

FITOMASSA AÉREA DE UM MANGUEZAL NO ESTUÁRIO DO RIO DOS CACHORROS, SÃO LUÍS, MARANHÃO, BRASIL

Ivanilson Luís Alves Fonsêca¹, Flavia Rebelo Mochel²

¹ Curso de Oceanografia, Universidade Federal do Maranhão. Av. dos Portugueses, 1966, São Luís, CEP 65080-805, MA. E-mail: ivanilsonfonseca@yahoo.com.br

² Departamento de Oceanografia e Limnologia, Universidade Federal do Maranhão. Av. dos Portugueses, 1966, São Luís, CEP 65080-805, MA. E-mail: flavia.mochel@globo.com

RESUMO

A biomassa aérea de três espécies de árvores de manguezal foi medida diretamente em uma área de 1,5 hectares submetida à supressão para a estabilização, com estruturas de engenharia, de um talude comprometido por dragagens. Em um bosque misto de *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* e *Laguncularia racemosa*, selecionou-se uma árvore de cada espécie para o corte raso, acima do sedimento. Nas três espécies as classes diamétricas variaram de 15,0 a 20,0 cm. Os troncos, raízes, galhos e folhas foram pesados juntos para análise da fitomassa total e também as folhas em separado para se verificar a fitomassa do bosque, tanto em peso úmido como em peso seco. Usando-se métodos alométricos a fitomassa aérea úmida e a fitomassa aérea seca foram analisadas e estimadas para todo o bosque. Os resultados para as três espécies mostraram que *R. mangle* apresentou os maiores valores de fitomassa, seguida por *A. germinans* e *L. racemosa*, respectivamente. A contribuição da fitomassa foliar em todos os indivíduos apresentou valores entre 6,5% a 12,5%, mostrando que o bosque estudado é formado por árvores jovens. Todas as medidas estruturais e de biomassa refletem a elevada entrada de energia pelas condições ambientais existentes no litoral amazônico.

Palavras-chave: Manguezais, biomassa, Amazônia costeira.

Abstract

Aboveground biomass of a mangrove in rio dos Cachorros estuary, São Luís, Maranhao, Brasil

Aboveground biomass of mangrove trees was directly measured from an area of 1.5 hectares of mangroves that were cut for engineering purposes in order to stabilize a slope affected by dredging activities in the Rio dos Cachorros estuary, in São Luís, northern Brazil. In a mixed forest of *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* and *Laguncularia racemosa* it was selected one tree of each species to be logged above the ground sediment. The diametric classes for all species ranged from 15,0 to 20,0 cm. Logs, roots, branches and leaves were weighed together to analyze the total biomass of leaves and also separately to verify the biomass of the forest, both in wet and dry weights. Using the aboveground biomass allometric methods wet and dry biomass were analyzed and estimated for the entire forest. The results for the three species showed that *R. mangle* had the highest values of wet and dry biomass, followed by *A. germinans* and *L. racemosa*, respectively. The contribution of leaf biomass in the three species was higher than 3%, with values ranging from 6.5% to 12.5%, showing that this mangrove stand is formed by young trees. All data for structural and biomass measurements reflect the high energy input of the environmental conditions existing in the Amazonian coastal zone.

Key words: Mangroves, biomass, Amazonian coast.

INTRODUÇÃO

Os manguezais são ecossistemas costeiros, estuarinos, sujeitos a inundações periódicas pelas marés e por águas doces. São sistemas abertos no tocante à entrada e saída de matéria e energia. Geralmente, ocorre nos manguezais a entrada de sedimentos, água doce, nutrientes e saída de água e matéria orgânica para os estuários (Araújo &

Marciel, 1979; Cintrón *et al.*, 1980; Mochel, 1995). Os manguezais se desenvolvem em regiões costeiras protegidas banhadas pelas marés, e suas maiores estruturas são observadas em áreas onde o relevo topográfico é suave e ocorrem grandes amplitudes de maré. São encontrados em latitudes entre os Trópicos de Câncer e Capricórnio (zonas tropicais e subtropicais), tanto nas Américas como na África, Ásia e Oceania (Schaeffer-Novelli, 1986).

Embora a extensão mundial dos manguezais seja pequena, cerca de 1,5% do total das florestas tropicais e subtropicais, seu papel ecológico é magnificado por ser um ecótono entre os sistemas marinhos e continentais, gerando diversos benefícios traduzidos por seus bens e serviços ambientais. Esse ecossistema abriga grande variedade de espécies da fauna, garantindo alimento e proteção para a reprodução de diversas espécies marinhas e terrestres, atuam na dinâmica da água e sedimentos nos processos de enchentes, erosão e assoreamento, fertilizam as águas estuarinas adjacentes, participam dos processos biogeoquímicos na ciclagem de metais e são de grande importância social, econômica e cultural para as populações humanas da zona costeira (Odum & Heald, 1975; Lugo *et al.* 1990; Feller *et al.*, 2002; Espig *et al.*, 2007; Mochel, 2011).

No Brasil, os manguezais estendem-se de Cabo Orange a 40° N, no Amapá, até 28030'S, em Laguna, Santa Catarina, (Kjefve *et al.*, 2002). São protegidos por Lei Federal nº 4.771/65 face à sua importância na manutenção da produtividade pesqueira, retendo e exportando nutrientes para o mar, funcionando como berçário de organismos e área de alimentação de aves migratórias. Além disso, são elementos de estabilização da linha de costa, ocupando uma área total de aproximadamente 13.000 Km². Os estados do Maranhão, Pará e Amapá, inseridos na Amazônia Legal Brasileira, detêm cerca de 50% da área de manguezais do país (Mochel, 2002; Mochel *et al.*, 2007).

A análise estrutural de um bosque de mangue permite avaliar o seu grau de desenvolvimento e seu nível de degradação, podendo ainda indicar os tensores principais que afetam o sistema (Cintrón & Schaeffer-Noivelli, 1981), apud Silva (1992). A diversidade estrutural se manifesta com a variação do status da vegetação (Damázio & Santos, 1985), abrangendo diversos parâmetros intrínsecos da formação vegetal. Entre os parâmetros relevantes ao desenvolvimento das árvores e das folhas estão a densidade do bosque, a altura, área basal, fitomassa do bosque, desenvolvimento foliar e a herbivoria.

No Maranhão, as pesquisas realizadas em áreas de manguezais íntegras e impactadas por tensores naturais e antrópicos tem considerado aspectos descritivos, qualitativos e quantitativos que revelam bosques com grande heterogeneidade estrutural, funcional e dinâmica, como pode ser constatado em Frois Abreu (1939), Damázio (1979), Santos & Damázio (1985), Silva (1992), Honaiser (1993), Mochel (1993; 1995; 1997; 1999; 2002; 2009) e Costa, (2006).

A Amazônia costeira brasileira, por suas características climáticas, geomorfológicas e oceanográficas, tem as condições mais propícias para a ocorrência de manguezais com desenvolvimento exuberante de sua estrutura e fitomassa (Mochel, 1999). Nesta região o Maranhão é privilegiado por possuir a maior área de manguezais, com aproximadamente 5.000 Km², quase metade dos manguezais do país (Mochel, 2011; Herz, 1991), porém o crescimento urbano e industrial do estado, verificado com maior intensidade na Ilha de São Luis, vem degradando os manguezais e prejudicando as populações que residem nas regiões costeiras (Cavalcante *et al.*, 1986). Entre os anos de 1972 e 1993, por exemplo, a Ilha de São Luis apresentou uma redução de aproximadamente 30% dos seus manguezais, principalmente devido ao uso da madeira como combustível e dos aterros para o crescimento urbano e industrial de São Luís (Mochel *et al.*, 2002; Mochel, 1997).

A fitomassa aérea representa a quantidade total de material vegetal presente acima da superfície do solo numa determinada área, e, em geral é quantificada seca para remover o teor de água (Drake *et al.*, 2003). Uma vez que a biomassa vegetal é constituída por cerca de 50% carbono, as estimativas da fitomassa aérea total são de importância crítica para os estudos de dinâmica do carbono em escalas múltiplas. Essas estimativas fornecem os elementos para a construção de modelos biogeoquímicos e ecossistêmicos que simulam as trocas de carbono e energia entre a biosfera e a atmosfera. A estimativa volumétrica de árvores é uma medida importante, seja para estudos ambientais, seja para finalidades florestais ou comerciais (Silva, 2002).

No manguezal, a fitomassa aérea do manguezal é definida como a quantidade de matéria orgânica sobre a superfície por unidade de área em um bosque, o que inclui os rizóforos das árvores. A biomassa acumulada por um sistema é função de sua idade, produtividade e de como se incorpora e exporta a matéria orgânica (Schaeffer-Novelli *et al.*, 1986).

Durante as atividades portuárias de dragagem na foz do Rio dos Cachorros, litoral sudoeste da Ilha do Maranhão, uma área de 0,3 ha de manguezais sofreu deslizamento e, posteriormente, cerca de 1,3 ha do bosque remanescente foi submetido à supressão para a estabilização do talude e diminuição dos riscos de novos deslizamentos. Com necessidade de supressão das árvores do manguezal, procedeu-se ao estudo fitossociológico prévio do bosque e oportunizou-se o corte das árvores para medir e analisar a fitomassa aérea úmida alocada aos compartimentos foliares e

lenhosos das espécies *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* e *Laguncularia racemosa*.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A área de estudo possui cerca de 1,5 hectares e localiza-se na porção sudoeste da Ilha do Maranhão, contígua ao terminal portuário do Consórcio ALUMAR na foz do Rio dos Cachorros, entre as coordenadas 02°34'0"S e 44°21'0"W (Figuras 1 e 2).

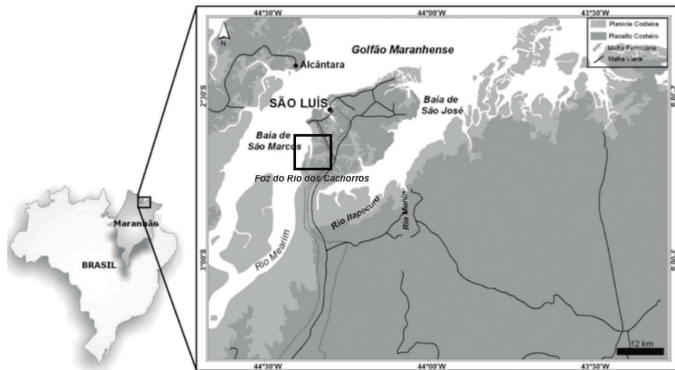


Figura 1. Imagem da Ilha do Maranhão destacando a foz do rio dos Cachorros. Fonte: Teixeira, 2009.

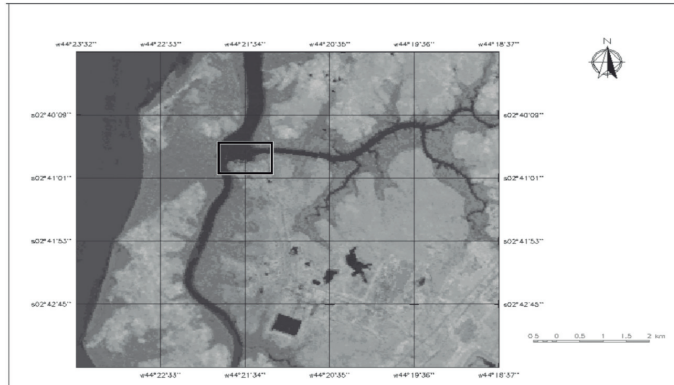


Figura 2. Área aproximada, situando a Foz do Rio dos Cachorros.

Fonte: CBERS

Procedimentos de Amostragem

Para o estudo da fitomassa do manguezal, aproveitaram-se os indivíduos suprimidos para fins de estabilização do talude, após liberação das licenças de supressão pela SEMA (Secretaria Estadual de Meio Ambiente-MA) e IBAMA (Instituto Brasileiro de Meio Ambiente Recursos Naturais Renováveis).

Os parâmetros fitossociológicos e estruturais necessários ao estudo da fitomassa foram fornecidos pelo estudo de estrutura e função conduzido no mesmo bosque e são constituídos por identificação

das espécies, frequência absoluta e relativa e a densidade, classes diamétricas e altura das árvores e seu desenvolvimento foliar. A densidade do bosque foi calculada em 8 parcelas de 10x10 metros, distribuídas no manguezal nas quais totalizavam 0,08 ha. Foram efetuados cálculos para a densidade de indivíduos e troncos por espécie.

Para a realização do estudo da fitomassa aérea foi selecionado o maior indivíduo de cada espécie durante os primeiros dias da supressão, sendo identificado com o auxílio de uma fita zebra e preenchido a ficha de campo com os dados correspondentes a medidas do CAP (circunferência na altura do peito) com uma trena Kinglon Tape e altura com um telêmetro, Ranging-R. Após a identificação dos indivíduos foi realizada a supressão da área. O terreno foi preparado para a derrubada dos indivíduos selecionados, identificando a melhor direção para a derrubada. Para a quantificação da fitomassa as árvores foram separadas em compartimentos troncos, galhos, folhas e, no caso de *Rhizophora mangle*, os rizóforos, já que esta espécie os apresenta partindo de diversos pontos do tronco e galhos. Utilizou-se um motosserra STIHL MS 460 e, após o corte da base do tronco, os troncos, galhos e rizóforos foram cortados e organizados em feixes. As árvores foram separadas em compartimentos troncos, galhos, folhas e no caso de *R. mangle*, os rizóforos acima do sedimento.

O material foi transportado para um pátio de estocagem próximo à área de supressão. As folhas foram retiradas com facões e rapidamente armazenadas em sacos de ráfia, enquanto os galhos e rizóforos foram amarrados separadamente. Para a pesagem das árvores cortadas foi utilizado um caminhão VW modelo Delivery 5-140. O caminhão vazio foi pesado numa balança rodoviária eletromecânica Chialvo com capacidade de 60 toneladas e com acurácia de 10 kg. O material lenhoso (troncos, galhos e raízes) de cada espécie foi colocado junto com os sacos de ráfia contendo as folhas na carroceria e levado para pesagem na balança. Para aferir a fitomassa aérea úmida da *L. racemosa*, *A. germinans* e *R. mangle* colocou-se cada espécie com seus respectivos compartimentos sobre o caminhão previamente pesado sem material.

Primeiramente, obteve-se o peso úmido total de cada árvore, e, posteriormente, os sacos contendo as folhas foram retirados da carroceria para obtenção do peso úmido dos troncos e galhos na segunda pesagem. Após a retirada dos feixes de galhos pesou-se somente os troncos. Foram retiradas amostras de cada espécie, em forma de discos, que rerepresentassem cada compartimento (troncos, galhos, raízes), além de 30 folhas para medições de peso úmido e peso seco em laboratório.

Os procedimentos metodológicos seguiram as diretrizes básicas descritas em Golley (1968), Schaeffer-Novelli *et al.* (1986), Soto (1988), Silva *et al.* (1991), Claussem *et al.* (1995), Fromard *et al.* (1998) e Silva (2002).

Tratamento dos dados

Em laboratório para obtenção da fitomassa aérea úmida total das espécies *L. racemosa*, *A. germinans* e da *R. mangle*, os troncos, galhos e folhas foram descontados do peso do caminhão para obtenção dos pesos dos indivíduos. Posteriormente do peso total (troncos, galhos e folhas) foi subtraído o peso dos troncos e galhos para o conhecimento do peso das folhas, e, depois, foi subtraído do peso dos galhos e posteriormente dos pesos dos troncos assim foi possível encontrar os pesos de cada compartimento dessas espécies.

Os discos dos troncos, dos galhos e dos rizóforos e, também, as 30 folhas retirados em campo, foram levados ao laboratório, onde foram pesados individualmente dentro de um prato que serviu de tara em uma balança eletrônica BG 2000 GEHAKA. Cada compartimento foi pesado e os valores anotados em uma ficha, em seguida todos os compartimentos foram levados à estufa ALWIS e mantidos a 70° C. Este procedimento foi realizado diariamente durante duas semanas até que o peso de cada compartimento se estabilizasse, repetindo-se por três dias seguidos. Após a retirada toda a umidade dos compartimentos o peso final passou a ser designado como peso seco.

Para quantificar a fitomassa aérea úmida da área estimou-se a contribuição da classe de diâmetro representada em cada compartimento. Neste caso, a fitomassa média da classe é multiplicada pelo número de indivíduos por unidade de área nesta classe. Os resultados obtidos em fitomassa, para a classe diamétrica, são somados para obter-se a fitomassa total. (GOLLEY, 1968).

Com este método foi necessário o cálculo da área basal através do diâmetro a altura do peito (DAP) dos indivíduos amostrados para se encontrar

o diâmetro da árvore de área basal média- para a classe diamétrica estudada. Usando esta expressão:

$$C = \frac{\Pi}{4 \cdot (10.000)} \cdot \text{DAP}^2$$

$$\text{Assim, } g \text{ (m}^2\text{)} = 0,00007854 \cdot (\text{DAP cm})^2 \text{ (1)}$$

A partir destes valores estimou-se a fitomassa aérea úmida aplicando uma regra de três simples entre o valor do DAP correspondente a fitomassa dos indivíduos mensurados, com o da árvore de área basal média. Obteve-se, assim, a estimativa da fitomassa/ aérea úmida que por sua vez foi multiplicada pela densidade de troncos do bosque, apresentando o valor estimado da fitomassa do bosque suprimido.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores registrados para os pesos e fitomassa das espécies *R. mangle*, *A. germinans* e *L. racemosa* encontram-se na Tabela 1. No tocante à fitomassa seca dos troncos, as espécies *A. germinans* e *L. racemosa* apresentaram 60,7% e 59,6% de fixação, respectivamente, enquanto o maior valor foi registrado para *R. mangle* 63,7% (Tabela 1).

Não houve variação do caminhão vazio, que se manteve em 3.870 kg entre as pesagens das espécies, portanto, os acréscimos ao peso inicial foram atribuídos aos pesos do material vegetal espécie *R. mangle* apresentou maior peso, seguido por *A. germinans* e por último *L. racemosa*. A contribuição da fitomassa foliar nas três espécies variou de 6,5% a 12,5% (Figura 3). Esses resultados indicam, possivelmente, um bosque jovem, pois, segundo Schaeffer-Novelli & Cintrón (1986), em bosques mais desenvolvidos a fitomassa foliar ou fotossintética é menor que 3%. Em estudos realizados na Guiana Francesa, a estimativa para a fitomassa foliar de *Rhizophora mangle* apresentou valores entre 6 e 10% do total na superfície, demonstrando que se trata de um bosque jovem (Fromard *et al.*, 1998).

Com relação à fitomassa foliar, *R. mangle* apresentou os maiores valores (30%), seguida por *L. racemosa* (27%) e *A. germinans* (23%). Mochel (1999) e Mochel & Ponzoni, (2007), demonstraram que as folhas de *L. racemosa* apresentam uma epiderme mais compacta, membranas cuticulares, flanges e um parênquima paliçádico muito desenvolvido. *R. Rhizophora mangle* também apresenta estrutura interna mais compacta enquanto em *A. germinans*, a presença de um amplo parênquima lacunar sugere uma estrutura mais fina, o que explica o menor valor

Tabela 1. Resultados da pesagem e estimativa da fitomassa para as espécies de manguezal na foz do Rio dos Cachorros. Diâmetro a altura do peito-DAP, peso úmido PU, peso seco PS.

Espécies	Compartimentos	DAP (cm)	PU (Kg)	PS (Kg)	Alocagem (%)	Biomassa seca total (Kg)	Biomassa aérea Úmida total (kg)
<i>A. germinans</i>	Troncos	19,7	250	158,8	63,5	47.475,0	74.790,0
	Galhos		130	77	59,2	23.040,0	38.880,0
	Folhas		20	6,9	34,5	2.025,0	5.985,0
	Total		400	242,7	60,7	72.540,0	119.655,0
<i>L. racemosa</i>	Troncos	10,7	40	24	60	6.240,0	10.410,0
	Galhos		30	21	70	5.460,0	7.800,0
	Folhas		10	2,7	27	690,0	2.580,0
	Total		80	47,7	59,6	12.390,0	20.790,0
<i>R. mangle</i>	Troncos	18,9	330	226,8	68,7	38.053,8	55.574,0
	Galhos		150	97,8	65,2	16.451,1	252.47,7
	Folhas		30	12	40	2.490,0	5.030,1
	Rizóforos		90	45,9	51	9.540,0	15.138,9
	Total		600	382,5	63,7	66.534,9	75.743,0

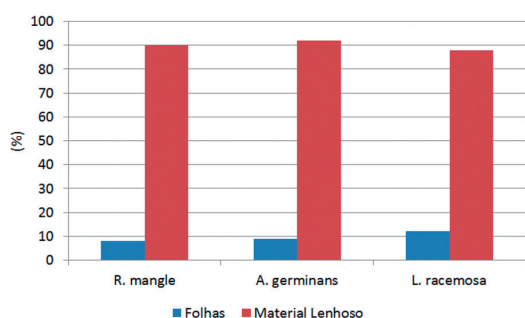


Figura 3. Contribuição de folhas e material lenhoso (troncos, galhos e raízes) para o total da biomassa amostrada.

de fitomassa foliar encontrado para *A. germinans* no presente estudo.

Em diferentes regiões do mundo desenvolveram-se equações alométricas para prever a fitomassa aérea usando-se medidas de DAP e altura (Schaeffer-Novelli *et al.*, 1986; Soto 1988; Claussem *et al.*, 1995; Fromard *et al.*, 1998; Silva, 2002). O presente estudo, por outro lado, baseou-se em dados diretos obtidos em campo e em laboratório, a partir de algumas árvores que necessitaram ser retiradas. Dados reais, diretos, obtidos em campo são importantes para contribuir com ajustes das equações alométricas, e muitos autores apontam os erros

dessas equações e a necessidade de modelos cada vez mais precisos (Gross *et al.*, 2014).

Estudos realizados por Smith & Whelan (2006), baseados em estimativas para fitomassa de manguezais na Flórida mostram, em curvas alométricas, que em *L. racemosa* um DAP de 8 a 10 cm equivale a uma previsão de fitomassa seca de 45 Kg. Estudos para essa mesma espécie, também baseados em estimativas, sem uso de dados reais obtidos em campo, mostram que em Iucatão, no México, a fitomassa prevista é de 50 Kg (Day *et al.*, 1987) e na Guiana Francesa é de 60 Kg (Fromard *et al.*, 1998) (Tabela 2).

Verificou-se que a espécie *L. racemosa* apresenta uma fitomassa seca de 58,8 kg equivalente a um DAP de 10,7 cm. Comparativamente, os resultados para o manguezal estudado na Ilha de São Luís, numa latitude aproximada de 2° S, confirmam a tendência de *L. racemosa* alocar maior fitomassa quanto mais próxima à Linha do Equador.

Tabela 2. Valores estimados de fitomassa para *L. racemosa* em países do continente americano, baseados em equações alométricas.

Autores	Locais	DAP (cm)	Fitomassa prevista (kg)
(Whelan, 2006)	Flórida, USA	8-10	45
(Day <i>et al.</i> , 1987)	Iucatão, México	8-10	50
(Fromard <i>et al.</i> , 1998)	Guiana Francesa	8-10	60
Presente trabalho	Maranhão, Brasil	10,7	58,8

Um dos parâmetros importantes no estudo dos manguezais é a densidade do bosque, pois está em função de sua idade e amadurecimento. Os bosques passam durante seu desenvolvimento de uma fase em que o terreno está ocupado por uma grande densidade de árvores de diâmetro reduzido, a uma fase de maior amadurecimento, quando o domínio é feito por poucas árvores de grande porte e volume. A densidade, então, decresce à medida que o bosque fica mais maduro, processo chamado de redução de densidade natural (Schaeffer-Novelli, 1986).

As espécies *A. germinans* e *R. mangle* apresentaram valores idênticos de DAP da árvore de área basal média (13,1 cm), entretanto em relação a densidade *A. germinans* possui valor superior a *R. mangle*. A espécie *L. racemosa* apresentou o menor valor de densidade e o menor valor de DAP (9,3 cm) da árvore de área basal média (Tabela 3). A presença dos rizóforos em *R. mangle* contribuiu com os maiores valores de fitomassa aérea seca e úmida em relação à *A. germinans* e *L. racemosa*.

Em Trinidad Tobago, a espécie *R. mangle* com DAP 10,2 cm apresentou uma estimativa para a fitomassa aérea seca de $14,1 \pm 8,1 \text{ kg.m}^{-2}$ e densidade de 11.318 ± 6488 , num bosque em franja altamente produtivo às margens de uma laguna (Juman, 2005). No Maranhão, Mochel (2011) encontrou, na Baía de Turiaçu, os maiores valores de DAP e altura para

Tabela 3. Resultados da densidade do bosque e valores estimados de DAP da a árvore de área basal média para as três espécies estudadas.

Espécies	Densidade de indivíduos/ha	DAP de árvore basal média (cm)
<i>A. germinans</i>	300	13,1
<i>L. racemosa</i>	200	9,3
<i>R. mangle</i>	162	13,1

A. germinans, seguidos por *R. mangle*, enquanto *L. racemosa* apresentou, em todos os pontos, os menores valores de diâmetro e altura, independente de sua localização e do tipo de sedimento.

Os valores medidos diretamente para a fitomassa aérea, obtidos no presente estudo são maiores do que os obtidos em estudos realizados com equações alométricas para as mesmas classes diamétricas (Figuras 4, 5 e 6). As equações para a estimativa da biomassa das espécies de manguezal demonstraram variações que indicam valores maiores de biomassa mais próximos à Linha do Equador e menores à medida que se distancia do Equador, tanto para o sul quanto para o norte. Isso pode ser observado em árvores com diâmetro superior a 15,0 cm, nos resultados encontrados em manguezais da

Florida (Smith & Whelan, 2006), Guiana Francesa (Fromard et al., 1998), Austrália (Clough et al., 1997) e Malásia (Putz apud Smith & Whelan, 2006) e também corroborado pelo presente estudo, para um bosque de manguezal da costa amazônica brasileira.

O elevado desenvolvimento de estrutura e biomassa reflete a energia fornecida por marés de grande altura, chuvas abundantes e disponibilidade de sedimentos argilosos, ricos em matéria orgânica (Schaeffer-Novelli et al., 1986). Os altos valores de biomassa aérea seca encontrados no presente trabalho

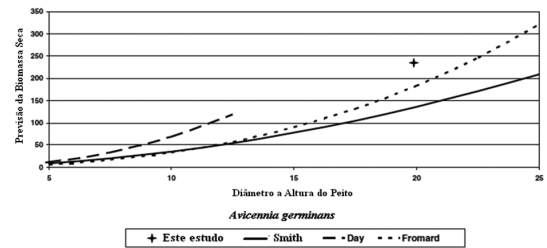


Figura 4. Previsão de biomassa total para *Avicennia germinans*. Adaptada de Smith & Whelan (2006) com base em diferentes equações alométricas. Os valores encontrados no presente estudo estão indicados como uma cruz no gráfico.

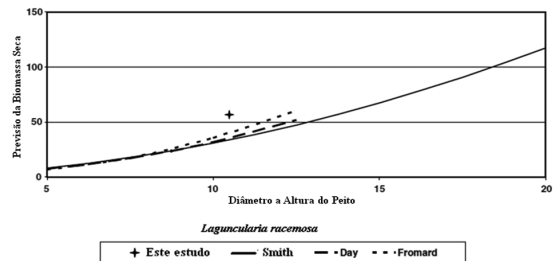


Figura 5. Previsão de biomassa total para *Laguncularia racemosa*. Adaptada de Smith & Whelan (2006) com base em diferentes equações alométricas. Os valores encontrados no presente estudo estão indicados como uma cruz no gráfico.

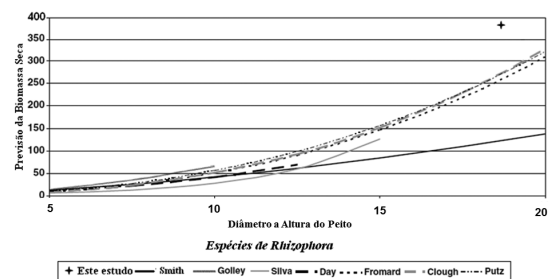


Figura 6. Previsão de biomassa total para espécies de *Rhizophora mangle*. Adaptada de Smith & Whelan (2006) com base em diferentes equações alométricas. Os valores reais obtidos para a biomassa no presente estudo estão indicados como uma cruz no gráfico.

são compatíveis com as condições ambientais existentes no litoral amazônico. Na área estudada, o regime de macromarés (com alturas de maré até 7,0 m), índices pluviométricos de cerca de 2.000 mm anuais, salinidades estuarinas, aliados a um grande transporte de sedimentos, refletem os valores de biomassa elevados nas classes de DAP entre 15 e 20 cm.

A caracterização estrutural da vegetação do manguezal constitui valiosa ferramenta no que concerne à resposta desse ecossistema às condições ambientais existentes, bem como aos estudos e ações que levam à conservação do ambiente (Soares, 1999). O desafio do desenvolvimento sustentável se interpõe entre a manutenção dos ecossistemas com suas funções e o desenvolvimento sócio-econômico de uma maneira conciliadora e integrada. Para que a sustentabilidade seja uma prática, é necessário um conhecimento amplo dos ecossistemas, tanto em sua base de estrutura e função quanto nas suas alternativas de manejo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No manguezal estudado, a espécie *R. mangle* apresenta os maiores valores de fitomassa aérea seca e úmida, pela contribuição dos rizóforos na fitomassa. A biomassa em *A. germinans* é superior a de *L. racemosa*, em virtude de seu maior desenvolvimento estrutural.

O bosque pode ser considerado jovem, pois sua fitomassa foliar é maior que 3%. As folhas de *R. mangle* apresentaram os maiores valores de fitomassa foliar seguida por *L. racemosa* e *A. germinans*.

Embora a espécie *A. germinans* tenha apresentado o DAP da árvore de área basal média igual a *R. mangle*, sua densidade expressiva representa a maior fitomassa aérea removida na área.

O presente estudo é uma relevante contribuição ao conhecimento da fitomassa aérea úmida de manguezais na costa amazônica brasileira.

Esse estudo mostra como dados diretos, medidos em campo e em laboratório são importantes para contribuir com ajustes das equações alométricas, especialmente em regiões onde não há registros anteriores, possibilitando, em estudos futuros, o uso de modelos mais precisos, sem o uso de métodos destrutivos.

Agradecimentos

À Profa. Dra. Larissa Barreto, coordenadora do Projeto Serviços Ecossistêmicos e Estratégias

para Conservação e Manejo da Biodiversidade e Ecossistemas da Amazonia Maranhense-, aos Laboratórios de Geoquímica, de Limnologia e de Ecologia de Manguezais da Universidade Federal do Maranhão, à CAPPES/NUFFIC, coordenação Brasil, pela concessão da Bolsa de Pós Doutorado e ao Dr. Frits Mohren do Forest Ecology and Forest Management, Dept, Wageningen University, NL. Por apoiar o desenvolvimento de meu Plano de Pós Doutorado “Estudos em Recuperação de Manguezais no Estado do Maranhão, Brasil”, à Magnética Vitae pelo desenvolvimento de campo da pesquisa e por seu suporte financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARÚJO, D. S. D. & MACIEL, N. C. 1979. Os manguezais da Baía de Guanabara. *Cadernos FEEMA*, ser. Téc. 10/79: 1-115.
- CAVALCANTE, P. R. S. et al. 1985. Caracterização ambiental da região do sul-suldeste da Ilha de São Luís-MA. In: Anais do Encontro Brasileiro Sobre Gerenciamento Costeiro, 3. Fortaleza 1986. p. 160-1173.
- CLAUSSEM, J. W. & MAYCOCK, C. R. 1995. Sten allometry in a north Queensland tropical rainforest. *Biotropica* 27(4):421-426.
- CINTRÓN, G.; LUGO, A. E. & MARTINEZ, R. 1980. Structural and functional properties of mangrove forests. *Symp. Signaling the Completion of the Flora of Panamá*, p. 53-66.
- CINTRÓN, G., SCHAEFFER-NOVELLI, Y. 1981. Proposta de para o estudo dos recursos de marismas e manguezais. Publ. N°515 do Instituto Oceanogr. Da USP. São Paulo. N. 10. p. 1-13.
- CLOUGH B.F., DIXON P. e DALHAUS O. 1997. Allometric relationships for estimating biomass in multi-stemmed mangrove trees. *Aust. J. Bot.* 45: 1023-1031.
- COSTA, M. R. P., ALCANTÁRA E. H., AMORIM, J. E. A., & MOCHEL, F. R. 2006. Avaliação das potencialidades e fragilidades das áreas de manguezal para a implementação do ecoturismo usando ferramentas de sensoriamento remoto em Cururupu - Ma, Brasil. *Caminhos de Geografia* 22(17) 237-243.
- DAMÁZIO, E. & SANTOS, M.C.F.V. 1986. Levantamento bioecológico na área de implantação da Indústria de Alumínio do Consórcio ALUMAR na ilha de São Luís-Maranhão. Relatório técnico (dez.84/dez.85). (Sub-projeto Mangues). São Luís.

169 pp.

DAMÁZIO, E. 1980 Contribuição ao conhecimento da vegetação de manguezais da Ilha de São Luis - Parte I. Bol. Lab. Hidrob., v.3. n.1., 1979/80.

DRAKE, J.B.; KNOX, R.G.; DUBAYAH, R.O.; CLARK, D.B.; CONDIT, R.; BLAIR, J.B. & HOFFTON, M. 2003. Above-ground biomass estimation in closed canopy Neotropical forests using lidar remote sensing: factors affecting the generality of relationships. *Global Ecology & Biogeography*, 12, 147–159

ESPIG, S. A.; REIS, I. A.; ARAÚJO, E. P. 2007. Identificação do ecossistema mangue na Ilha do Maranhão através de técnicas de classificação utilizando imagens do sensor CCD-CBERS-2. XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril, INPE, p. 5731-5737.

FROIS-ABREU, S. 1939. Observação sobre a Guiana Maranhense. *Revista Brasileira de Geografia*, ¼. p. 26-59.

FROMARD, F.; PUIG, P., MOUGIN, E., MARTY G., BETOULLE, J.L. & CADAMURO, L. 1998. Structure, above-ground biomass and dynamics of mangrove ecosystems: new data from French Guiana. *Oecologia* 442: 1–15.

GROSS, J.; FLORES, E.E.; SCHWENDENMANN, L. 2014. Stand Structure and Aboveground Biomass of a *Pelliciera rhizophorae* Mangrove Forest, Gulf of Montijo Ramsar Site, Pacific Coast, Panama. *Wetlands* (2014) 34:55–65

GOLLEY, F., HOWARD, T.; ODUM; WILSON, R.F. 1962. The Structure and Metabolism of a Puerto Rican Red Mangrove Forest in May. *Ecology* 43:9–19.

HERZ, R. 1991. Manguezais do Brasil. São Paulo: Instituto oceanográfico Universal. 54p.

HONAISSER, L. 1993. Mapeamento temático dos manguezais do médiolitoral superior do sudoeste da Ilha de São Luís. Universidade Federal do Maranhão, Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Maranhão.

ILKAC, FELLER; KAREN L. MCKEE; DENNIS F. WHIGHAM & JOHN P. O'NEILL. 2002. Nitrogen vs. phosphorus limitation across an ecotonal gradient in a mangrove forest. *Biogeochemistry* 00: 1–31, 2002

JUMAN, R.A. 2005. Biomass, litterfall and

decomposition rates for the fringed *Rhizophora* mangle forest lining the Bon Accord Lagoon, Tobago. *Rev. Biol. Tro.* v.53, supl.1, San José, 2005.

KJERFVE, B.; PERILLO, G. M.; GARDNER, L. R.; RINE, J. M.; DIAS, G.T.M.; MOCHEL, F.R. 2002. Morphodynamics of muddy environments along the Atlantic coasts of North and South America. In: Healy, T., Wang, Y & Healy, J.-A. (eds.) *Muddy coasts of the world: Processes, deposits and functions*. Elsevier Science, p.:479-532.

MOCHEL F. R. 1993. Mangroves of Maranhão State, North Brazil. In: LACERDA LD AND FIELD CD (Eds), *Mangrove Ecosystems Proceedings*, Okinawa: ISME, Japan. p. 1: 14.

MOCHEL, F. R. 1997. Manguezais do Maranhão: proteção e desenvolvimento. In: Reunião anual da SBPC, 47., São Luis 1995. *Anais. São Luis, 1995b.2v., v.1*, p. 15-16.

MOCHEL, F. R., 1997. Mangroves on São Luís Island, Maranhão Brazil. In: KJERFVE, B. et al. (Ed.) *Mangrove ecosystem studies in Latin America and Africa*, Paris: UNESCO, p. 145-154.

MOCHEL, F. R. 2002. Programa Integrado do Estudo Ecológicos dos Manguezais do Estado do Maranhão. *Revista de Gerenciamento Costeiro Integrado – para países de língua portuguesa*. Santa Catarina v.1, n.2, p 30-33.

MOCHEL, F. R., 2009. Improving visual enhancement of mangrove areas in Baía de Turiaçu, Brazil, by using HSI transformation In landsat 5/tm imagery, Brasil. São Luís, *Boletim do Laboratório de Hidrobiologia*, 22:45-54.

MOCHEL, F.R. 2011. Manguezais amazônicos: status para a conservação e a sustentabilidade na zona costeira maranhense In: *Amazônia Maranhense. Diversidade e Conservação*. 1 ed. Belém : Editora do Museu Paraense Emílio Goeldi, 2011, v.1, p. 93-118.

MOCHEL, F.R., 2011. Structural variability of mangrove forests in Turiaçu Bay, Amazonian Coast of Maranhão, Brazil. *Boletim do Laboratório de Hidrobiologia*, 23(1):27-32. 2011

MOCHEL, F. R., & PONZONI, F J. 2007 Spectral characterization of mangrove leaves in the Brazilian amazonian coast: Turiaçu Bay, Maranhão State. *Rio de Janeiro. Anais da Academia Brasileira de Ciências* n° 79(4): 683-692

MOCHEL, F. R., CORREIA, M. M. F., CUTRIM, M. V. J., IBANEZ, M. S. R. 2002. Degradação dos

- manguezais da Ilha de São Luís (MA): processos naturais e antrópicos. In: *Ecosistemas costeiros: impactos e gestão ambiental*. 1 ed. Belém : Editora do Museu Paraense Emílio Goeldi, v.1, p. 113-131
- SANTOS, M.C.F.V., DAMÁZIO, E. 1985. Mapeamento do médio litoral com mangue do sul da Ilha de São Luis. In: *Encontro Brasileiro Sobre Gerenciamento Costeiro*, 3., Fortaleza, 1985. Anais... Fortaleza a. p. 111-121
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRÓN, G. 1986. Guia para estudo de área de manguezal; estrutura, função e flora. São Paulo, Caribbean Ecological Research. 150p. + 3 apêndices. 74-78.
- SMITH, T. J. III, WHELAN, K. R. T. 2006. Development of allometric relations for three mangroves for use in the Greater Everglades Ecosystem restoration. *Wetlands Ecol. Manage.* 14:409-419.
- SILVA C.A.R.; LACERDA L.D., SILVA L.F.F. & REZENDE C.E. 1991. Forest structure and biomass distribution in a red mangrove stand in Sepetiba Bay, Rio de Janeiro. *Rev. Brasil Bot.* 14: 21-25.
- SILVA, D. S. 1992. Estrutura vegetal de um bosque de mangue degradado á margem direita do Rio das Bicas, são Luis – MA. São Luis, 1992. 47p. Monografia (Graduação) Curso de Ciências Biológicas/ UFMA.
- SILVA, J. A. A. 2002. Modelagem estimativa volumétrica de árvores de manguezais. In: *Gerenciamento Participativo de Estuários e Manguezais*, p. 227-238.
- SOARES, M.L.G. 1999. Estrutura vegetal e grau de perturbação dos manguezais da Lagoa da Tijuca, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. *Revista Brasileira de Biologia* 59(3): 503-515.
- SOTO, R. Geometry, 1988. Biomass allocation and leaf life-span of *Avicennia germinans* (L.) L. (Aviceniaceae) along a salinity gradient in Salinas, Puntarenas, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 36 (2a): 309-323.