

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

**FABIO GUERRA SANTOS<sup>1\*</sup>; PLÍNIO BARBOSA DE CAMARGO<sup>2</sup>; RAIMUNDO COSME DE OLIVEIRA JUNIOR<sup>3</sup>; DARLISSON BENTES DOS SANTOS<sup>4</sup>; DANIEL ROCHA DE OLIVEIRA<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Msc. Ciências Ambientais, IBAMA, Santarém-PA, fabioengflorestal@gmail.com;

<sup>2</sup>Dr. em Ciências, USP, Piracicaba-SP, pcamargo@cena.usp.br;

<sup>3</sup>Dr. em Geologia e Geoquímica, EMBRAPA, Santarém-PA, raimundo.oliveira-junior@embrapa.br;

<sup>4</sup>MSc. Energia na Agricultura, CEULS/ULBRA, Santarém-PA, engenheirodbs@hotmail.com;

<sup>5</sup>MSc., Médico Veterinário, CEULS, Santarém-PA, handvet@yahoo.com.br.

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018  
21 a 24 de agosto de 2018–Maceió-AL, Brasil

**RESUMO:** A análise das oscilações dos estoques de biomassa em florestas tropicais permite descrever o comportamento desses ecossistemas diante de alterações naturais ou antropogênicas. Objetivo-se com este trabalho, avaliar o estoque e a dinâmica de biomassa no período de 2007-10, 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<sup>-1</sup>) 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<sup>-1</sup>). 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.

### **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 2007-10 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 ( $293.19 \pm 27.74$ ,  $298.21 \pm 31.73$ ,  $299.60 \pm 29.46$ ,  $298.11 \pm 29.40$  Mg. ha<sup>-1</sup>) and Area 2 ( $254.35 \pm 69.61$ ,  $259.10 \pm 70.05$ ,  $261.00 \pm 69.43$ ,  $248.92 \pm 61.78$  Mg.ha<sup>-1</sup>). 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 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, estima-se que o Brasil possua 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 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 (Keeling & Phillips, 2007), as florestas brasileiras são de fundamental interesse para projetos de conservação referentes à estoque de biomassa e carbono (Boina, 2008).

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). 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 (Malhi et al., 2004), a estrutura populacional e tipologia da vegetação (Vianna et al., 2010), além dos fatores climáticos (Kauffman et al., 2009). A avaliação e análise desses fatores pode ser feita através de parcelas permanentes de monitoramento (Silva et al., 2005).

Desta maneira, 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). 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 (Chamber et al., 2001; Mani & 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 (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 (Higuchi et al., 1998; Miller et al., 2004). Neste sentido, Feeley et al., 2007; Nogueira et al. (2008), estimaram estoques de biomassa por meio de equações alométricas. Considerando que as Unidades de Conservação no oeste do Pará, estão sob constante processo de alterações antrópicas e naturais. O presente 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.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O presente trabalho foi desenvolvido na Floresta Nacional do Tapajós – FLONA Tapajós, 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 é uma UC 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 (Hernandez Filho et al., 1993). Espírito-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 (*Orbignyaphalerata* Mart.).

O clima na região apresenta temperatura média de 24,8 °C, umidade relativa média de 90% e precipitação média anual de 2.100 mm, nos meses de dezembro a maio há 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). Conforme Köppen, o clima enquadra-se no como "Ami", caracterizado por temperatura média do mês mais frio sempre superior a 18 °C, com uma estação seca de pequena duração que é compensada pelos totais elevados de precipitação. O solo predominante na área é do tipo Latossolo Amarelo Distrófico, com diferentes texturas, geralmente profundo, ácido, friável e revestido por florestas densas (Espírito-Santo et al., 2005).

Uma série temporal de dados coletados entre 2007 e 2010 foi utilizada, provenientes de doze parcelas permanentes retangulares instaladas em duas áreas no ano 2003 nas proximidades do km 72, (Área 1) e km 117 (Área 2) da BR 163, que delimita a FLONA Tapajós a oeste. As parcelas mediram 15 x 500 m (7.500 m<sup>2</sup>), 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.

Todos os Diâmetros à Altura do Peito (DAP) dos indivíduos com maiores ou iguais a 10 cm foram medidos, 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, entretanto, em casos, onde foi constatado sapopemas, nós, cupins, ou alguma alteração na altura do DAP, as medições foram realizadas acima das alterações encontradas. 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, sendo Biomassa = peso seco da biomassa em Kg; D = Diâmetro a Altura do Peito – DAP (Equação 1).

$$\text{Biomassa} = \exp^{(0,37+0,333*\log D+0,933*[\log D]^2-0,122*[\log D]^3)} \quad \text{Equação 1}$$

A escolha do modelo foi baseada na literatura, considerando que foram coletados dados dendrométricos somente do DAP para o período analisado, e 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 as parcelas foram medidas anualmente, adotou-se a análise de variância de um fator para medidas repetidas, visando verificar a variabilidade anual e espacial de biomassa entre Área 1 e 2. Para o grau de relacionamento dos estoques médios anuais de biomassa da Área 1 e 2, adotou-se a Correlação de Pearson. Em relação ao estoque anual de biomassa, 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

Os estoques médios de biomassa mostrados na Figura 1 foram diferentes, 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 (Figura 2 e 3) com DAP  $\geq 60$  cm foi maior que na Área 2 (Figura 4 e 5).

Figura 1. Biomassa média anual para os respectivos anos da Área 1 e 2 (barras identificam desvio padrão; r de Pearson=0,267; F = 8,604, p- valor <0,05 entre as duas áreas).

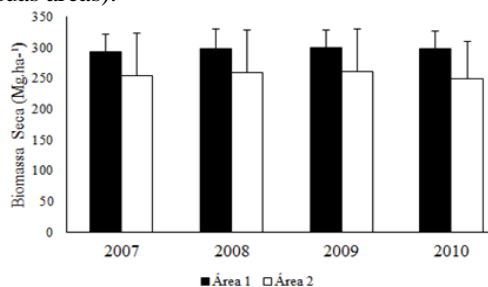


Figura 2. Distribuição de biomassa seca e abundância de indivíduos, intervalos de 10 cm (Área 1: 2007-08).

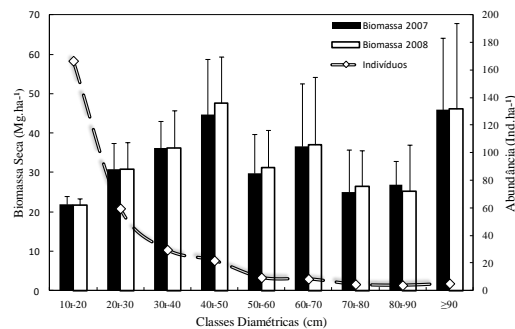


Figura 3. Distribuição de biomassa seca e abundância, intervalos de 10 cm (Área 1: 2009-10).

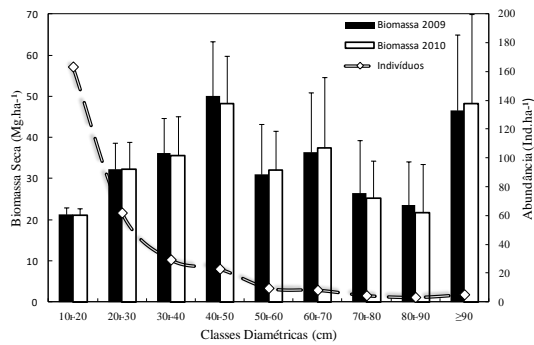


Figura 4. Distribuição de biomassa seca e abundância, intervalos de 10 cm (Área 2: 2007-08).

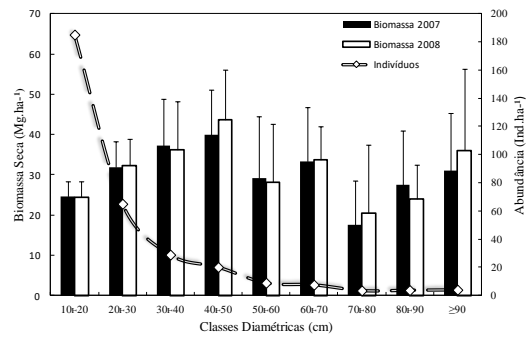
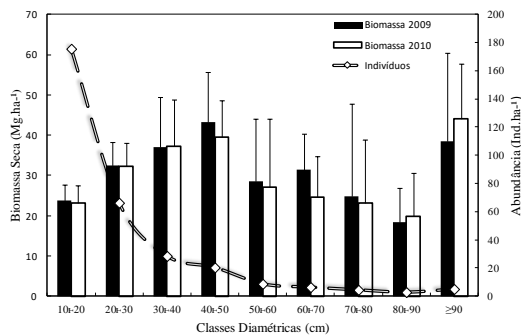


Figura 5. Distribuição de biomassa seca e abundância, intervalos de 10 cm (Área 2: 2009-10).



Conforme Feeley et al., (2007), um dos fatores preponderantes para a diferença pode ser explicado pela formação de clareiras naturais devido as constantes ventanias e queda natural de árvores nas áreas de estudo ao longo do período, entretanto, cada área respondeu diferentemente as intervenções naturais. A Correlação de Pearson demonstrou que os estoques médios anuais de biomassa das áreas possuem baixa correlação ( $r= 0,267$ ), diferença significativa pela análise de variância entre a Área 1 e 2 (Figura 1). Considerando que Chambers et al. (2001), relacionaram a biomassa estimada ao DAP, Mani e Parthasarathy (2007); Vianna et al. (2010), justificaram a ideia de que a área basal foi um dos fatores que provocou a diferença no estoque de biomassa entre as áreas, pois a abundância de indivíduos com DAP  $\geq 60$  cm foi maior na Área 1 (Figura 2 e 3).

## CONCLUSÃO

A Floresta Ombrófila Densa apresentou variabilidade no estoque de biomassa em escala espacial, sendo a Área 1 (16,22%) maior que a Área 2, provavelmente as taxas de mortalidade e número de indivíduos com DAP  $\geq 60$  cm. A variabilidade temporal foi verificada somente em intervalos maiores que um ano de coleta de dados, no entanto, entre Área 1 e 2 não houve variabilidade significativa, as áreas estudadas mantiveram-se estoques similares ao longo dos anos. O estoque de biomassa sofreu interferência da taxa de mortalidade ao longo das medições, possibilitando um incremento médio anual positivo na Área 1 ( $0,36 \text{ Mg.ha.ano}^{-1}$ ), e na Área 2 ( $-0,40 \text{ Mg.ha.ano}^{-1}$ ) o incremento médio anual teve valor negativo. A distribuição de biomassa seguiu um padrão equivalente na Área 1 e 2, sendo os maiores estoques nas classes de  $30 \leq \text{DAP} \leq 60$  cm e  $\text{DAP} \geq 90$  cm, demonstrando que apesar do grande número de indivíduos  $10 \leq \text{DAP} \leq 30$  cm, os indivíduos em classes médias e superiores concentram um grande acúmulo de biomassa. Estudos posteriores devem ser realizados conciliando a relação tipos de solos, tipologias florestais, e fatores climáticos. Faz-se necessário a construção de modelos alométricos ajustados às características fitossociológicas, considerando a estrutura horizontal e vertical da floresta, e com conjuntos de dados representativos da população, facilitando a tomada de decisão em intervenções na estrutura populacional.

## AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais da Amazônia –PGRNA; ao Instituto

Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis –IBAMA; ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade –ICMBio e finalmente; ao Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia –LBA.

## REFERÊNCIAS

- Boina, A. Quantificação de estoques de biomassa e de carbono em floresta estacional semidecidual, Vale do Rio Doce, MG. 2008. 89 f. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 2008.
- BRASIL- Ministério do Meio Ambiente. Florestas do Brasil: Em resumo. Brasília, DF. 2010. 152 p.
- Chambers, J. Q.; dos Santos, J.; Ribeiro, R. J.; Higuchi, N. Tree damage, allometric relationships and above-ground in central Amazon forest. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v. 152, p. 73-84, 2001.
- Chave, J.; Andalo, C.; Brown, S.; Cairns, M. A.; Chambers, J. Q.; Eamus, D.; Lescure, J. P. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*, São Paulo, v. 145, n. 87, p. 87-99, 2005.
- Espírito-Santo, F. D. B.; Shimabukuro, Y. E.; Aragão, L. E. O. C.; Machado, E. L. Análise da composição florística e fitossociológica da Floresta Nacional do Tapajós com o apoio geográfico de imagens de satélites. *Acta Amazonica*, Manaus, v. 35, n. 2, p. 155-173, 2005.
- FAO. Global Forest Resources Assessment Update 2005: Terms and definitions. 2010 ([www.fao.org/forestry/media/7797/1/0](http://www.fao.org/forestry/media/7797/1/0)). Acesso em 15/05/2010.
- Feeley, K. J.; Davies, S. J.; Ashton, P. S.; Bunyavejchewin, S.; Supardi, M. N.; Kassim, A. R.; Chave, J. The role of gap phase processes in the biomass dynamics of tropical forests. *Biological Sciences*, Maringá, v. 274, n. 1627, p. 2857-2864, 2007.
- Hernandez Filho, P.; Shimabukuro, Y. E.; Lee, D. C. L.; de ALMEIDA, R. R. Relatório final do projeto de inventário florestal na Floresta Nacional do Tapajós. INPE - São José dos Campos, 1993, 126p.
- Higuchi, N.; Biot, Y.; Minette, L.; dos Santos, J.; Ribeiro, R. J.. Biomassa da parte aérea da vegetação da floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia brasileira. *Acta Amazonica*, Manaus, v. 28, n. 2, p. 153-166, 1998.
- IBAMA. Floresta Nacional do Tapajós: Plano de Manejo. 2004. Disponível em: <[http://www4.icmbio.gov.br/flona\\_tapajos/](http://www4.icmbio.gov.br/flona_tapajos/)>. acesso em 29/12/2010.
- INMET. Normas climatológicas. 2012 ([www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br)). Acesso em 08/03/2012.
- 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*, Washington, v. 19, p. 1211-22, 2009.
- Keeling, H. C.; Phillips, O. L. The global relationship between Forest productivity and biomass. *Global Ecology and Biogeography*, Malden, v. 16, p. 618-631, 2007.
- Malhi, Y.; Baker, T. R.; Phillips, O. L.; Almeida, S.; Alvarez, E.; Arroyo, L.; Killeen, T. J. The above-ground coarse wood productivity of 104 neotropical forest plots. *Global Change Biology*, Malden, v. 10, p. 563-91, 2004.
- Mani, S.; Parthasarathy, N. Above-ground biomass estimation in ten tropical dry evergreen forest sites of peninsular India. *Biomass & Bioenergy*, Amsterdam, v. 31, p. 284-290, 2007.
- Miller, S. D.; Goulden, M. L.; Menton, M. C.; da Rocha, H. R.; de Freitas, H. C.; de Sousa, D.; Albert, C. Biometric and micrometeorological measurements of tropical forest carbon balance. *Ecological Applications*, São Paulo, v. 14, n. 4, p. 114-26, 2004.
- Nogueira, E. M.; Fearnside, P. M.; Nelson, B. W.; Barbosa, R. I.; Keizer, 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*, Amsterdam, v. 256, p. 1853-67, 2008.
- 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*, Amsterdam, v. 227, p. 14-21, 2006.
- Nogueira, E. M.; Nelson, B. W.; Fearnside, P. M. Wood density in dense forest in central Amazonia, Brazil. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v. 208, p. 261-286, 2005.
- Santoni, G. Landscape-Scale spatial variability of carbon in live and dead biomass in the Tapajós National Forest, Brazil. 2004. Tese de Doutorado. 56 f. Universidade Harvard, USA, 2004.
- Sarmiento, G.; Pinillos, M.; Garay, I. Biomass variability in tropical American lowland rainforests. *Ecotropicos*, Mérida, v. 18, n. 1, p. 1-20, 2005.
- Silva, J. N. M.; Lopes, C. A.; de Oliveira, L. C.; da Silva, S. M. A.; de Carvalho, J. O. P.; Costa, D. H. M.; Tavares, M. J. M. (2005). Diretrizes para instalação e medição de parcelas permanentes em florestas naturais da Amazônia Brasileira. Embrapa/ITTO. 68 p, 2005.
- Vianna, A. L. M.; Vidal, E. J.; Gorenstein, 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*, Curitiba, v. 40, n. 2, p. 447-56, 2010.