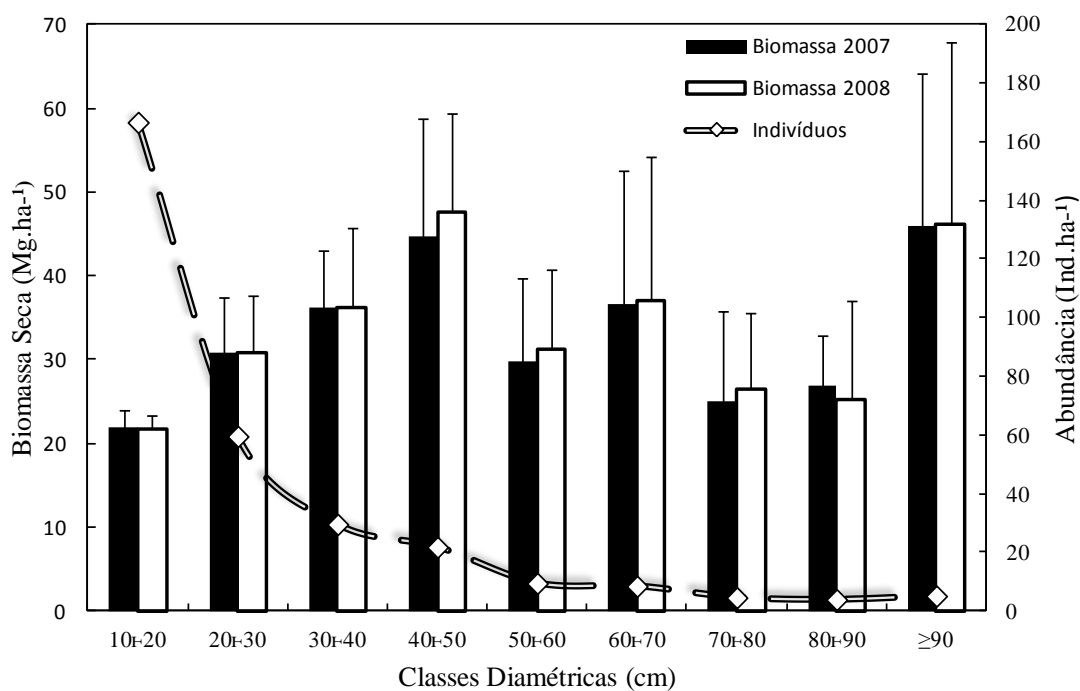


Figura 3. Distribuição de biomassa seca e abundância de indivíduos em intervalos de classe de 10 cm (ÁREA 1: 2007-2008). A abundância está representada pela média anual de indivíduos dos dois anos.

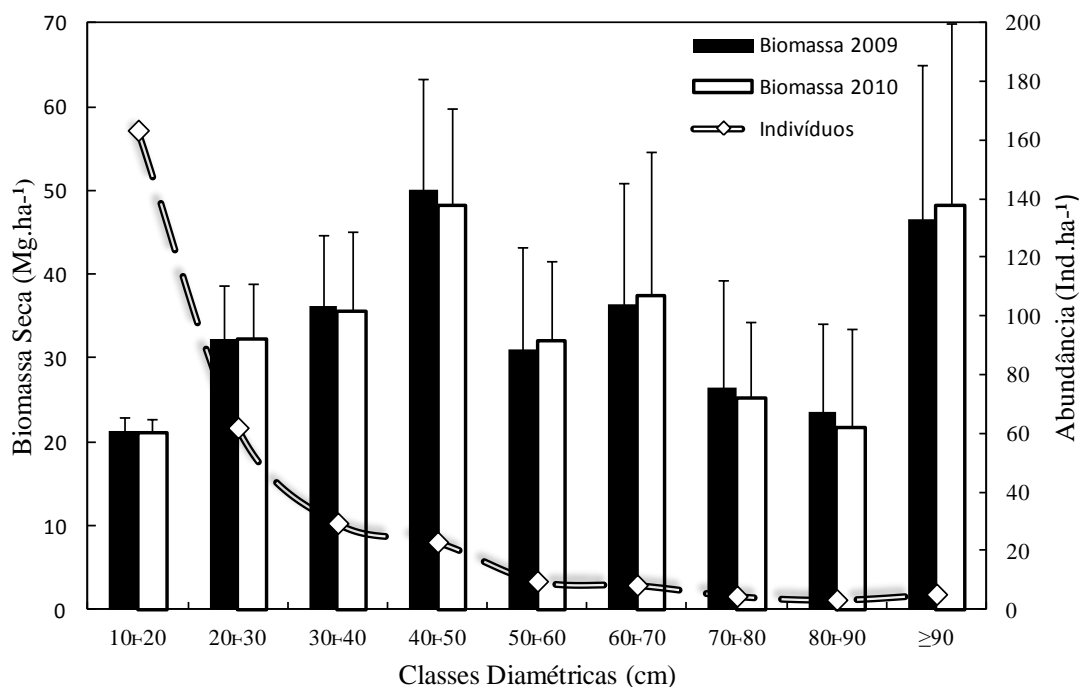


Figura 4. Distribuição de biomassa seca e abundância de indivíduos em intervalos de classe de 10 cm (ÁREA 1: 2009-2010). A abundância está representada pela média anual de indivíduos dos dois anos.

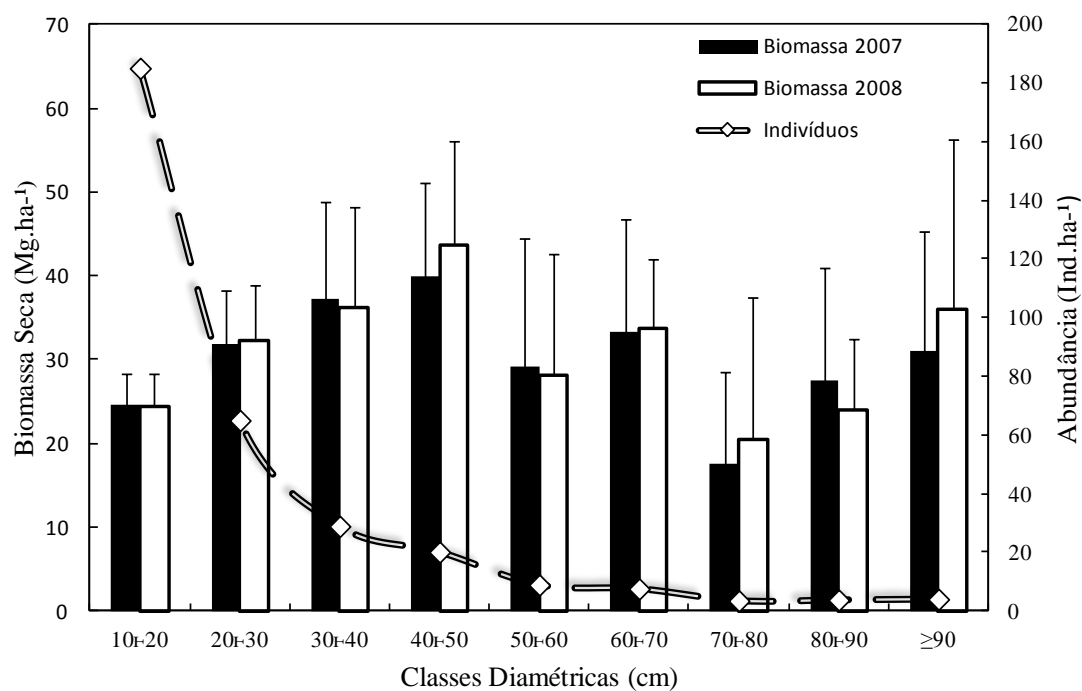


Figura 5. Distribuição de biomassa seca e abundância de indivíduos em intervalos de classe de 10 cm (ÁREA 2: 2007- 2008). A abundância está representada pela média anual de indivíduos dos dois anos.

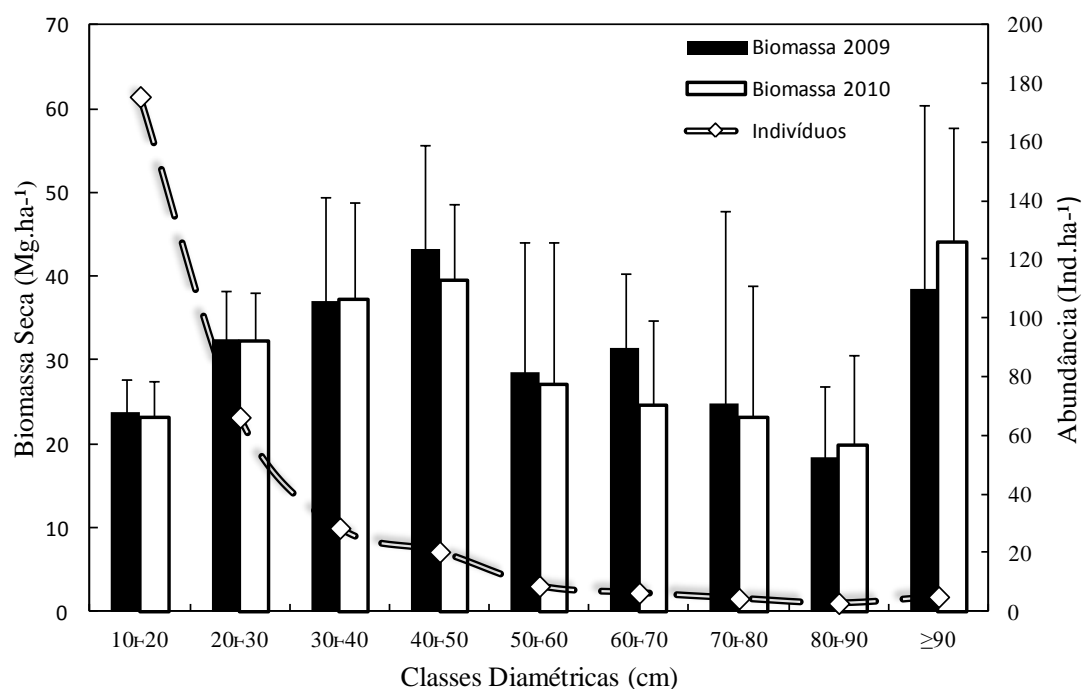


Figura 6. Distribuição de biomassa seca e abundância de indivíduos em intervalos de classe de 10 cm (ÁREA 2: 2009-2010). A abundância está representada pela média anual de indivíduos dos dois anos.

Foram encontrados 151 grupo de espécimes na ÁREA 1 e 145 grupos de espécimes

na ÁREA 2, contudo o estoque de biomassa dos dez grupo de espécimes mais representativos (Tabela 2) foram respectivamente na ÁREA 1 (53,28%) e na ÁREA 2 (44,23%), sendo que, cinco grupo de espécimes dos dez que mais contribuíram no estoque de biomassa na ÁREA 1 estiveram presentes na ÁREA 2, no entanto, o grupo de espécime que mais contribuiu com o estoque de biomassa na ÁREA 1 foi *Erisma uncinatum* Warm, e na ÁREA 2 foi *Pouteria* sp. (Tabela 2).

Dos dez grupo de espécimes constantes na Tabela 2, segundo Reis *et al.* (2010) são comerciais (*) ou potencialmente comerciais (**). Em se tratando de uma floresta nacional, tais espécies estão passíveis de corte, o que poderá alterar a distribuição de biomassa das mesmas nos locais de exploração, confirmando o déficit de biomassa explicado por Gale e Barfod (1999).

Tabela 2. Os dez grupos de espécimes com maior estoque médio de Biomassa Seca no período avaliado

Área	Espécies	Biomassa Seca (Mg.ha ⁻¹)
ÁREA 1	* <i>Erisma uncinatum</i> Warm.	22,40 ± 1,43
	* <i>Carapa guianensis</i> Aubl.	21,64 ± 2,62
	* <i>Manilkara huberi</i> (Ducke) A. Chev.	20,03 ± 1,42
	<i>Protium</i> sp.	19,27 ± 1,68
	* <i>Lecythis lurida</i> (Miers) S. A. Mori	16,53 ± 0,71
	** <i>Tachigali</i> spp.	14,72 ± 0,69
	<i>Ocotea</i> sp.	13,85 ± 0,60
	<i>Parkia</i> sp.	12,43 ± 3,70
	<i>Couratari</i> sp.	9,07 ± 0,61
	* <i>Astronium gracile</i> Engl.	8,46 ± 0,29
ÁREA 2	<i>Pouteria</i> sp.	24,35 ± 0,52
	<i>Tachigali</i> spp.	13,40 ± 5,56
	<i>Licania</i> sp.	12,47 ± 0,82
	<i>Inga</i> spp	10,57 ± 4,14
	<i>Eschweilera</i> sp.	10,14 ± 3,50
	<i>Couratari</i> sp.	10,04 ± 6,34
	* <i>Lecythis lurida</i> (Miers) S. A. Mori	9,26 ± 0,29
	* <i>Carapa guianensis</i> Aubl.	7,89 ± 0,65
	<i>Ocotea</i> sp.	7,62 ± 1,15
	<i>Iryanthera</i> spp.	7,42 ± 0,21

CONCLUSÕES

A Floresta Ombrófila Densa apresentou variabilidade no estoque de biomassa em escala espacial, sendo que a área a ÁREA 1 apresentou um estoque de 16,22% maior que a ÁREA 2, devido as taxas de mortalidade e número de indivíduos com DAP ≥ 60 cm. A variabilidade temporal dentro das áreas de estudo, foi verificada somente em intervalos maiores que um ano de coleta de dados, no entanto, entre ÁREA 1 e ÁREA 2 não houve variabilidade significativa, ou seja, as áreas estudadas mantiveram os estoques ao longo dos anos de forma similar.

O estoque de biomassa sofreu interferência da taxa de mortalidade ao longo das medições, além de que, a abertura de clareiras possibilitou o recrutamento de novos indivíduos nas classes seguintes, devido a redução da competição por água, luz e nutrientes, possibilitando um incremento médio anual positivo na ÁREA 1 de $0,36 \text{ Mg.ha.ano}^{-1}$, enquanto que na ÁREA 2 o incremento médio anual teve valor negativo de $-0,40 \text{ Mg.ha.ano}^{-1}$.

A distribuição de biomassa seguiu um padrão equivalente na ÁREA 1 e ÁREA 2, sendo os maiores estoques nas classes de $30 \leq \text{DAP} \leq 60 \text{ cm}$ e $\text{DAP} \geq 90 \text{ cm}$, demonstrando que apesar do grande número de indivíduos $10 \leq \text{DAP} \leq 30 \text{ cm}$, os indivíduos em classes médias e superiores concentram um grande acúmulo de biomassa.

Os dez grupo de espécimes mais representativos das áreas pesquisada contribuíram respectivamente com a ÁREA 1 (53,28%) e na ÁREA 2 (44,23%) do estoque total de biomassa, demonstrando grande importância na assimilação de carbono dentro da população.

Estudos posteriores devem ser realizados conciliando a relação tipos de solos e tipologias florestais, além de fatores climáticos. Faz-se necessário também a construção

de modelos alométricos mais precisos, considerando a estrutura horizontal e vertical das da floresta, e com conjuntos de dados representativos da população, a fim de facilitar a tomada de decisão em intervenções na estrutura populacional.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais da Amazônia – PGRNA pela oportunidade de cursar o mestrado. Ao Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA pelo apoio. Ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio. Ao Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia – LBA pela concessão da área de pesquisa e inserção no grupo de pesquisa.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- Aires, C. B.; Kirchhoff, V. W. J. H.. 2001. Transporte de monóxido de carbono gerado em queimadas para regiões onde não se queima. *Brazilian Journal of Geophysics*, 19: 61-74.
- Andrade, E. A.; Higuchi, N.. 2009. Produtividade de quatro espécies arbóreas de terra firme da Amazônia central. *Acta Amazonica*, 39: 105-112.
- Araújo, T. M.; Higuchi, N.; Carvalho Júnior, J. A.. 1999. Comparison of formulae for biomass content determination in a tropical rain forest site in the state of Pará, Brazil. *Forest Ecology and Management*, 117: 43-52.
- Artaxo, P.; Gatti, L. V.; Leal, A. M. C.; Longo, K. M.; Freitas, S. R.; Lara, L. L.; Pauliquevis, T. M.; Procópio, A. S.; Rizzo, L. V.. 2005. Química atmosférica na Amazônia: a floresta e as emissões de queimadas controlando a composição da atmosfera amazônica. *Acta Amazonica*, 35: 185-196.
- Baker, T. R.; Phillips, O. L.; Malhi, Y.; Almeida, S.; Arroyo, L.; Fiore, A.; Erwin, T.; Higuchi, N.; Kelleen, T. J.; Laurance, S. G.; Laurance, W. F.; Lewis, S. L.; Monteagudo, A.; Neill, D. A.; Vargas, P. N.; Pitman, N. C. A.; Silva, J. N. M.; Martínez, R. V.. 2004. Increasing biomass in Amazonian forest plots. *Philosophical Transactions*, 359: 353-365.
- Boina, A.. 2008. Quantificação de estoques de biomassa e de carbono em floresta estacional semidecidual, Vale do Rio Doce, Minas Gerais. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais. 89 p.
- BRASIL - Ministério do Meio Ambiente / MMA, 2010. Florestas do Brasil: Em resumo. Brasília, DF. 152 p.
- Brown, I. F.; Martinelli, L. A.; Thomas, W.; Moreira, M. Z.; Ferreira, C. A.; Victoria, R. A.. 1995. Uncertainty in the biomass of Amazonian forests: an example from Rondônia; Brazil. *Forest Ecology and Management*, 75: 175-189.
- Castilho, C. V.. 2004. Variação espacial e temporal da biomassa arbórea viva em 64 km² de floresta de terra-firme na Amazônia central. Tese de Doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas. 87 p.
- Chambers, J. Q., Santos, J. dos, Ribeiro, R. J., Higuchi, N.. 2001. Tree damage, allometric relationships and above-ground in central Amazon forest. *Forest Ecology and Managements*, 152: 73-84.
- Chave, J.; Andalo, C.; Brown, S.; Cairns, M. A.; Chambers, J. Q.; Eamus, D.; Fölster, H.; Fromard, F.; Higuchi, N.; Kira, T.; Lescure, J. P.; Nelson, B. W.; Ogawa, H.; Puig, H.; Riéra, B.; Yamakura, T. 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*, 145: 87-99.
- Espirito-Santo, F. D. B.; Shimabukuro, Y. E.; Oliveira, L. E.; Aragão, C.; Machado, E. L. M.. 2005. Análise da composição florística e fitossociológica da Floresta Nacional do Tapajós com o apoio geográfico de imagens de satélites. *Acta Amazonica*, 35: 155-173.
- FAO. 2010. Global Forest Resources Assesment Update 2005: Terms and definitions: (www.fao.org/forestry/media/7797/1/0). Acesso em 15/05/2010.

- Fearnside, P. M.. 1997. Wood density for estimating forest biomass in Brazilian Amazonia. *Forest Ecology and Management*, 90: 59–89.
- Feeley, K. J.; Davies, S. J.; Ashton, P. S.; Bunyavejchewin, S.; Supardi, M. N. N.; Kassim, A. R.; Tan, S.; Chave, J.. 2007. The role of gap phase processes in the biomass dynamics of tropical forests. *Biological Sciences*, 274: 2857-2864.
- Gonçalves, F. G.; Santos, J. R.. 2008. Composição florística e estrutura de uma unidade de manejo florestal sustentável na Floresta Nacional do Tapajós, Pará. *Acta Amazonica*, 38: 229-244.
- Guedes, B.; Argola, J.; Puná, N.; Michonga, E.; Monteiro, J.. 2001. Estudo da biomassa florestal numa floresta aberta de miombo no distrito de Bárue, Manica, p. 1-15. In: *Relatório das Actividades de Julho 2001*. v. 2. Universidade Eduardo Mondlane, Moçambique.
- Hernandez Filho, P.; Shimabukuro, Y.E.; Lee, D.C.L.; Santos Filho, C.P. dos; Almeida, R.R. 1993. *Relatório final do projeto de inventário florestal na Floresta Nacional do Tapajós*. INPE - São José dos Campos, 126p.
- Higuchi, N.; Santos, J.; Ribeiro, R. J.; Minette, L.; Biot, Y.. 1998. Biomassa da parte área da vegetação da floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia brasileira. *Acta Amazonica*, 28: 153-166.
- INMET, 2012. Normais climatológicas (www.inmet.gov.br). Acesso em 08/03/2012.
- Lima, A. J. N.; Teixeira, L. M.; Carneiro, V. M. C.; Santos, J.; Higuchi, N.. 2007. Análise da estrutura e do estoque de fitomassa de uma floresta secundária da região de Manaus AM, dez anos após corte raso seguido de fogo. *Acta Amazonica*, 37: 49-54.
- IBAMA, 2004. Floresta Nacional do Tapajós: Plano de Manejo. (http://www4.icmbio.gov.br/flona_tapajos/) acesso em 29/12/2010.
- Kauffman, J. B.; Hughes, R. F.; Heider, C.. 2009. Carbon pool and biomass dynamics associated with deforestation, land use, and agricultural abandonment in the neotropics. *Ecological Applications*, 19: 1211-1222.
- Keeling, H. C.; Phillips, O. L.. 2007. The global relationship between Forest productivity and biomass. *Global Ecology and Biogeography*, 16: 618-631.
- Malhi, Y.; Baker, T. R.; Phillips, O. L.; Almeida, S.; Alvarez, E.; Arroyo, L.; Chave, J.; Czimczik, C. I.; Di Fiore, A.; Higuchi, N.; Killeen, T. J.; Laurance, S. G.; Laurance, W. F.; Lewis, S. L.; Montoya, L. M. M.; Monteagudo, A.; Neill, D. A.; Vargas, P.; Patiño, S.; Pitman, N. C. A.; Quesada, C. A.; Salomão, R.; Silva, J. N. M.; Lezama, A. T.; Martínez, R. V.; Terborgh, J.; Vinceti, B.; Lloyd, J.. 2004. The above-ground coarse wood productivity of 104 neotropical forest plots. *Global Change Biology*, 10(5): 563-591.
- Mani, S.; Parthasarathy, N.. 2007. Above-ground biomass estimation in ten tropical dry evergreen forest sites of peninsular India. *Biomass & Bioenergy*, 31: 284-290.
- Mazzei, L.; Sist, P.; Ruschel, A.; Putz, F. E.; Marco, P.; Pena, W.; Ferreira, F. E. R.. 2010. Above-ground biomass dynamics after reduced-impact logging in the eastern Amazon. *Forest Ecology and Management*, 259: 367-373.

- Miller, S. D.; Golden, M. L.; Menton, M. C.; Rocha, H. R.; Freitas, H. C.; Figueira, A. M. S.; Sousa, C. A. D.. 2004. Biometric and micrometeorological measurements of tropical forest carbon balance. *Ecological Applications*, 14: 114-126.
- Nascimento, H. E. M.; Laurance, W. F.. 2004. Biomass dynamics in Amazonian forest fragments. *Ecological Applications*, 14: 127-138.
- Nascimento, H. E. M.; Laurance, W. F.. 2006. Efeito de area e de borda sobre a estrutura florestal em fragmentos de floresta de terra-firme após 13-17 anos de isolamento. *Acta Amazonica*, 36: 183-192.
- Nogueira, E. M.; Fearnside, P. M.; Nelson, B. W.; Barbosa, R. I.; Keiser, E. W. H.. 2008. Estimates of forest biomass in the Brazilian Amazon: new allometric equations and adjustments to biomass from wood-volume inventories. *Forest Ecology and Management*, 256: 1853-1867.
- Nogueira, E. M.; Nelson, B. W.; Fearnside, P. M.. 2005. Wood density in dense forest in central Amazonia, Brazil. *Forest Ecology and Management*, 208: 261–286.
- Nogueira, E. M.; Nelson, B. W.; Fearnside, P. M.. 2006. Volume and biomass of trees in central Amazonia: influence of irregularly shaped and hollow trunks. *Forest Ecology and Management*, 227: 14–21.
- Reis, L. P.; Ruschel, A. R.; Coelho, A. A.; Luz, A. S.; Silva, R. C. M.. 2010. Avaliação do potencial madeireiro na Floresta Nacional do Tapajós, após 28 anos da exploração florestal. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 30: 265-281.
- Rice, A. H.; Pyle, E. H.; Saleska, S. R.; Hutyrá, L.; Palace, M.; Keller, M.; Camargo, P. B.; Portilho, K.; Marques, D. F.; Wofsy, S. C. 2004. Carbon balance and vegetation dynamics in an old-growth Amazonian forest. *Ecological Applications*, 14: 55–71.
- Santoni, G. 2004. Landscape-Scale spatial variability of carbon in live and dead biomass in the Tapajós National Forest, Brazil. Tese de Doutorado, Universidade Harvard, USA. 56 p.
- Sarmiento, G.; Pinillos, M.; Garay, I. 2005. Biomass variability in tropical American lowland rainforests. *Ecotropicos*, 18: 1-20.
- Sette Júnior, C. R.; Nakajima, N. Y.; Geromini, M. P.. 2006. Captura de carbono orgânico em povoamentos de *Pinus taeda* L. na região de rio negro, SC. *Floresta*, 36.
- Silva, J. N. M.; Lopes, J. C. A.; Oliveira, L. C.; Silva, S. M. A.; Carvalho, J. O. P.; Costa, D. H. M.; Melo, M. S.; Tavares, M. J. M. 2005. Diretrizes para instalação e medição de parcelas permanentes em florestas naturais da Amazônia Brasileira. Embrapa / ITTO. 68 pp.
- Veloso, H. M.; Filho, A. L. R. R.; Lima, J. C. A. 1991. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. Ministério da Economia, Fazenda e Planejamento, Rio de Janeiro, RJ. 124 p.
- Vianna, A. L. M.; Vidal, E. J.; Gorestein, M. R.; Batista, J. L. F. 2010. Tamanho ótimo de parcela para estimativa de estoque de carbono da parte aérea lenhosa de fitofisionomias florestais na Amazônia oriental. *Floresta*, 40: 447-456.

2. SÍNTESE INTEGRADORA

Estimativas de biomassa é um assunto a ser trabalhado conciliando diversos fatores que podem alterar a dinâmica e o estoque de biomassa. Como foi observado, o estoque de biomassa variou dentro da mesma tipologia florestal devido a oscilações nas taxas de mortalidade, recrutamento e crescimento. Entretanto, fatores como solos, topografia, mudanças climáticas, dentre outros, precisam ser relacionados com a dinâmica e estoque de biomassa para compreendermos a resposta das tipologias florestais as alterações no ecossistema.

Para estimativas de biomassa mais confiáveis seria interessante o aproveitamento de áreas em projetos de supressão vegetal, tais como áreas de mineração, aberturas de infra-estrutura em projetos de manejo florestal, hidrelétricas e rodovias para construirmos modelos alométricos com um amplo conjunto de dados representativo em todas as classes diamétricas, e consequentemente maior precisão na estimativa de biomassa individual.

Estudos posteriores deverão ser realizados com um intervalo maior de coleta, a fim de compreendermos os processos de produção e perda de biomassa dentro do mesmo ecossistema, além de conhecermos o grau ou estágio de resiliência de florestas tropicais.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aires, C. B.; Kirchhoff, V. W. J. H. Transporte de monóxido de carbono gerado em queimadas para regiões onde não se queima. **Brazilian Journal of Geophysics**, v. 19, p. 61-74, 2001.

Andrade, E. A.; Higuchi, N. Produtividade de quatro espécies arbóreas de terra firme da Amazônia central. **Acta Amazonica**, v. 39, p. 105-112, 2009.

Araújo, T. M.; Higuchi, N.; Carvalho Júnior, J. A. Comparison of formulae for biomass content determination in a tropical rain forest site in the state of Pará, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 117, p. 43-52, 1999.

Artaxo, P.; Gatti, L. V.; Leal, A. M. C.; Longo, K. M.; Freitas, S. R.; Lara, L. L.; Pauliquevis, T. M.; Procópio, A. S.; Rizzo, L. V. Química atmosférica na Amazônia: A floresta e as emissões de queimadas controlando a composição da atmosfera amazônica. **Acta Amazonica**, v. 35, p. 185-196, 2005.

Baker, T. R.; Phillips, O. L.; Malhi, Y.; Almeida, S.; Arroyo, L.; Fiore, A.; Erwin, T.; Higuchi, N.; Kelleen, T. J.; Laurance, S. G.; Laurance, W. F.; Lewis, S. L.; Monteagudo, A.; Neill, D. A.; Vargas, P. N.; Pitman, N. C. A.; Silva, J. N. M.; Martínez, R. V. Increasing biomass in Amazonian forest plots. **Philosophical Transactions**, v. 359, p. 353-365, 2004.

Boina, A. **Quantificação de estoques de biomassa e de carbono em floresta estacional semidecidual, vale do rio doce, Minas Gerais**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2008. 89 p.

BRASIL - Ministério do Meio Ambiente / MMA. **Florestas do Brasil: Em resumo**. Brasília, DF, 2010. 152 p.

Brown, I. F.; Martinelli, L. A.; Thomas, W.; Moreira, M. Z.; Ferreira, C. A.; Victoria, R. A. Uncertainty in the biomass of Amazonian forests: an example from Rondônia; Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 75, p. 175–189, 1995.

Castilho, C. V. **Variação espacial e temporal da biomassa arbórea viva em 64 km² de floresta de terra-firme na Amazônia central**. Tese de Doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas, 2004. 87 p.

Chambers, J.Q., Santos, J. dos, Ribeiro, R.J., Higuchi, N. Tree damage, allometric relationships and above-ground in central Amazon forest. **Forest Ecology and Managements**, v. 152, p. 73-84, 2001.

Chave, J.; Andalo, C.; Brown, S.; Cairns, M. A.; Chambers, J.Q.; Eamus, D.; Fölster, H.; Fromard, F.; Higuchi, N.; Kira, T.; Lescure, J. P.; Nelson, B.W.; Ogawa, H.; Puig, H.; Riéra, B.; Yamakura, T. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. **Oecologia**, v. 145, p. 87–99, 2005.

Espirito-Santo, F. D. B.; Shimabukuro, Y. E.; Oliveira, L. E.; Aragão, C.; Machado, E. L. M. 2005. Análise da composição florística e fitossociológica da floresta nacional do Tapajós com o apoio geográfico de imagens de satélites. **Acta Amazonica**, v. 35, p. 155-173.

FAO. **Global Forest Resources Assesment Update 2005: Terms and definitions**. Disponível em: <www.fao.org/forestry/media/7797/1/0>. Acesso em: 15 mai. 2010.

Fearnside, P.M. 1997. Wood density for estimating forest biomass in Brazilian Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v. 90, p. 59–89, 1997.

Feeley, K. J.; Davies, S. J.; Ashton, P. S.; Bunyavejchewin, S.; Supardi, M. N. N.; Kassim, A. R.; Tan, S.; Chave, J. The role of gap phase processes in the biomass dynamics of tropical forests. **Biological Sciences**, v. 274, p. 2857-2864, 2007.

Gonçalves, F. G.; Santos, J. R. Composição florística e estrutura de uma unidade de manejo florestal sustentável na Floresta Nacional do Tapajós, Pará. **Acta Amazonica**, v. 38, p. 229-244, 2008.

Guedes, B.; Argola, J.; Puná, N.; Michonga, E.; Monteiro, J. 2001. Estudo da biomassa florestal numa floresta aberta de miombo no distrito de Báruè, Manica, In: **Relatório das Actividades de Julho 2001**. Universidade Eduardo Mondlane, Moçambique, 2001. v. 2. p. 1-15.

Hernandez Filho, P.; Shimabukuro, Y.E.; Lee, D.C.L.; Santos Filho, C.P. dos; Almeida, R.R. 1993. **Relatório final do projeto de inventário florestal na Floresta Nacional do Tapajós**. INPE - São José dos Campos, 126p.

Higuchi, N.; Santos, J.; Ribeiro, R. J.; Minette, L.; Biot, Y. Biomassa da parte área da vegetação da floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia brasileira. **Acta Amazonica**, v. 28, p. 153-166, 1998.

INMET. Normais climatológicas, 2012. Disponível em: <www.inmet.gov.br>. Acesso em 08 mar. 2012.

Lima, A. J. N.; Teixeira, L. M.; Carneiro, V. M. C.; Santos, J.; Higuchi, N. Análise da estrutura e do estoque de fitomassa de uma floresta secundária da região de Manaus AM, dez anos após corte raso seguido de fogo. **Acta Amazonica**, v. 37, p. 49-54, 2007.

IBAMA, 2004. **Floresta Nacional do Tapajós: Plano de Manejo**. Disponível em: <http://www4.icmbio.gov.br/flona_tapajos/>. acesso em: 29 dez. 2010.

Kauffman, J. B.; Hughes, R. F.; Heider, C. Carbon pool and biomass dynamics associated with deforestation, land use, and agricultural abandonment in the neotropics. **Ecological Applications**, v. 19, p. 1211-1222, 2009.

Keeling, H. C.; Phillips, O. L. The global relationship between Forest productivity and biomass. **Global Ecology and Biogeography**, v. 16, p. 618-631, 2007.

Malhi, Y.; Baker, T.R.; Phillips, O.L.; Almeida, S.; Alvarez, E.; Arroyo, L.; Chave, J.; Czimczik, C.I.; Di Fiore, A.; Higuchi, N.; Killeen, T.J.; Laurance, S.G.; Laurance, W.F.; Lewis, S.L.; Montoya, L.M.M.; Monteagudo, A.; Neill, D.A.;

- Vargas, P.; Patiño, S.; Pitman, N.C.A.; Quesada, C.A.; Salomão, R.; Silva, J.N.M.; Lezama, A.T.; Martínez, R.V.; Terborgh, J.; Vinceti, B.; Lloyd, J. The above-ground coarse wood productivity of 104 neotropical forest plots. **Global Change Biology**, v. 10, p. 563-591, 2004.
- Mani, S.; Parthasarathy, N. Above-ground biomass estimation in ten tropical dry evergreen forest sites of peninsular India. **Biomass & Bioenergy**, v. 31, p. 284-290, 2007.
- Mazzei, L.; Sist, P.; Ruschel, A.; Putz, F. E.; Marco, P.; Pena, W.; Ferreira, F. E. R. Above-ground biomass dynamics after reduced-impact logging in the Eastern Amazon. **Forest Ecology and Management**, v. 259, p. 367-373, 2010.
- Miller, S. D.; Golden, M. L.; Menton, M. C.; Rocha, H. R.; Freitas, H. C.; Figueira, A. M. S.; Sousa, C. A. D. Biometric and micrometeorological measurements of tropical forest carbon balance. **Ecological Applications**, v. 14, p. 114-126, 2004.
- Nascimento, H. E. M.; Laurance, W. F. Biomass dynamics in amazonian forest fragments. **Ecological Applications**, v. 14, p. 127-138, 2004.
- Nascimento, H. E. M.; Laurance, W. F. Efeito de área e de borda sobre a estrutura florestal em fragmentos de floresta de terra-firme após 13-17 anos de isolamento. **Acta Amazonica**, v. 36, p. 183-192, 2006.
- Nogueira, E. M.; Fearnside, P. M.; Nelson, B. W.; Barbosa, R. I.; Keiser, E. W. H. Estimates of forest biomass in the Brazilian Amazon: New allometric equations and adjustments to biomass from wood-volume inventories. **Forest Ecology and Management**, v. 256, p. 1853-1867, 2008.
- Nogueira, E. M.; Nelson, B. W.; Fearnside, P. M. Wood density in dense forest in central Amazonia, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 208, p. 261–286, 2005.
- Nogueira, E.M.; Nelson, B.W.; Fearnside, P.M. Volume and biomass of trees in central Amazonia: influence of irregularly shaped and hollow trunks. **Forest Ecology and Management**, v. 227, p. 14–21, 2006.
- Reis, L. P.; Ruschel, A. R.; Coelho, A. A.; Luz, A. S.; Silva, R. C. M. Avaliação do potencial madeireiro na Floresta Nacional do Tapajós, após 28 anos da exploração florestal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 30, p. 265-281, 2010.
- Rice, A. H.; Pyle, E. H.; Saleska, S. R.; Hutrya, L.; Palace, M.; Keller, M.; Camargo, P. B.; Portilho, K.; Marques, D. F.; Wofsy, S. C. Carbon balance and vegetation dynamics in an old-growth Amazonian forest. **Ecological Applications**, v. 14, p. 55–71, 2004.
- Santoni, G. Landscape-Scale Spatial Variability of Carbon in Live and Dead Biomass in the Tapajós National Forest, Brazil. Tese de Doutorado, Universidade Harvard, USA, 2004. 56 p.
- Sarmiento, G.; Pinillos, M.; Garay, I. Biomass variability in tropical american lowland rainforests. **Ecotropicos**, v. 18, p. 1-20, 2005.

Sette Júnior, C. R.; Nakajima, N. Y.; Geromini, M. P. Captura de carbono orgânico em povoamentos de *Pinus taeda* L. na região de rio negrinho, SC. **Floresta**, v. 36, 2006.

Silva, J. N. M.; Lopes, J. C. A.; Oliveira, L. C.; Silva, S. M. A.; Carvalho, J. O. P.; Costa, D. H. M.; Melo, M. S.; Tavares, M. J. M. 2005. **Diretrizes para Instalação e Medição de Parcelas Permanentes em Florestas Naturais da Amazônia Brasileira**. Embrapa / ITTO, 2005. 68 pp.

Veloso, H. M.; Filho, A. L. R. R.; Lima, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Ministério da Economia, Fazenda e Planejamento, Rio de Janeiro, RJ, 1991. 124 p.

Vianna, A. L. M.; Vidal, E. J.; Gorestein, M. R.; Batista, J. L. F. Tamanho ótimo de parcela para estimativa de estoque de carbono da parte aérea lenhosa de fitofisionomias florestais na Amazônia oriental. **Floresta**, v. 40, p. 447-456, 2010.

ANEXOS

ANEXOS:

ANEXO A – Normas de publicação para autores da revista Acta Amazônica.

ANEXO B – Autorização para atividades com finalidade científica (SISBIO)

ANEXO C – Manual de normatização para dissertação do PGRNA (Modelo em Capítulos)