

CARBONO AZUL ACIMA DO SOLO EM MANGUEZAIS DO RIO GRANDE DO NORTE

Yuri Gomes de Souza ¹
Denise Santos Saldanha ²
Anderson Álefe Rodrigues de Oliveira ³
Diógenes Félix da Silva Costa ⁴

INTRODUÇÃO

As áreas úmidas costeiras ofertam inúmeros serviços ecossistêmicos, desempenhando papéis cruciais como na preservação da biodiversidade, na manutenção do ciclo do carbono e no bem-estar das comunidades locais (COSTANZA *et al.*, 1997; NAVARRO; RODRÍGUEZ-SANTALLA, 2023). Com um dos litorais setentrionais mais secos do Brasil, o Rio Grande do Norte abriga uma variedade de ecossistemas hidromórficos que são verdadeiros berços ecológicos e socioeconômicos, como são os casos dos manguezais (COSTA *et al.*, 2022).

Embora esses repositórios de carbono azul assumam relevância global com 147.359 km², estimativas apontam que não apenas suas áreas tenham sido suprimidas em mais de 5.200 km² entre 1996 e 2020 (BUNTING *et al.*, 2022), mas também que existem indicativos de taxas de lançamento à atmosfera de 678,5 Tg/CO₂ até meados de 2095 (CHATTING *et al.*, 2022), o que demonstra grave cenário. Em se tratando do Brasil, de acordo com o Atlas dos Manguezais, 25% desses ecossistemas foram degradados desde o início do século XX, com ênfase para o Nordeste e o Sudeste que apresentaram percentuais de 40% de desaparecimento da sua cobertura original (MMA, 2018).

O estado do Rio Grande do Norte possui 400 km de linha de costa (ALBANO *et al.*, 2020), com uma variedade climática que condiciona a colonização dos manguezais sob diferentes estruturas fitofisionômicas, como a distribuição de extensas florestas que variam entre indivíduos arbóreos a nanicos, ao longo dos trechos orientais e setentrionais (COSTA *et al.*, 2014; SOUZA *et al.*, 2023). Entretanto, essas áreas encontram-se ameaçadas não apenas pelo avanço do nível médio do mar (ARAÚJO *et al.*, 2021), mas

¹ Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, yurigomes.s28@gmail.com;

² Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, denisesaldanha.lama@gmail.com;

³ Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, anderson_alefi@hotmail.com;

⁴ Orientador do primeiro autor; Professor do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, diogenesfscosta@gmail.com.

principalmente pelas evidências de redução e fragmentação de seus bosques ao longo das últimas décadas (SOUZA; COSTA; SILVA, 2023).

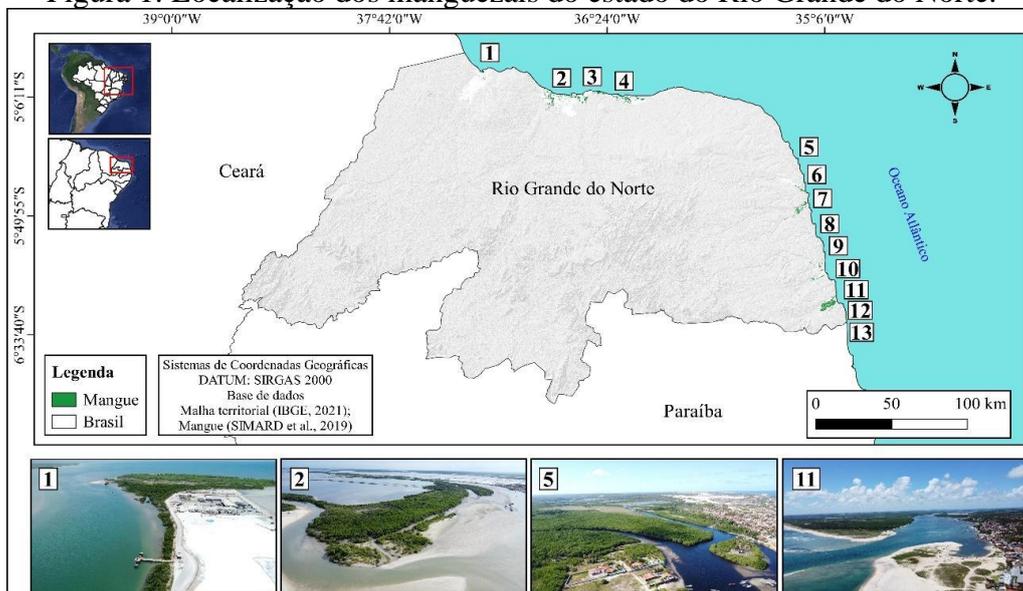
Considerando a necessidade de demonstrar a relevância desses ecossistemas para a mitigação das mudanças climáticas em escala mundial (ZENG *et al.*, 2021) e brasileira (BERNARDINO *et al.*, 2024), a presente pesquisa, ao longo de 13 zonas estuarinas em diferentes sistemas climáticos, objetivou analisar o estoque de carbono em biomassa acima do solo em manguezais no estado do Rio Grande do Norte.

METODOLOGIA

Área de estudo

A área de estudo corresponde a um total de treze manguezais em zonas estuarinas da costa do estado do Rio Grande do Norte (RN), sendo os do Rio Apodi-Mossoró (1), Rio Piranhas-Açu (2), Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS) Ponta do Tubarão (3) e Rio Galinhos-Guamaré (4) localizados no litoral setentrional; enquanto que os do Rio Maxaranguape (5), Rio Ceará-Mirim (6), Rio Potengi (7), Rio Pirangi (8), Bonfim-Guaráiras (9), Rio Sibaúma (10), Rio Curimataú (11), Rio Sagi (12) e Rio Guaju (13), inseridos no litoral oriental (Figura 1).

Figura 1: Localização dos manguezais do estado do Rio Grande do Norte.



Fonte: Acervo da pesquisa (2024).

Por se tratar de uma extensa linha de costa (400km), essas áreas encontram-se distribuídas sob a influência do clima BSh – Tropical Semiárido quente seco (trecho setentrional) e pelo clima As’ – Tropical quente úmido (trecho oriental) (ALVARES *et al.*, 2013), cujos regimes médios anuais de precipitação e temperatura são de 518,4 mm e

1721,4 mm e 27,9 °C e 26,4 °C, respectivamente (INMET, 2018). Essencialmente, essas zonas úmidas ocupam limites estuarinos ao longo das inúmeras planícies fluviomarinhas sob um manto sedimentar formado por solos com alta concentração de sais dissolvidos e precipitados, como as classes Gleissolo Sáfico e Gleissolo Tiomórfico (IBGE, 2023).

Procedimentos metodológicos

Sob o recorte dos manguezais que ocorrem no estado do Rio Grande do Norte, essa pesquisa se respaldou em dados secundários e na utilização de cálculos algébricos para as estimativas de Biomassa Acima do Solo (AGB – sigla em inglês), Carbono orgânico (C) e Dióxido de Carbono (CO₂). Inicialmente, baseando-se no levantamento amostral realizado por Simard *et al.* (2019ab) em manguezais da “região equatorial global”, foram obtidos os produtos matriciais relacionado à Biomassa Acima do Solo (Mg/ha⁻¹). Esses dados, especificamente, foram processados pelos autores mencionados a partir de aferições por Sensoriamento Remoto (SR), utilizando-se de medidas altimétricas em modelos digitais de elevação da missão SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) e da *Lidar do Geoscience Laser Altimeter System (GLAS)*, e por cálculos alométricos aplicados em campo (total de 331 parcelas).

A base de dados representou 116 países, dos quais inclui-se o território brasileiro em virtude da cobertura relevante de sua vegetação de mangue. As etapas de validação deste levantamento balizaram-se em estimativas dos coeficientes de correlação (R^2) e em raiz de erro quadrático médio (RMSE – sigla em inglês), os quais indicaram valores de 0,77 e 57,2 Mg/ha⁻¹, respectivamente (SIMARD *et al.*, 2006; SIMARD *et al.*, 2019ab).

Diante disso, utilizando-se de tais produtos, seguiu-se os preceitos de Kauffman e Donato (2012) e Bindu *et al.* (2018), os quais estabelecem que a concentração de carbono orgânico estocado na biomassa corresponde a percentuais inferiores a 50%, cujo valor aproximado encontra-se definido como 0,475 (47,5%). Complementarmente, para estimar o quantitativo de CO₂ equivalente ao C presente na vegetação, usou-se o coeficiente 3,67 para a calcular o produto entre ambos, pois, segundo Kauffman e Donato (2012), este valor representa um fator de razão entre os pesos moleculares de C e CO₂. Estes procedimentos podem ser interpretados a partir das equações seguintes (Quadro 1).

Quadro 1: Equações para os cálculos de carbono e dióxido de carbono em AGB.

Parâmetro	Equação
Carbono (C)	$C = AGB * 0,475$
Dióxido de Carbono (CO ₂)	$CO_2 = C * 3,67$

Fonte: Elaborado com base em Kauffman e Donato (2012) e Bindu *et al.* (2018).

A quantificação e espacialização dos parâmetros supracitados se deu em ambiente SIG do ArcMap/ARCGIS (Licenciado pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFRN) e QGIS *Bialowieza* (3.22.9), sendo apresentados como mapa e tabela.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando o mapeamento dos manguezais da região equatorial da superfície terrestre apresentado em Simard *et al.* (2019), foi possível obter informações sobre AGB, C e CO₂ para esses ecossistemas presentes no estado do Rio Grande do Norte, Brasil. Ressalta-se que este recorte espacial se encontra distribuído em 13 zonas estuarinas com presença de mangue, cujas paisagens são influenciadas pela semiaridez, na costa setentrional, e pelo domínio (sub)úmido, na costa oriental.

Foi possível observar que a cobertura dessa vegetação correspondeu a 12.004,4 ha. Em relação às estimativas totais de AGB, C e CO₂, percebeu-se os valores de 4.207.454 Mg, 1.998.792,4 Mg e 7.335.569,9 Mg, respectivamente, os quais estão organizados por cada uma das áreas (Tabela 1). Assim, a descrição dos intervalos e seus parâmetros correspondentes são apresentados a seguir.

Tabela 1: Quantificação dos parâmetros de AGB, C e CO₂ para os manguezais do RN.

Estuário	Intervalo (Mg/ha^{-1})			Total (Mg)			Área (ha)
	AGB	C	CO ₂	AGB	C	CO ₂	
Apodi-Mossoró	0,5 – 210,3	0,2 – 99,8	0,9 – 366,6	105.591,8	50.213,9	184.285,2	206,5
Piranhas-Açu	0,5 – 135,9	0,2 – 64,5	0,9 – 237,0	598.492,6	284.343,7	1.043.541,6	3.100,0
RDS Ponta do Tubarão	0,5 – 63,9	0,2 – 30,3	0,9 – 111,5	66.335,1	31.560,5	115.827,2	533,8
Galinhas-Guamaré	0,5 – 109,7	0,2 – 52,1	0,9 – 191,3	234.942,1	111.603,8	409.586,2	1.658,9
Maxaranguape	0,5 – 179,1	0,2 – 85,1	0,9 – 312,2	4.176,1	1.983,6	7.280,1	13,0
Ceará-Mirim	0,5 – 164,2	0,2 – 78,0	0,9 – 286,3	179.517,9	85.286,4	313.001,4	427,2
Potengi	0,5 – 210,3	0,2 – 99,8	0,9 – 366,6	438.702,4	208.434,2	764.953,5	1.594,1
Pirangi	9,2 – 260,5	4,4 – 123,7	16,1 – 454,1	12.506,5	5.966,1	21.895,5	18,4
Bonfim-Guarairas	0,5 – 260,5	0,2 – 123,7	0,9 – 454,1	372.338,6	176.853,1	649.050,9	941,1
Sibaúma	0,5 – 85,7	0,2 – 40,7	0,9 – 149,4	2.491,7	1.183,5	4.343,6	7,5
Curimataú	0,5 – 260,5	0,2 – 123,7	0,9 – 454,1	2.184.281,2	1.037.525,6	3.807.719,1	3.484,9
Sagi	9,2 – 85,7	4,4 – 40,7	16,1 – 149,4	934,4	444,8	1.632,4	1,9
Guaju	4,8 – 210,3	2,3 – 99,8	8,4 – 366,6	7.143,6	3.393,2	12.453,2	17,6
Total (Mg)	-	-	-	4.207.454	1.998.792,4	7.335.569,9	12.004,7

Fonte: Elaborado com base em Simard *et al.* (2019ab).

Em se tratando dos estuários da porção setentrional, no Rio Apodi-Mossoró (Figuras 2 e 3 – Nº 1), cuja área possui 206,5 ha, identificou-se que os intervalos de biomassa acima do solo, de carbono e de dióxido de carbono variaram entre 0,5 e 210,3 Mg/ha^{-1} , 0,2 e 99,8 Mg/ha^{-1} e 0,9 e 366,6 Mg/ha^{-1} , com um total de, respectivamente, 105.591,8 Mg, 50.213,9 Mg e 184.285,2 Mg. No Piranhas-Açu (Figuras 2 e 3 – Nº 2), por outro lado, a extensão foi de 3.100,0 ha, e o estoque de AGB, C e CO₂,

sequencialmente, correspondeu a 0,5 e 135,9 Mg/ha^{-1} , 0,2 e 64,5 Mg/ha^{-1} e 0,9 e 237,0 Mg/ha^{-1} . Representando a segunda maior extensão entre as áreas analisadas, este último estuário, especialmente, esteve entre as maiores reservas destes três elementos, com totais de 598.492,6 Mg, 284.343,7 Mg e 1.043.541,6 Mg.

Em relação à franja de mangue na Ponta do Tubarão (Figuras 2 e 3 – N° 3), notou-se uma extensão de 533,8 ha, com intervalos de AGB, C e CO_2 de 0,5 e 63,9 Mg/ha^{-1} , 0,2 e 30,3 Mg/ha^{-1} e 0,9 e 111,5 Mg/ha^{-1} , com estoques respectivos de 66.335,1 Mg, 31.560,5 Mg e 115.827,2 Mg. Em Galinhos-Guamaré (Figuras 2 e 3 – N° 4), verificou-se uma cobertura de 1.658,9 ha, com tais parâmetros entre 0,5 e 109,7 Mg/ha^{-1} , 0,2 e 52,1 Mg/ha^{-1} e 0,9 e 191,3 Mg/ha^{-1} , sendo o total para cada um deles: 234.942,1 Mg, 111.603,8 Mg e 409.586,2 Mg.

No trecho oriental, o estuário do Rio Maxaranguape (Figuras 2 e 3 – N° 5) apareceu com uma área de 13,0 ha, e teve a presença de AGB, C e CO_2 entre 0,5 a 179,1 Mg/ha^{-1} , 0,2 a 85,1 Mg/ha^{-1} e 0,9 a 312,2 Mg/ha^{-1} , respectivamente, integrando um quantitativo total de 4.176,1 Mg, 1.983,6 Mg e 7.280,1 Mg. Já a cobertura no Rio Ceará-Mirim foi de 427,2 ha (Figuras 2 e 3 – N° 6), com variações para cada um deles de 0,5 a 164,2 Mg/ha^{-1} , 0,2 a 78,0 Mg/ha^{-1} e 0,9 a 286,3 Mg/ha^{-1} e reservas de 179.517,9 Mg, 85.286,4 Mg e 313.001,4 Mg.

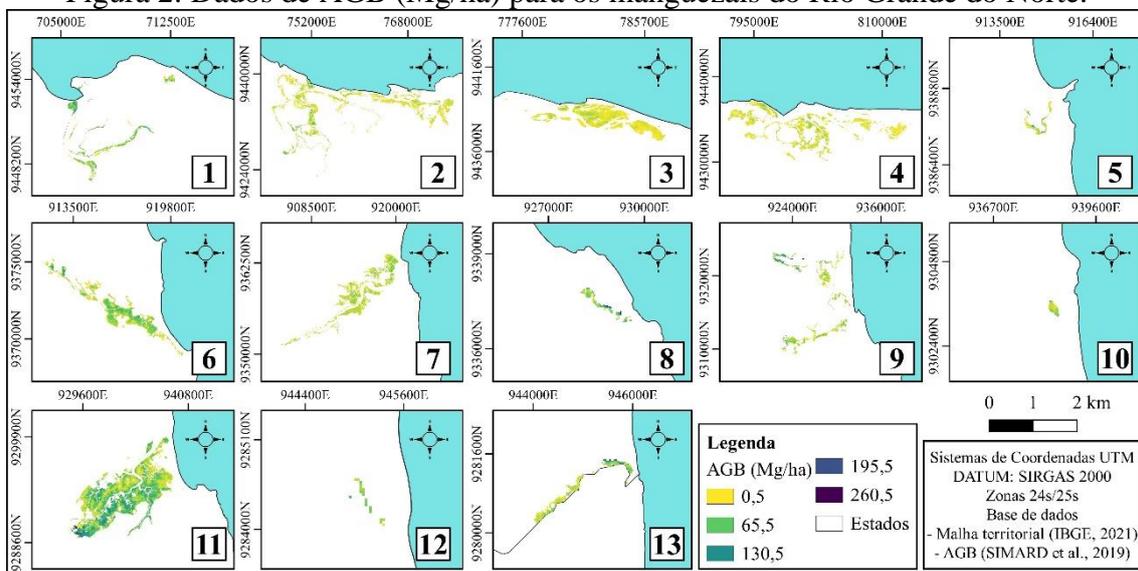
No estuário do Rio Potengi (Figuras 2 e 3 – N° 7), percebeu-se uma extensão de 1.594,1 ha, com AGB, C e CO_2 entre 0,5 e 210,3 Mg/ha^{-1} , 0,2 e 99,8 Mg/ha^{-1} e 0,9 e 366,6 Mg/ha^{-1} e valores totais de 438.702,4 Mg, 208.434,2 Mg e 764.953,5 Mg, respectivamente. No Rio Pirangi (Figuras 2 e 3 – N° 8), sob uma área 18,4 ha, tais elementos orgânicos variou entre 9,2 e 260,5 Mg/ha^{-1} , 4,4 e 123,7 Mg/ha^{-1} e 16,1 e 454,1 Mg/ha^{-1} , incluindo a sequência total de 12.506,5 Mg, 5.966,1 Mg e 21.895,5 Mg.

O mangue em Bonfim-Guarairas (Figuras 2 e 3 – N° 9) indicou uma cobertura de 941,1 ha e valores para AGB entre 0,5 e 260,5 Mg/ha^{-1} , C entre 0,2 e 123,7 Mg/ha^{-1} e CO_2 entre 0,9 e 454,1 Mg/ha^{-1} , cujos totais para cada um foi de 372.338,6 Mg, 176.853,1 Mg e 649.050,9 Mg. A vegetação no estuário no Rio Sibaúma (Figuras 2 e 3 – N° 10) teve a segunda menor ocupação – com 7,5 ha e respostas dos parâmetros supracitados variando entre 0,5 e 85,7 Mg/ha^{-1} , 0,2 e 40,7 Mg/ha^{-1} e 0,9 e 149,4 Mg/ha^{-1} , e sob uma totalidade, entre eles, de 2.491,7 Mg, 1.183,5 Mg e 4.343,6 Mg.

No Rio Curimataú (Figuras 2 e 3 – N° 11), os bosques possuíram o maior estoque entre as coberturas analisadas, com 3.484,9 ha. Neste estuário, AGB, C e CO_2

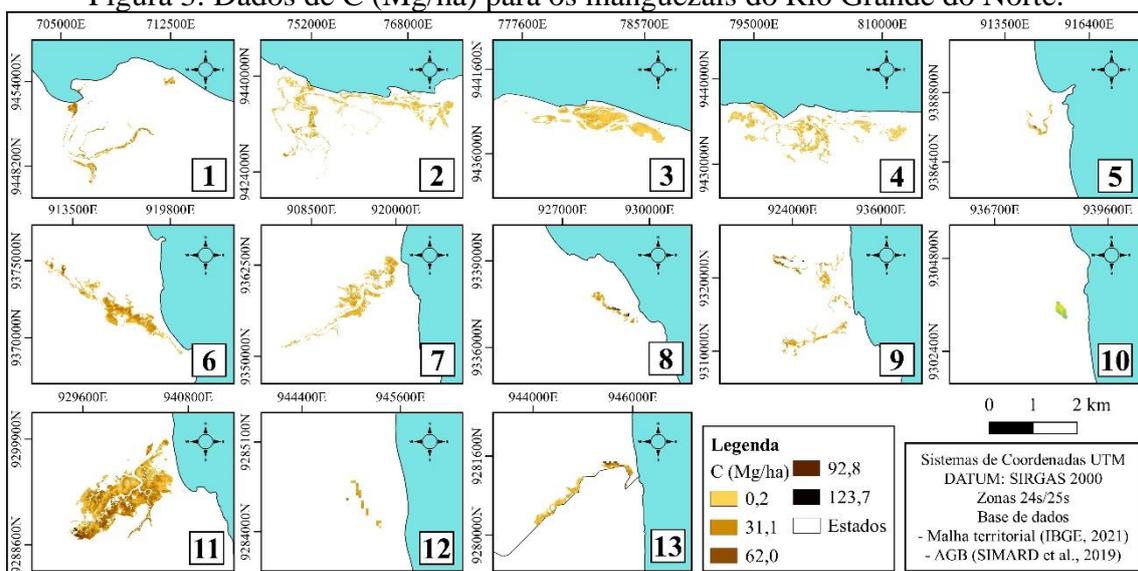
apresentaram intervalos de $0,5$ a $260,5 \text{ Mg/ha}^{-1}$, $0,2$ a $123,7 \text{ Mg/ha}^{-1}$ e $0,9$ a $454,1 \text{ Mg/ha}^{-1}$, e um total estocado de $2.184.281,2 \text{ Mg}$, $1.037.525,6 \text{ Mg}$ e $3.807.719,1 \text{ Mg}$, respectivamente. Já no Rio Sagi (Figuras 2 e 3 – N° 12), essa vegetação ocupou a menor área ($1,9 \text{ ha}$), com dados de biomassa acima do solo entre $9,2$ e $85,7 \text{ Mg/ha}^{-1}$, carbono $4,4$ e $40,7 \text{ Mg/ha}^{-1}$ e CO_2 $16,1$ e $149,4 \text{ Mg/ha}^{-1}$, e um total entre eles de $934,4 \text{ Mg}$, $444,8 \text{ Mg}$ e $1.632,4 \text{ Mg}$. No Rio Guaju (Figuras 2 e 3 – N° 13), o mangue ocupou $17,6 \text{ ha}$, representando $4,8$ e $210,3 \text{ Mg/ha}^{-1}$ de AGB (total: $7.143,6 \text{ Mg}$), C de $2,3$ e $99,8 \text{ Mg/ha}^{-1}$ (total: $3.393,2 \text{ Mg}$) e CO_2 de $8,4$ e $366,6 \text{ Mg/ha}^{-1}$ (total: $12.453,2 \text{ Mg}$).

Figura 2: Dados de AGB (Mg/ha) para os manguezais do Rio Grande do Norte.



Fonte: Elaborado com base em Simard *et al.* (2019ab).

Figura 3: Dados de C (Mg/ha) para os manguezais do Rio Grande do Norte.



Fonte: Elaborado com base em Simard *et al.* (2019ab).

Referente aos resultados de CO₂ equivalente supracitados, ressalta-se que esses correspondem ao potencial quantitativo de emissões que tais bosques podem lançar à atmosfera caso ocorra supressão vegetal, o que leva a crer que a perda dessas reservas florestais contribui negativamente para o aumento do efeito de estufa, segundo Kauffman e Donato (2012).

Diante disso, assim como nessa pesquisa, outros trabalhos recentes também ratificam a contribuição do manguezal como um dos grandes repositórios de carbono. Em um complexo de ilhas na Baía de Jacarta, na Indonésia, Kusumaningtyas *et al.* (2023), em sua área piloto, observaram que os estoques médios de carbono de acima do solo foi de 46,68 Mg/ha⁻¹. Em Bali, na Indonésia, em um manguezal de 1.373,50 ha, Hidayah *et al.* (2024), analisando dados de campo e modelagem por sensoriamento remoto, perceberam um estoque de AGB e C variando entre 64,18 e 175,24 Mg/ha⁻¹ e 30,16 a 82,36 Mg/ha⁻¹, respectivamente.

Dada essa relevância, Rovai *et al.* (2022) afirmam que os “manguezais brasileiros representam 10% do acúmulo de carbono na biomassa lenhosa dos manguezais em todo o mundo”. Estes autores, respaldados em estimativas de Hamilton e Casey (2016), notaram uma presença de 5,012.71 ha de mangue no Rio Grande do Norte com valores de AGB variando entre 93 e 105 Mg/ha⁻¹, um estoque de carbono total de 0,27 Tg e um potencial de emissão de CO₂ equivalente entre 134 e 153 Mg/ha⁻¹. Segundo Bernardino *et al.* (2024), no Brasil só os manguezais amazônicos podem emitir à atmosfera até 1.228 Mg/ha⁻¹, caso sua vegetação de mangue seja suprimida, significando lançamentos três vezes superiores às emissões derivadas da conversão da floresta equatorial amazônica para usos da terra, como pastagem.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados oriundos de levantamentos globais utilizados foram suficientes para estimar as reservas de carbono e dióxido de carbono na biomassa acima do solo, ao longo dos manguezais do estado do Rio Grande do Norte. Os valores observados e discutidos podem colaborar efetivamente para a gestão e planejamento territorial da região costeira potiguar, além enaltecer a atuação direta e indireta das florestas de mangue na regulação e mitigação das mudanças climáticas.

Acredita-se que os resultados apresentados demonstraram a importância regional dessas áreas de transição entre terra-mar, no entanto, por se tratar de dados construídos

em escala global, é possível que seus estoques possam ser subestimados, cabendo sugerir, assim, novas aferições de campo por modelos alométricos para calibrar os percentuais atuais. Além disso, espera-se que esta pesquisa possa contribuir para a fiscalização, conservação e, acima de tudo, para a construção de novas reflexões científicas para estudos futuros, como acerca das classes de cobertura dessas zonas estuarinas ao longo dos últimos 30 anos, fragmentação espacial das florestas de mangue e reservas potenciais de carbono no solo em cada um dos manguezais.

REFERÊNCIAS

- ALBANO, G. P.; ALVES, L. S. F.; ALVES, A. M. **Capítulos de geografia do Rio Grande do Norte**. Pau dos Ferros/RN: REDE-TER, 2020.
- ARAÚJO, P. V. N.; AMARO, V. E.; AGUIAR, L. S.; LIMA, C. C.; LOPES, A. B. Tidal flood area mapping in the face of climate change scenarios: case study in a tropical estuary in the Brazilian semi-arid region. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 21, n. 11, p. 3353-3366, 9 nov. 2021.
- BERNARDINO, A. F.; MAZZUCO, A. C. A.; COSTA, R. F.; SOUZA, F.; OWUOR, M. A.; NOBREGA, G. N.; SANDERS, C. J.; FERREIRA, T. O.; KAUFFMAN, J. B. The inclusion of Amazon mangroves in Brazil's REDD+ program. **Nature Communications**, v. 15, n. 1, p. 1-10, 4 mar. 2024.
- BUNTING, P.; ROSENQVIST, A.; HILARIDES, L.; LUCAS, R. M.; THOMAS, N.; TADONO, T.; WORTHINGTON, T.A.; SPALDING, M.; MURRAY, N.J.; REBELO, L. Global mangrove extent change 1996-2020: global mangrove watch version 3.0. **Remote Sensing**, v. 14, n. 15, p. 1-32, 30 jul. 2022.
- CHATTING, M.; AL-MASLAMANI, I.; WALTON, M.; SKOV, M.W.; KENNEDY, H.; HUSREVOGLU, Y.S.; VAY, L.L. Future mangrove carbon storage under climate change and deforestation. **Frontiers in Marine Science**, v. 9, p. 1-14, 10 fev. 2022.
- COSTA, D.F.S.; SOUZA, A.C.D.; PINHEIRO, L.S.; OLIVEIRA, A.M.; GUEDES, D.R.C.; NASCIMENTO, D.M. Mapping and assessment of landscape's capacities to supply ecosystem services in the semi-arid coast of Brazil - A case study of Galinhos-Guamaré estuarine system. **Coasts**, v. 2, n. 3, p. 244-258, 19 set. 2022.
- HIDAYAH, Z.; UTAMA, R.; AS-SYAKUR, A.; RACHMAN, H.; WIYANTO, D.B. Mapping mangrove above ground carbon stock of benoa bay bali using sentinel-1 satellite imagery. **Iop Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 1298, n. 1, p. 1-12, 1 fev. 2024.
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas do Brasil 1981-2010**. 2018. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/normais>. Acesso em: 5 jun. 2024.
- KUSUMANINGTYAS, M.; KEPEL, T.L.; ATI, R.N.; SALIM, H.L.; RUSTAM, A.; SURYONO, D.D.; DAULAT, A.; SUDIRMAN, N.; RAHAYU, Y.P.; HUTAHAEAN, A. Aboveground carbon stock of marine mangroves in Kepulauan Seribu Islands. **Iop Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 1251, n. 1, p. 012003, 1 out. 2023.
- NAVARRO, N.; RODRÍGUEZ-SANTALLA, I. Coastal Wetlands. **Journal of Marine Science and Engineering**, v. 11, n. 4, p. 1-4, 31 mar. 2023.
- SIMARD, M.; T. FATOYINBO, C.; SMETANKA, V. H.; RIVERA-MONROY, E.; CASTANEDA, N.; THOMAS, T.; VAN DER STOCKEN. Global mangrove distribution, aboveground biomass, and canopy height. **ORNL DAAC: Oak Ridge, Tennessee, USA, 2019b**. Disponível em: <https://doi.org/10.3334/ORNLDAAC/1665>. Acesso em: 24 abr. 2024.
- SIMARD, M.; ZHANG, K.; RIVERA-MONROY, V.H.; ROSS, M.S.; RUIZ, P.L.; CASTAÑEDA-MOYA, E.; TWILLEY, R.R.; RODRIGUEZ, E. Mapping height and biomass of mangrove forests in Everglades National Park with SRTM Elevation Data. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 72, n. 3, p. 299-311, 1 mar. 2006.
- SOUZA, A.C.D.; SILVA, F.E.B.; DINIZ, M.T.M. Unidades de paisagem das planícies costeiras do litoral oriental do Rio Grande do Norte, Nordeste - Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 16, n. 01, p. 443-465, 2023.
- SOUZA, Y.G.S.; SOUZA, A.C.D.; SALDANHA, D.S.; COSTA, D.F.S. Serviço de regulação e manutenção do carbono na biomassa acima do solo em um manguezal semiárido brasileiro. **Geo Uerj**, n. 42, p. 1-12, 19 jun. 2023.
- ZENG, Y.; FRIESS, D.A.; SARIRA, T.V.; SIMAN, K.; KOH, L.P. Global potential and limits of mangrove blue carbon for climate change mitigation. **Current Biology**, v. 31, n. 8, p. 1737-1743, abr. 2021.