



## ESTIMATIVA DO ESTOQUE DE CARBONO EM UMA FLORESTA DOMINADA POR BAMBU SITUADA NA AMAZÔNIA OCIDENTAL

ÍTALO FELIPE NOGUEIRA RIBEIRO; EVANDRO JOSÉ LINHARES FERREIRA;  
QUÉTILA SOUZA BARROS; ROMÁRIO DE MESQUITA PINHEIRO; LÍVIA ROCHA  
DE BRITO

### RESUMO

Com o agravamento das mudanças climáticas em decorrência do aumento da emissão de gases do efeito estufa, intensifica-se o debate sobre o papel das florestas na mitigação de tais mudanças, uma vez que tais ecossistemas são grandes sumidouros de carbono, portanto conhecer o estoque de carbono dessas áreas é fundamental. Sendo assim, trabalho estimar o estoque de carbono de um fragmento florestal situado em Feijó, Acre. Instalou-se em campo 11 parcelas (500 m x 10 m), distantes entre si 100 m, subdivididas em 20 subparcelas (25 m x 10 m), foram catalogados e identificados taxonomicamente, com o auxílio de um parataxonomista, indivíduos com  $DAP \leq 10$  cm. Inicialmente calculou-se o volume de cada árvore e, usando equações alométricas, estimou-se a biomassa, fresca e seca, acima do solo, sendo a biomassa seca considerada como 60% do valor da biomassa fresca. Posteriormente estimou-se o teor de carbono de cada indivíduo como equivalendo a 50% do valor da biomassa seca. Na área de estudo foram registradas 1349 árvores, distribuídas em 34 famílias botânicas e 93 espécies, e o estoque de biomassa, fresca e seca, foi equivalente a  $117,81 \text{ Mg ha}^{-1}$  e  $70,68 \text{ Mg ha}^{-1}$ . Já o estoque de carbono estimado da área foi equivalente a  $35,34 \text{ Mg C ha}^{-1}$ . Dentre as famílias botânicas registradas na área de estudo, registrou-se os maiores valores de carbono fixado foram verificados Fabaceae ( $8,28 \text{ Mg C ha}^{-1}$ ), Sapotaceae ( $5,49 \text{ Mg C ha}^{-1}$ ), Moraceae ( $3,51 \text{ Mg C ha}^{-1}$ ), Lecythidaceae ( $2,62 \text{ Mg C ha}^{-1}$ ) e Bignoniaceae ( $1,96 \text{ Mg C ha}^{-1}$ ). Dentre as espécies presentes na área, *I. alba*, *P. caimito*, *X. benthamii*, *Eschweilera* sp e *P. laevis* contribuíram significativamente com o estoque de carbono local. O estoque de carbono do fragmento florestal é reduzido em comparação com os de outras florestas localizadas em áreas próximas, o que pode ser resultante da dominância de bambu na florestal local e do fato de já ter ocorrido exploração madeireira na área.

**Palavras-chave:** Biomassa florestal; Dendrometria; Equação alométrica; Estoque de carbono.

### 1 INTRODUÇÃO

Diante do agravamento das mudanças climáticas nas últimas décadas em decorrência do aumento da emissão de gases do efeito estufa (GEE), as florestas apresentam grande importância na mitigação de tais mudanças, uma vez que se constituem em grandes reservatórios naturais e dinâmicos de carbono retirado diretamente da atmosfera e incorporado na biomassa vegetal das plantas que formam as florestas. Enquanto preservadas, as florestas impedem a liberação desse estoque de carbono na atmosfera na forma de gases como o dióxido ( $\text{CO}_2$ ) ou monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ) (MITCHARD, 2018).

A fixação do carbono pelas florestas ocorre através da fotossíntese, um processo no qual

as plantas absorvem o CO<sub>2</sub> existente na atmosfera, fixando e alocando o carbono na forma de biomassa, ao mesmo tempo em que ocorre a liberação do oxigênio na atmosfera (KLUGE; TEZOTTO-ULIANA; SILVA, 2014).

Esse processo tem ocorrido ao longo de milhões de anos, contudo, devido às ações antrópicas e à fragmentação florestal, as florestas estão deixando de fixar e passando a liberar o carbono retido em sua biomassa. É válido ressaltar que entre 1960 e 2015 houve uma emissão de 408 Gigatoneladas de carbono (Gt C) para a atmosfera, sendo que, desse total, 20% decorreu de mudanças no uso do solo (MITCHARD, 2018).

Salienta-se que a mensuração do estoque de carbono em florestas é uma atividade que pode ser complexa, uma vez que demanda inicialmente a mensuração da biomassa florestal, em especial a biomassa acima do solo, que é feita principalmente de modo indireto, através da medição de atributos biométricos e do uso de equações alométricas cuja a precisão e acurácia pode variar de acordo com a região, heterogeneidade da população de plantas mensuradas e outras variáveis consideradas na equação (XAVIER, 2017; BADIN, 2018).

O acúmulo de biomassa e carbono em florestas é influenciado por diversos fatores, com destaque para o estágio sucessional da área. Formações florestais primárias tendem a ter uma taxa de fixação de carbono menor em comparação com florestas secundárias em decorrência da menor mortalidade de indivíduos (SOUZA et al., 2018).

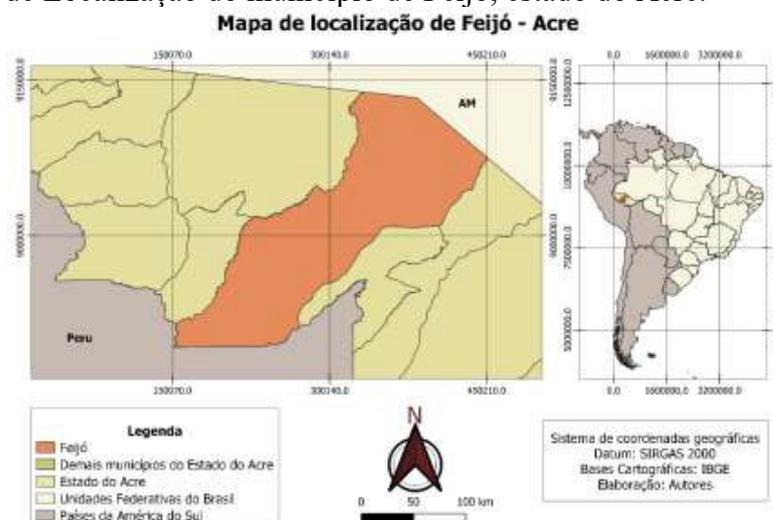
Outro fator que pode limitar o estoque de carbono florestal é a dominância de bambu no ecossistema. Ferreira (2014) relata que em florestas com dominância de bambu o estoque de carbono pode ser até 50% em comparação com áreas não dominadas pela gramínea, tal redução é explicada pelo fato de tais florestas apresentarem maior mortalidade arbórea, bem como, redução de até 40% densidade de árvores e área basal limitada. Sendo assim, esse trabalho teve por objetivo estimar o estoque de carbono de um fragmento florestal, com dominância de bambu (*Guadua* sp.) situado no município de Feijó, no Estado do Acre.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### Caracterização da área de estudo

O estudo foi conduzido em um fragmento florestal com 14.504 hectares localizado no município de Feijó, no estado do Acre (Figura 1). O clima local é descrito como sendo do tipo equatorial quente e úmido, apresentando duas estações bem definidas, uma seca e outra chuvosa, com precipitação média anual de 2.217 mm e oscilação mensal entre 65 e 278 mm (BENTO et al., 2021).

**Figura 1.** Mapa de Localização do município de Feijó, estado do Acre.



No local de estudo ocorrem, de forma predominante, solos da classe dos Cambissolos, caracterizados como eutróficos com argila de alta atividade, geralmente rasos e com drenagem limitada. Além disso também há ocorrência de Luvisolos, que possuem argila de alta atividade e presença de horizonte B textural. Ressalta-se que esses últimos também são propensos à erosão por apresentar drenagem ineficaz, tendo, por essa razão, seu uso agrícola limitado (ACRE, 2010).

No fragmento florestal analisado, as tipologias florestais predominantes são Floresta Aberta com Bambu + Floresta Densa, Floresta Aberta com Palmeiras + Floresta Densa + Floresta Aberta com Bambu, além disso, de forma secundária também há ocorrência de campinaranas com as florestas de palmeiras ocupando áreas aluviais (ACRE, 2010).

### **Instalação das parcelas e inventário florestal**

Instalaram-se aleatoriamente 11 parcelas com dimensão de 500 m x 10 m, sendo cada parcela composta por 20 subparcelas de 25 m x 10 m. Entre cada parcela havia uma distância mínima de 100 metros. Dentro de cada subparcela foram plaqueteados todos os indivíduos arbóreos com diâmetro à altura do peito ( $DAP \leq 10$  cm). A identificação dos indivíduos arbóreos a nível de família, gênero e espécie ficou a cargo de um identificador botânico, que também estimou visualmente a altura comercial (HC) dos mesmos.

### **Estimativa do estoque de biomassa, fresca e seca, acima do solo**

Para estimar a biomassa florestal fresca acima do solo, considerou-se a equação pantropical proposta por Chave et al. (2014; eq. 6), elaborada para árvores com oscilações diamétricas de 5 a 212 cm. Para determinar a densidade básica da madeira das espécies registradas no inventário florestal foi utilizada a base de dados disponibilizada por Zanne et al. (2009).

Biomassa florestal fresca acima do solo [1]:

$$AGB = 0,0559 * (p * [(DAP)]^2 * H)$$

Onde: AGB = Biomassa acima do solo, em Mg; p = Densidade básica da madeira, em  $g\ cm^{-3}$ ; DAP = diâmetro a altura do peito, em cm; H = Altura total da árvore, em m.

Para estimar a biomassa florestal seca, considerou-se o valor proposto por Higuchi et al. (1998), que relatam que o peso seco de uma árvore corresponde a 60% (0,6) de sua biomassa. Portanto considerou-se a equação abaixo

Biomassa florestal seca acima do solo [2]:

$$BS = AGB * 0,6$$

Onde: BS = Biomassa seca, em Mg; AGB = Biomassa acima do solo, em Mg.

### **Estimativa do estoque de carbono**

Para estimar o estoque de carbono, considerou-se a metodologia adotada por Santos, Santos e Ferreira (2013), que, em consulta à literatura disponível, relatam que o percentual de carbono na constituição de uma árvore tende a ser 50% (0,5) do valor da biomassa seca do indivíduo. Portanto, considerou-se a equação abaixo:

Estimativa de carbono [3]:

$$EC = BS * 0,5$$

Onde: EC = Estimativa de carbono, em Mg; BS = Biomassa seca, em Mg.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na área de estudo foram registradas 1349 árvores distribuídas em 34 famílias botânicas e 93 espécies. As que famílias apresentaram maior diversidade específica foram Fabaceae, Malvaceae e Moraceae, com respectivamente, 19, 8 e 8 espécies cada. As famílias com maior abundância de indivíduos foram Fabaceae (403), Annonaceae (159) e Sapotaceae (137). Dentre as espécies, as que apresentaram maior número de indivíduos foram *Inga alba* (Sw.) Willd. (303), *Xylopia benthamii* R.E.Fr. (159), *Pseudolmedia laevis* (Ruiz & Pav.) J. F. Macbr. (86), *Pouteria caimito* Radlk. (84) e *Rinorea viridifolia* Rusby (80).

O estoque de biomassa fresca e seca acima do solo dos indivíduos catalogados foi de, respectivamente, 647,99 Mg (117,81 Mg ha<sup>-1</sup>) e 388,79 (70,68 Mg ha<sup>-1</sup>). Tais valores são considerados baixos em comparação com outros estudos realizados em florestas da mesma região. D'Oliveira et al. (2020), por exemplo, realizaram a quantificação da biomassa seca acima do solo em florestas com 4 tipologias florestais diferentes, também no município de Feijó, e registraram valores de biomassa que variaram de 233,80 Mg ha<sup>-1</sup>, em Floresta aberta com palmeira aluvial, a 131,3 Mg ha<sup>-1</sup>, em áreas degradadas.

O estoque total de carbono estimado no fragmento florestal avaliado no presente estudo foi de 194,39 Mg C, o que equivale a 35,34 Mg C ha<sup>-1</sup>. Este valor é 86,48% inferior ao encontrado por Romero et al. (2020) em uma área sob manejo florestal na mesma região. Contudo, deve-se salientar que há diferenças na metodologia usada pelos autores citados em comparação com esse estudo, visto que os autores utilizaram troncos com diâmetro superior a 50 cm para estimar o estoque de carbono. Além disso, a metodologia usada para fazer a cubagem e estimativa da biomassa dos indivíduos não foi igual a utilizada no presente estudo. Lima (2013), ao avaliar o estoque de carbono na Floresta Estadual do Antimary quantificou um estoque de 312,61 Mg ha<sup>-1</sup>, valor 88,7% superior ao encontrado no presente estudo. Ressalta-se que o reduzido estoque de carbono encontrado na área avaliada no presente estudo pode ser resultante de dois fatores: a dominância de bambu no sobosque da floresta avaliada e a ocorrência prévia de extração madeireira na área em questão.

De acordo com Ferreira (2014), florestas dominadas por bambu apresentam características peculiares como alta mortalidade e baixa densidade de árvores, o que compromete a produção de biomassa florestal e, conseqüentemente, limita o estoque de carbono no ecossistema florestal. Estudos relatam que florestas dominadas por bambu podem ter um estoque de carbono 50% inferior ao de outras tipologias florestas nas quais o bambu não é elemento dominante no subosque (DALAGNOL et al., 2018).

Dentre as famílias botânicas, as que mais contribuíram para a fixação de carbono foram Fabaceae (8,28 Mg C ha<sup>-1</sup>), Sapotaceae (5,49 Mg C ha<sup>-1</sup>), Moraceae (3,51 Mg C ha<sup>-1</sup>), Lecythidaceae (2,62 Mg C ha<sup>-1</sup>) e Bignoniaceae (1,96 Mg C ha<sup>-1</sup>) (Tabela 1), cujo total de carbono fixado corresponde a 61,91% de todo o carbono estimado na área estudada.

**Tabela 1.** Famílias botânicas que apresentaram os maiores acúmulos de biomassa, seca e fresca, acima do solo e estoque de carbono.

Família	Nº de ind.	AGB (Mg)	BS (Mg)	EC (Mg)	C ha <sup>-1</sup> (Mg)
Fabaceae	403	151,80	91,08	45,54	8,28
Sapotaceae	137	100,74	60,44	30,22	5,49
Moraceae	125	64,43	38,66	19,33	3,51
Lecythidaceae	39	48,21	28,92	14,46	2,62

Bignoniaceae 31 35,98 21,59 10,79 1,96

Nº de ind. = Número de indivíduos; AGB = Biomassa Fresca acima do solo; BS = Biomassa Seca acima do solo; EC = Estimativa de Carbono; C ha<sup>-1</sup> = Estimativa de Carbono por hectare.

Ao analisarem o estoque de carbono de um fragmento florestal situado em um Parque Urbano localizado em Rio Branco, Acre, Santos, Santos e Ferreira (2013) relataram que as famílias Fabaceae, Lecythidaceae, e Bignoniaceae, também apresentavam grande contribuição para o estoque de carbono da área, com valores equivalentes a, respectivamente, 1,0, 0,57 e 0,24 Mg C ha<sup>-1</sup>.

Silva et al. (2015) ao avaliarem o acúmulo de carbono em uma floresta tropical úmida densa de terra-firme, localizada no estado do Amazonas, observaram elevados valores de carbono fixado pelas famílias Fabaceae (439,75 Mg ha<sup>-1</sup>), Sapotaceae (344,19 Mg ha<sup>-1</sup>), Lecythidaceae (317,62 Mg ha<sup>-1</sup>) e Moraceae (145,62 Mg ha<sup>-1</sup>) em comparação com os valores apresentados por outras famílias.

Dentre as espécies registradas, *I. alba*, *P. caimito*, *X. benthamii*, *Eschweilera* sp e *P. laevis* apresentaram os maiores valores de carbono fixado (Tabela 2), salienta-se que tais espécies também apresentaram elevada abundância de indivíduos e acúmulo de biomassa, em comparação com as demais espécies registradas. O carbono fixado por estas cinco espécies corresponde a 35,28% de todo o estoque total registrado na área de estudo.

**Tabela 2.** Espécie que apresentaram os maiores acúmulos de biomassa, seca e fresca, acima do solo e estoque de carbono.

Espécie	Nº de ind.	AGB (Mg)	BS (Mg)	EC (Mg)	C ha <sup>-1</sup> (Mg)
<i>Inga alba</i> (Sw.) Willd.	303	79,63	47,77	23,88	4,34
<i>Pouteria caimito</i> Radlk.	84	58,86	35,31	17,65	3,21
<i>Xylopia benthamii</i> R.E.Fr.	159	35,13	21,08	10,54	1,91
<i>Eschweilera</i> sp.	13	27,63	16,57	8,28	1,50
<i>Pseudolmedia laevis</i> J. F.86	86	27,42	16,45	8,22	1,49
<i>Macbr.</i>					

Nº de ind. = Número de indivíduos; AGB = Biomassa Fresca acima do solo; BS = Biomassa Seca acima do solo; EC = Estimativa de Carbono; C ha<sup>-1</sup> = Estimativa de Carbono por hectare.

Em seu estudo, Santos, Santos e Ferreira (2013), encontraram que as espécies com maior quantidade de carbono fixado foram *Mauritia flexuosa* (4,20 Mg ha<sup>-1</sup>), *Mangifera indica* (2,67 Mg ha<sup>-1</sup>), *Attalea phalerata* (2,65 Mg ha<sup>-1</sup>), *Acrocomia aculeata* (1,82 Mg ha<sup>-1</sup>) e *Bertholletia excelsa* (1,78 Mg ha<sup>-1</sup>).

A importância de cada espécie na composição do estoque de carbono da floresta depende não só da densidade de indivíduos, mas também da distribuição diamétrica e da densidade da madeira de dos mesmos, sendo que, espécies que possuem um maior número de indivíduos nas classes diamétricas maiores, bem como madeira com elevada densidade, apresentam potencial para fixar mais carbono em sua biomassa (ROMERO et al., 2020).

Salienta-se que, além da dominância de bambu no local, o estoque de carbono do fragmento florestal analisado pode ter sido impactado por explorações madeireiras ocorridas na área. Romero et al. (2020) citam que a exploração madeireira é uma atividade que reduz o estoque de carbono da floresta uma vez que os indivíduos de maior porte, e normalmente com

madeira mais densas, tendem a ser suprimidos por apresentarem maior interesse comercial. Tal hipótese pode ser reforçada se observarmos que das 5 espécies que apresentaram maior contribuição para a fixação de carbono na área, somente *Eschweilera* sp. é uma espécie madeireira de elevado interesse comercial, sendo as demais consideradas espécies com baixa ou nenhuma demanda no setor madeireiro local

#### 4 CONCLUSÃO

O fragmento florestal apresenta estoque de carbono de 35,34 Mg ha<sup>-1</sup>, valor considerado baixo em comparação com outros estudos realizados em florestas situadas em áreas próximas. As famílias Fabaceae, Sapotaceae, Moraceae, Lecythidaceae e Bignoniaceae apresentaram os maiores valores de carbono fixado, com as espécies *I. alba*, *P. caimito*, *X. benthamii*, *Eschweilera* sp e *P. laevis* apresentando as maiores contribuições para o estoque de carbono local.

É possível que o reduzido estoque de carbono observado no fragmento florestal analisado seja resultante da dominância do bambu na área, e também de atividades de exploração madeireira ocorridas anteriormente no local.

#### REFERÊNCIAS

ACRE. Governo do Estado do Acre. **Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre, Fase II (Escala 1:250.000): Documento Síntese**. 2. Ed. Rio Branco: SEMA, 2010. 356 p.

BADIN, T. L. **Estimativa de biomassa utilizando dados de LiDAR em floresta tropical**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul. 2018. 71 f.

BENTO, V. R. S.; JUCÁ, E. V. L.; MENEZES, R. S.; LIMA, B. C.; VERAS, N. M.; MOURA, S. S. Interpretando a diversidade climática do Acre através da leitura de climogramas. *Uáquiri*, v. 3, n. 2, p. 96-111, 2021.

CHAVE, C.; RÉJOU-MÉCHAIN, M.; BÚRQUEZ, A.; CHIDUMAYO, E.; COLGAN, M. S.; et al. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biology*, v. 20, n. 10, p. 3177-3190, 2014.

DALAGNOL, R.; WAGNER, F. H.; GALVÃO, L. S.; NELSON, B. W.; ARAGÃO, L. E. O. C. Life cycle of bamboo in the southwestern Amazon and its relation to fire events. *Biogeosciences*, v. 15, p. 6087 – 6104, 2018.

D'OLIVEIRA, M. V. N.; MELO, A. W. F.; AMARAL, E. F.; HAVERROTH, M. **Mapa de Biomassa Seca acima do Solo da Terra Indígena Kaxinawá Nova Olinda, Município de Feijó, Estado do Acre**. Documentos 163. Rio Branco: Embrapa. 2020. 44 p.

FERREIRA, E. J. L. O bambu é um desafio para a conservação e o manejo de florestas no sudoeste da Amazônia. *Ciência e Cultura*, v. 66, n. 3, p. 46-51, 2014.

HIGUCHI, N.; SANTOS, J.; RIBEIRO, R. J.; MINETTI, L.; BIOT, Y. Biomassa da parte aérea da vegetação da floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia Brasileira. *Acta Amazonica*, v. 28, n. 2, p. 153-166. 1998.

KLUGE, R. A.; TEZOTTO-ULIANA, J. V.; SILVA, P. P. M. Aspectos Fisiológicos e

Ambientais da Fotossíntese. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 1, p. 56-73, 2014.

MITCHARD, E. T. A. The tropical forest carbon cycle and climate change. **Nature**, v. 559, p.527-534, 2018.

ROMERO, F. M. B.; NOVAIS, T. N. O.; JACOVINE, L. A. G.; FERREIRA NETO, J. A.; RIBEIRO, S. C.; MORAIS, I. L. L.; SILVA, J. A. Quantificação da biomassa e estoque de carbono em áreas sob manejo sustentável no Estado do Acre. *In*: OLIVEIRA, R. J (Org.). **Engenharia florestal: Desafios, Limites e Potencialidade**. Editora Científica: Guarujá, 2020. p. 722-730.

SANTOS, L. R.; SANTOS, E. A.; FERREIRA, E. J. L. Estimativa da capacidade de estoque de biomassa e carbono da vegetação arbórea de um fragmento do Parque Urbano Tucumã, em Rio Branco, Acre. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 17, p. 1305-1321, 2013.

SOUZA, C. R.; AZEVEDO, C. P.; ROSS, L. M. B.; SANTOS, J.; HIGUCHI, N. Estoque e dinâmica de carbono em floresta manejada na Amazônia Central. **Scientia Forestalis**, v. 46, n. 119, p. 427-436, 2018.

XAVIER, G. O. **Estimativa de estoque de biomassa de floresta tropical utilizando dados de sensoriamento remoto e redes neurais artificiais**. Projeto de Pesquisa (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal. 2017. 62 f.

ZANNE, A. E.; LOPEZ-GONZALEZ, G.; COOMES, D. A.; ILIC, J.; JANSSES, S.; LEWIS, S. L.; MILLER, R. B.; SWENSON, N. G.; WIEMANN, M. C.; CHAVE, J. **Global wood density database**. Dryad. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10255/dryad>. Acesso em 20 de Fev de 2024.