



## Estoques aéreos de biomassa e carbono em remanescente de Caatinga no Estado de Sergipe, Brasil

Eduardo Vinícius da Silva Oliveira<sup>1</sup>, Alexandre de Siqueira Pinto<sup>1</sup>, Ana Paula do Nascimento Prata<sup>2</sup>, Erivania Virtuoso Rodrigues Ferreira<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Sergipe, Avenida Marcelo Deda Chagas, s/n, Bairro Rosa Elze, CEP 49107-230, São Cristóvão, SE, Brasil

<sup>2</sup>Universidade Federal de Alagoas, Centro de Ciências Agrárias, BR-104 Norte km 85, s/n, Mata do Rolo, CEP 57100-000, Rio Largo, AL, Brasil

\*Autor correspondente:  
[eduardovso@yahoo.com.br](mailto:eduardovso@yahoo.com.br)

### Termos para indexação:

Variações temporais  
Fitomassa  
Gestão florestal

### Index terms:

Temporal variations  
Phytomass  
Forest management

### Histórico do artigo:

Recebido em 23/09/2021  
Aprovado em 19/04/2023  
Publicado em 05/06/2024

**Resumo** - Na Caatinga, poucos estudos contabilizam os estoques aéreos de biomassa e carbono, apesar da importância destas informações para a mitigação das mudanças climáticas. Neste estudo, foram avaliados estes estoques após o intervalo de quatro anos (2011-2015) em um remanescente em Poço Verde, SE, Brasil. Adicionalmente, foi analisada a relação desses estoques com parâmetros fitossociológicos. A biomassa foi estimada por meio de equações alométricas e o carbono como a fração de 0,47 da biomassa. A comparação dos estoques e dos dados climáticos entre os períodos foi feita pelo teste t pareado; dados climáticos ainda foram comparados aos valores históricos pelo teste de Friedman. A relação da biomassa com abundância e riqueza foi avaliada por regressões lineares. Foi observado um equilíbrio temporal dos estoques aéreos de biomassa e carbono no período avaliado, provavelmente em função de condições climáticas desfavoráveis e do grau de antropização observado, que podem ter impedido crescimento desses estoques. A biomassa não apresentou relação com abundância e/ou riqueza. Os valores totais observados dos estoques de biomassa e carbono (52,8 Mg ha<sup>-1</sup> e 24,8 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente) estão dentro da amplitude esperada para a Caatinga. A conservação do fragmento de Caatinga estudado pode contribuir localmente para o armazenamento de carbono.

## Aboveground biomass and carbon stocks in a Seasonally Dry Tropical Forest-remnant in Sergipe State, Brazil



**Abstract** - In the Caatinga (Seasonality Dry Forest), few studies measured the aerial stocks of biomass and carbon, despite the importance of this information for climate change mitigation. In this paper we evaluated these stocks after four years (2011-2015) in a Caatinga remnant Poço Verde, Sergipe State, Brazil. Additionally, we analyzed the relationship between these stocks with phytosociology parameters. The biomass was estimated through allometric equations, being the carbon calculated as the fraction of 0.47 of the biomass. The comparisons of stocks and the climatic data between the periods were carried out through paired t-test; climatic data were also compared with historical values by the Friedman test. Linear regressions evaluated the relationship of biomass with abundance and species richness. We found a temporal equilibrium of aerial stocks of biomass and carbon over time, likely due to unfavorable climatic conditions and the degree of anthropization observed, which may have stopped the growth of these stocks. Aboveground biomass was not related to abundance and/or richness. The total values observed for biomass and carbon stocks (52.8 Mg ha<sup>-1</sup> and 24.8 Mg ha<sup>-1</sup>, respectively) are within the expected range for the Caatinga. The conservation of the studied Caatinga remnant can contribute locally to carbon stocks.

## Introdução

Estimativas apontam que as florestas do mundo armazenam 295 Gt de carbono em uma biomassa florestal total de 606 Gt, representada em grande parte por florestas tropicais (FAO, 2020a). Entretanto, distúrbios antrópicos, como por exemplo queimadas e desmatamentos, são responsáveis por uma diminuição de 0,2 Gt por ano de carbono na biomassa florestal global (FAO, 2020a, 2020b). A perda dessa biomassa contribui para o aumento das emissões de gases do efeito estufa, tornando cada vez mais importante a manutenção desses estoques para a mitigação das mudanças climáticas globais (PBMC, 2014; Santos et al., 2016). Nesse sentido, o sequestro e o estoque de carbono estão entre os mais importantes serviços ambientais prestados pelas florestas (Ribeiro et al., 2009).

O estoque e o balanço da biomassa florestal podem ser influenciados por fatores bióticos intrínsecos, como por exemplo a diversidade e os processos demográficos (Sande et al., 2017a). Uma relação positiva entre estoques aéreos de carbono e/ou biomassa com medidas de biodiversidade (e.g. riqueza de espécies) tem sido documentada por alguns estudos (Van Con et al., 2013; Venail et al., 2015; Ali & Yan, 2017; Sande et al., 2017b). Nesse sentido, as consequências decorrentes da perda de biodiversidade para o funcionamento dos ecossistemas têm causado preocupação, aumentando a necessidade de entendimento dessa relação em diferentes tipologias vegetais (Cardinale et al., 2012; Manning et al., 2019; Plas et al., 2019).

Os estoques e o balanço da biomassa florestal têm sido investigados por estudos de dinâmica temporal (Cavalcanti et al., 2009; Santos et al., 2018). Entretanto, poucas são as informações sobre balanço e quantificação da biomassa e/ou carbono na Caatinga, uma Floresta Tropical Seca brasileira (Amorim et al., 2005; Silva & Sampaio, 2008; Sampaio & Costa, 2011; Cabral et al., 2013; Pereira Júnior et al., 2016; Leite et al., 2018). Distúrbios antrópicos são observados em grande parcela da Caatinga (Silva & Barbosa, 2017), que por sua vez são responsáveis por mudanças estruturais que afetam os estoques de biomassa e, conseqüentemente, de carbono (Ali, 2019; Coelho et al., 2020), razão pela qual as áreas antropizadas possuem os menores estoques (Cabral et al., 2013). Além disso, nessas áreas são observadas as maiores taxas de perda de biomassa ao longo do tempo (Francisco et al., 2014).

Outra abordagem que exige avaliar a variação de carbono na vegetação ao longo do tempo é o estudo das respostas da Caatinga às mudanças climáticas, uma vez que este bioma é apontado como susceptível às mudanças nos padrões climáticos previstos até o final do século (Seyffarth & Rodrigues, 2017). De acordo com Oyama & Nobre (2003), a redução da precipitação pluviométrica devido às mudanças climáticas combinada com os impactos de mudanças no uso da terra pode transformar parte da Caatinga em uma vegetação típica de regiões áridas. A perda de biomassa florestal reduz a capacidade do ecossistema em remover o carbono da atmosfera e, dependendo da destinação do resíduo vegetal pós-desmatamento, aumenta as emissões de gases do efeito estufa da região (PBMC, 2014). A quantificação da biomassa e a comparação destes valores no tempo permitem avaliar se o ecossistema está acumulando ou perdendo carbono. Para isto, se faz necessário o entendimento da relação desses estoques com alguns parâmetros estruturais da vegetação (Van Con et al., 2013; Martínez-Sánchez et al., 2015). Nesse contexto, um remanescente de Caatinga localizado no município de Poço Verde, região centro-sul de Sergipe, foi escolhido para investigação dos aspectos aqui discutidos. Similar ao grande número de áreas do domínio de Caatinga, este remanescente possui histórico de antropização, principalmente pela extração de madeira (Ferreira et al., 2013). Este estudo foi realizado com os seguintes objetivos: i) avaliar os estoques aéreos de biomassa e carbono após o intervalo de quatro anos (2011-2015) e ii) investigar a relação entre esses estoques e os parâmetros estruturais da vegetação.

## Material e métodos

### Área de estudo

O estudo foi conduzido em um fragmento de Caatinga Hipoxerófila (Oliveira et al., 2018, 2020) de 71,42 ha, localizado no assentamento Santa Maria da Lage (10°44'31''S e 38°05'53''W), em Poço Verde, região centro-sul de Sergipe. Este fragmento é caracterizado por uma fitofisionomia florestal densa e seca, com sub-bosque fechado; possui o registro de 170 espécies, 129 gêneros e 46 famílias de angiospermas (Ferreira et al., 2013). Atualmente, a conservação desse remanescente encontra-se ameaçado por atividades antrópicas, como por exemplo pela retirada de madeira, queimadas e

pela criação de gado (Ferreira et al., 2013; Fernandes et al., 2015). Nesta região, o clima é do tipo semiárido, com estação chuvosa no inverno (Bsh), de acordo com a classificação climática de Köppen (Sergipe, 2013; Alvares et al., 2014). A temperatura e a precipitação pluviométrica anual média da região são de 23,7°C e 780 mm, respectivamente, e o período chuvoso ocorre entre os meses de março e julho (Sergipe, 2013).

### Coleta e análise de dados

Estoques aéreos de biomassa foram comparados entre dois levantamentos, feitos em 2011 ( $t_0$ ) e 2015 ( $t_1$ ). Foi utilizado o método de amostragem sistemática, em  $t_0$ , sendo distribuídas 30 parcelas fixas de 20 m x 20 m (400 m<sup>2</sup>), tamanho recomendado para a padronização dos inventários na Caatinga (RMFC, 2005). Na amostragem sistemática, as parcelas foram distribuídas segundo um mesmo esquema preestabelecido, cuja aleatorização ocorreu apenas na definição da primeira parcela, conforme Péllico Netto & Brena (1997). Em  $t_1$ , após realocar as parcelas demarcadas em  $t_0$ , cada parcela foi reamostrada (maiores detalhes sobre a metodologia em Oliveira et al., 2020). Em ambos os levantamentos, foram medidos os indivíduos com circunferência à 1,30 m acima do solo (CAP)  $\geq$  6 cm. Os ramificados abaixo de 1,30 m de altura tiveram cada um dos ramos contabilizados separadamente. Além disso, foi medida a altura total de cada indivíduo, considerando-se a distância vertical entre o nível do solo e a copa. Todos os indivíduos presentes nas parcelas foram mensurados, inclusive cactos colunares, bastando para isso que os indivíduos estivessem com o tronco dentro da parcela, mesmo em caso de a copa estar fora.

A seguir, valores de CAP foram convertidos em diâmetro (DAP) através do valor de  $\pi$  (DAP = CAP/ $\pi$ ). Para ambos os levantamentos ( $t_0$  e  $t_1$ ), foi estimada a biomassa aérea a partir de quatro equações alométricas, como apresentado na Tabela 1 (Sampaio & Silva, 2005). As estimativas de biomassa aérea abrangeram três diferentes categorias de valores, incluindo i) todos os indivíduos, i.e., valores totais, ii) somente indivíduos com DAP  $\leq$  30 cm e iii) somente indivíduos com DAP  $>$  30 cm. Indivíduos ramificados tiveram a sua biomassa aérea contabilizada para cada ramo, sendo esses valores determinados pelas medidas dos ramos. Especificamente para os indivíduos com DAP  $>$  30, foi calculada a área seccional à altura de 1,30 m do solo (g) e obtidos valores de densidade da madeira (p) para estimativa de biomassa aérea (Tabela 1). Os dados de densidade da

madeira foram obtidos a partir da literatura científica (Maia, 2004; Lorenzi, 2009; Richter & Dallwitz, 2020).

As equações alométricas encontradas em Sampaio & Silva (2005) foram consideradas adequadas para a área estudada, principalmente por compartilhar oito das dez espécies utilizadas para estimar essas equações. Adicionalmente, equações alométricas para as plantas da Caatinga são apresentadas por Mendonça et al. (2013) e Dalla Lana et al. (2018). Entretanto, as equações apresentadas por esses últimos autores não são ajustadas para um conjunto de dados semelhante à área estudada (Higa et al., 2014). Quatro equações alométricas presentes em Sampaio & Silva (2005) foram selecionadas para a estimativa de biomassa aérea (Tabela 1). Estas equações apresentaram indicadores estatísticos adequados, cujos modelos ajustados entre biomassa aérea e medidas de plantas apresentaram um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) elevado.

Com exceção do modelo ajustado para indivíduos da família Cactaceae, que apresentou um  $R^2$  superior a 0,70, as demais equações apresentaram valores de  $R^2$  maiores do que 0,90 (Tabela 1) (Sampaio & Silva, 2005).

**Tabela 1.** Equações alométricas utilizadas para estimar a biomassa aérea do fragmento de Caatinga estudado em Poço Verde, SE.

**Table 1.** Allometric equations used to estimate the aboveground biomass of the Caatinga remnant studied, Poço Verde, Sergipe State, Brazil.

Condição	Equação
DAP $\leq$ 30 cm	Biomassa (kg) = 0,173 * DAP <sup>2,295</sup>
DAP $>$ 30 cm	Biomassa (kg) = 0,1648 * (g * H * p) <sup>0,9023</sup>
DAP $>$ 30 cm*	Biomassa (kg) = 0,0612 * (DAP * H) <sup>1,5811</sup>
Cactaceae	Biomassa (kg) = 0,0010 * DAP <sup>3,2327</sup>

H = altura dos indivíduos; p = densidade da madeira; g = área seccional à altura 1,30 m do solo. \* = equação utilizada para espécies indeterminadas. Equações presentes em Sampaio & Silva (2005).

Conforme recomendação existente na literatura (IPCC, 2006), o estoque de carbono para cada levantamento ( $t_0$  e  $t_1$ ) foi estimado pela multiplicação do valor da biomassa por 0,47. A variação dos estoques de biomassa e carbono no período avaliado foi calculada pela subtração dos estoques encontrados em  $t_0$  e  $t_1$ , sendo este valor dividido por quatro para obtenção da taxa de variação anual, considerando-se o intervalo em anos entre as amostragens. Para avaliar a relação dos estoques

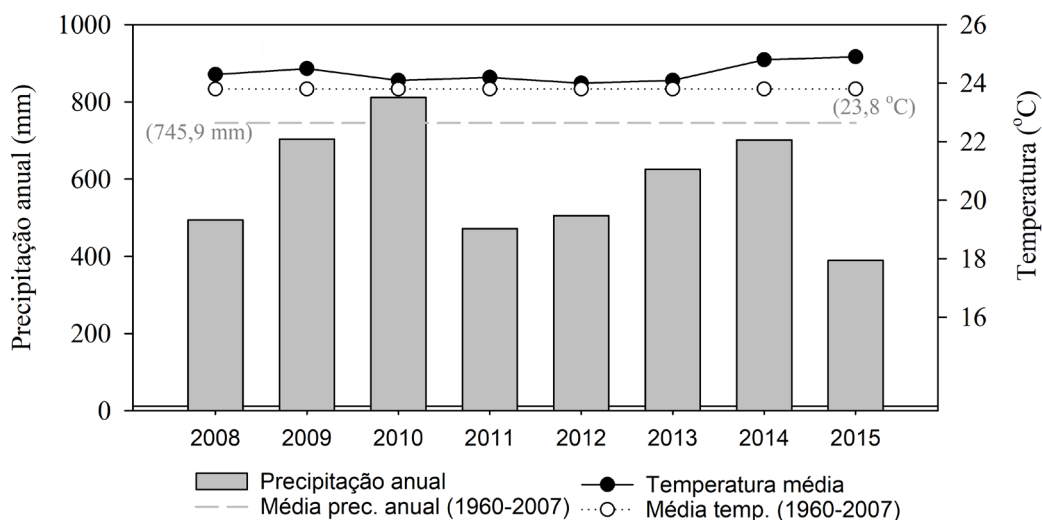
medidos com a variabilidade climática observada, foram obtidos dados mensais de precipitação pluviométrica e temperatura, observados para a região de estudo no período de 1960 a 2007 (média histórica) e de 2008 a 2015 (Sergipe, 2013; INMET, 2016).

Os valores de biomassa aérea foram comparados entre os dois períodos ( $t_0$  e  $t_1$ ) e as diferenças foram testadas estatisticamente através do teste t pareado, utilizando-se os valores por parcela. Com base nas parcelas amostradas em ambos os períodos, a relação da biomassa com a abundância e riqueza foi avaliada por regressões lineares simples (Zar, 2014; Vieira, 2016). A temperatura e a precipitação pluviométrica tiveram seus valores mensais comparados estatisticamente entre os anos estudados (2011-2015) e entre estes últimos com a média histórica (1960-2007), por meio do teste de Friedman e do teste t pareado, respectivamente. Em todos os casos, a normalidade dos dados foi checada pelo teste de Shapiro-Wilk. O teste t pareado foi empregado nos casos em que os dados não diferiram da distribuição nula, sendo este recomendado para avaliar mudanças entre dois anos (i.e. amostras dependentes). Por sua

vez, o teste de Friedman foi empregado nos casos em que os dados diferiram da distribuição nula, sendo este recomendado para avaliar mudanças entre três ou mais anos (i.e. amostras dependentes) (Elzinga et al., 1998; Zar, 2014). Todos os testes estatísticos descritos foram realizados no aplicativo R com nível de significância de 5% (R Development Core Team, 2020).

## Resultados

Durante o período de avaliação da biomassa aérea em área de caatinga arbórea (2011-2015), foram observados valores de precipitação pluviométrica anual e de temperatura média anual inferiores e superiores à média histórica, respectivamente (Figura 1). A comparação estatística dos valores mensais de precipitação pluviométrica não mostrou diferença entre os anos estudados e entre estes com a média histórica. Por sua vez, foram observadas diferenças significativas entre os valores mensais de temperatura do período estudado e a média histórica (g.l. = 11;  $t = -3,43$ ;  $p < 0,01$ ).



**Figura 1.** Precipitação pluviométrica (barras) e temperatura média anual (linha contínua com marcadores pretos) observadas para o remanescente de Caatinga estudado em Sergipe, Brasil. As estimativas de biomassa foram realizadas em 2011 ( $t_0$ ) e 2015 ( $t_1$ ). Médias históricas no período entre 1960 e 2007 de precipitação pluviométrica anual (linha tracejada cinza) e de temperatura média (linha pontilhada com marcadores brancos) também estão representados. Fontes: Sergipe (2013); INMET (2016).

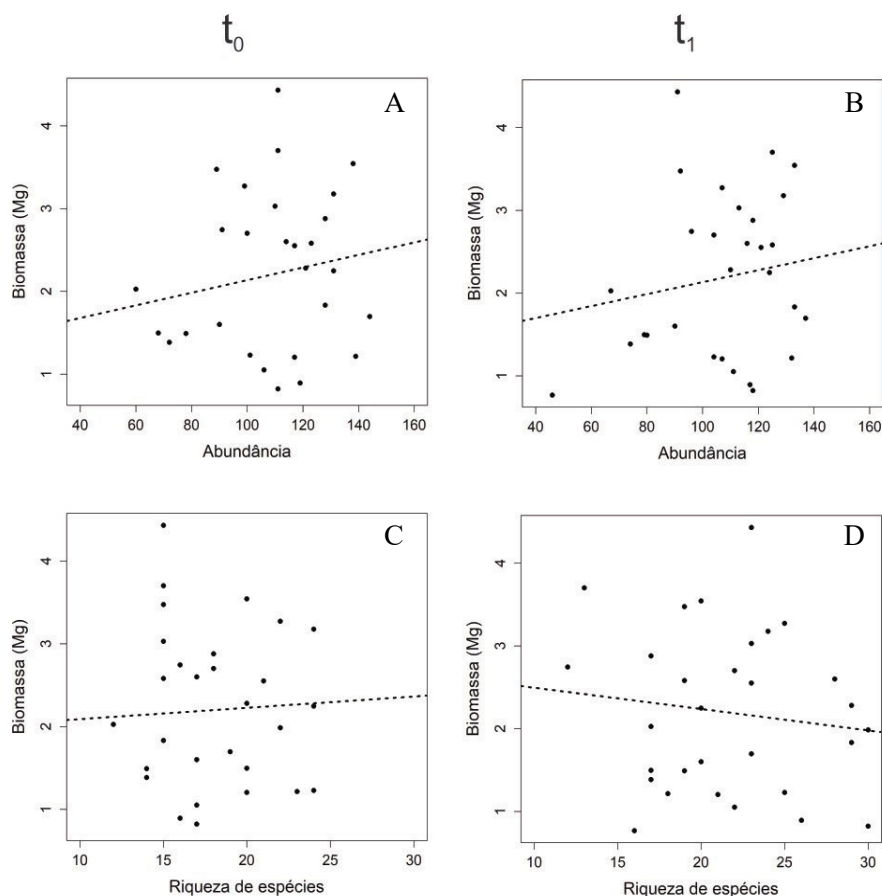
**Figure 2.** Precipitation (bars) and mean annual temperature (continuous line with black markers) observed for the Caatinga remnant studied in Sergipe state, Brazil. Biomass estimates were performed in 2011 ( $t_0$ ) and 2015 ( $t_1$ ). Historical averages over the period between 1960 and 2007 of annual precipitation (dashed gray line) and average temperature (dotted line with white markers) are also represented. Source: Sergipe (2013); INMET (2016).

A biomassa aérea total (incluindo todos os indivíduos), no início do período de estudo ( $t_0$ ), foi estimada em  $52,8 \text{ Mg ha}^{-1}$  (correspondendo a um estoque de carbono de  $24,8 \text{ Mg ha}^{-1}$ ). Após quatro anos ( $t_1$ ), a biomassa aérea total foi de  $54,93 \text{ Mg ha}^{-1}$  ( $25,8 \text{ Mg ha}^{-1}$  de estoque de carbono). A variação temporal representaria um acréscimo de  $2,13 \text{ Mg ha}^{-1}$  (4%) e uma taxa de acúmulo de biomassa aérea de  $0,53 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  ( $0,25 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de carbono), não sendo observada diferença significativa nos valores de biomassa e carbono totais nas amostragens realizadas em  $t_0$  e  $t_1$ .

A biomassa aérea restrita a indivíduos com  $\text{DAP} \leq 30 \text{ cm}$ , no início do período de estudo ( $t_0$ ), foi estimada em  $48,7 \text{ Mg ha}^{-1}$  (correspondendo a um estoque de carbono de  $22,8 \text{ Mg ha}^{-1}$ ), passando, após quatro anos ( $t_1$ ), para  $50,9 \text{ Mg ha}^{-1}$  ( $29,9 \text{ Mg ha}^{-1}$  de estoque de carbono). Para indivíduos com  $\text{DAP} > 30 \text{ cm}$ , a biomassa aérea no início do período de estudo ( $t_0$ ) foi estimada em  $3,76 \text{ Mg ha}^{-1}$ , passando, após quatro

anos ( $t_1$ ), para  $3,50 \text{ Mg ha}^{-1}$  (correspondendo a um estoque de carbono de  $1,77 \text{ Mg ha}^{-1}$  e  $1,65 \text{ Mg ha}^{-1}$ , respectivamente). A variação temporal representaria um acréscimo de  $2,2 \text{ Mg ha}^{-1}$  para a biomassa aérea restrita a indivíduos com  $\text{DAP} \leq 30 \text{ cm}$  e um decréscimo de  $0,26 \text{ Mg ha}^{-1}$  para a biomassa aérea restrita a indivíduos com  $\text{DAP} > 30 \text{ cm}$  e, semelhante ao observado para biomassa total, não houve diferença significativa nos valores de biomassa e carbono para as duas categorias de valores.

A relação dos estoques aéreos totais de biomassa com a abundância ( $R^2 = 0,09 [t_0]$ ;  $R^2 = 0,03 [t_1]$ ) e a riqueza de espécies ( $R^2 = 0,01 [t_0]$ ;  $R^2 = -0,01 [t_1]$ ) também não foi significativa para ambos os períodos (Figura 2). Valores totais de biomassa aérea, abundância e riqueza de espécies para as parcelas amostradas em ambos os períodos, bem como os dados climáticos completos para a região de estudo estão disponibilizados como material suplementar (Oliveira et al., 2021).



**Figura 2.** Relação dos estoques aéreos totais de biomassa (Mg) com a abundância (A e B) e a riqueza de espécies (C e D), em ambos os períodos avaliados ( $t_0$  e  $t_1$ ), para o remanescente de Caatinga estudado em Sergipe, Brasil.

**Figure 2.** Relationship between total aboveground biomass (Mg) with abundance (A and B) and species richness (C and D), in both periods evaluated ( $t_0$  and  $t_1$ ), for the Caatinga remnant studied in Sergipe State, Brazil.

## Discussão

Os valores estimados totais de biomassa aérea encontrados estão próximos do limite inferior (39 Mg ha<sup>-1</sup> a 368 Mg ha<sup>-1</sup>) relatado na literatura (Becknell et al., 2012; Srinivas & Sundarapandian, 2019). Especificamente, em comparação ao domínio fitogeográfico da Caatinga, os valores totais estimados de biomassa aérea estão dentro do esperado, considerando que na vegetação nativa desse domínio a biomassa aérea varia comumente entre 30 e 60 Mg ha<sup>-1</sup>, com média = 40 Mg ha<sup>-1</sup> (Sampaio & Freitas, 2008; Menezes et al., 2012). Os maiores valores de biomassa aérea têm sido registrados para Pernambuco (74 Mg ha<sup>-1</sup>, Kauffman et al., 1993; 43,8 Mg ha<sup>-1</sup>, Cavalcanti et al., 2009), seguido de áreas nos estados da Paraíba (49,4 Mg ha<sup>-1</sup>, Cabral et al., 2013; 60 Mg ha<sup>-1</sup>, Costa et al., 2014) e Ceará (43,28 Mg ha<sup>-1</sup>, Pereira Junior et al., 2016). Apesar de algumas áreas de Caatinga apresentarem valores de biomassa aérea inferiores a 30 Mg ha<sup>-1</sup> (Rio Grande do Norte, Amorim et al., 2005 e Bahia, Virgens et al., 2017), estima-se que a biomassa aérea nesse domínio possa alcançar até 160 Mg ha<sup>-1</sup> (Sampaio & Costa, 2011).

Embora não tenha causado uma redução nos estoques de biomassa e carbono entre os períodos estudados, a condição climática desfavorável, representada pelo aumento da temperatura em relação à média histórica, pode ter contribuído para a manutenção desses estoques, sem aumento significativo. É possível que a elevação da temperatura possa ter impedido um acúmulo de biomassa e carbono na área estudada (Leite et al., 2018; Meira Junior et al., 2020). Na Caatinga, as taxas de incremento e os estoques de biomassa e carbono estão relacionados à disponibilidade hídrica (Francisco et al., 2012; Morais et al., 2017; Leite et al., 2018). Sob altas temperaturas, espera-se um aumento na taxa de respiração das espécies, levando a uma diminuição na produtividade líquida e, portanto, da assimilação líquida de CO<sub>2</sub> (Relyea & Ricklefs, 2021). Além disso, o aumento de temperatura contribui para a elevação das taxas de evaporação da água presente no solo, o que pode ter reduzido a sua disponibilidade para as plantas no período estudado (Andrade et al., 2017; Heck et al., 2020). Em resposta ao déficit hídrico, as plantas são induzidas à dormência e à abscisão foliar, o que reduz a produtividade e pode ter afetado a produção de biomassa (Becknell et al., 2012; Meira Junior et al., 2020).

Valores dos estoques de biomassa encontrados nesse trabalho foram superiores aqueles registrados para áreas de Caatinga nos estádios inicial ou intermediário de sucessão (22,5 Mg ha<sup>-1</sup> a 37,5 Mg ha<sup>-1</sup>; Cabral et al., 2013; Costa et al., 2014) e áreas de Caatinga aberta (5 Mg ha<sup>-1</sup> a 20,7 Mg ha<sup>-1</sup>; Tiessen et al., 1998; Costa et al., 2014), sendo similares ou inferiores aos das formações florestais mais densas nesse domínio (45,8 Mg ha<sup>-1</sup> a 100 Mg ha<sup>-1</sup>; Tiessen et al., 1998; Costa et al., 2014). A manutenção temporal dos estoques de carbono e biomassa na vegetação, somada às comparações feitas com estoques de outras áreas de Caatinga (em estágios iniciais de sucessão ou perturbadas) sugerem baixos níveis de antropização no fragmento estudado. Estoques aéreos de biomassa superiores a 40 Mg ha<sup>-1</sup> têm sido associados às áreas de Caatinga com pouca perturbação (Cavalcanti et al., 2009; Cabral et al., 2013; Costa et al., 2014).

Neste estudo, não houve suporte a uma relação positiva da biomassa aérea com abundância e riqueza de espécies. Embora uma relação positiva entre a biomassa e estes parâmetros esteja documentada na literatura (Mittelbach & McGill, 2019), uma relação nula também é corroborada por outros estudos (Gough et al., 1994; Gross et al., 2014; Sullivan et al., 2017; Morandi et al., 2018). No fragmento estudado, as parcelas com baixa abundância, mas com predominância de espécies de diâmetro elevado podem ter tido maior contribuição para a biomassa aérea total. Nesse sentido, parcelas com maior abundância podem ser formadas por indivíduos de pequeno porte e de diâmetro baixo. Em se tratando da associação biomassa aérea-riqueza, uma possível explicação está relacionada ao fragmento estudado estar em provável transição para um estágio sucessional avançado. No início do processo sucessional, espera-se que a relação biomassa-riqueza seja positiva. Porém, em estágios mais tardios, a biomassa continua a aumentar, mas a riqueza usualmente declina, em virtude de maior competição e uma relação negativa ou nula pode ser observada (Guo, 2003; Sande et al., 2017b).

## Conclusões

Os estoques aéreos de biomassa e carbono se encontram estabilizados no remanescente de Caatinga estudado, no período avaliado. Embora não tenha havido uma redução desses estoques, acredita-se que as condições climáticas desfavoráveis e a antropização,

podem ser responsáveis pela ausência de crescimento nos estoques no período avaliado. A ausência de relação dos estoques de biomassa com a abundância e a riqueza de espécies pode sugerir que a comunidade vegetal estudada se encontra em fase de transição para a estabilização. A conservação da vegetação lenhosa de Caatinga estudada pode contribuir localmente para manutenção dos estoques de carbono.

### Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001” e ao Programa de Apoio à Pós-Graduação – Proap (CAPES) pela concessão de bolsa de mestrado ao primeiro autor e disponibilidade de recursos para os trabalhos de campo, respectivamente; à Eladio dos Santos, Mauricio Larios Ulloa e Irandir Félix de Jesus pela assistência nos trabalhos de campo; à José Bráz de Jesus (“Sr. Mizé”) pela hospitalidade; à Universidade Federal de Sergipe pela concessão de transporte para as campanhas de campo.

### Conflito de interesses

Os autores não têm conflito de interesses a declarar.

### Contribuição de Autoria

**Eduardo Vinícius da Silva Oliveira:** Conceituação, análise formal, investigação, metodologia, escrita – primeira redação, escrita – revisão e edição.

**Alexandre de Siqueira Pinto:** Conceituação, supervisão, metodologia, investigação, escrita – revisão e edição.

**Ana Paula do Nascimento Prata:** Conceituação, supervisão, escrita – revisão e edição.

**Erivania Virtuoso Rodrigues Ferreira:** Conceituação, metodologia, escrita – revisão e edição.

### Referências

Ali, A. & Yan E-R. Relationships between biodiversity and carbon stocks in forest ecosystems: a systematic literature review. **Tropical Ecology**, v. 58, n. 1, p. 1-14, 2017.

Ali, A. Forest stand structure and functioning: current knowledge and future challenges. **Ecological Indicators**, v. 98, p. 665-677, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.11.017>.

Alvares, C. A. et al. Köppen’s climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-28, 2014. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.

Amorim, I. L. et al. Flora e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea de uma área de caatinga do Seridó, RN, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, n. 3, p. 615-623, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062005000300023>.

Andrade, E. M. et al. Water as capital and its uses in the Caatinga. In: Silva, J. M. C. L. M. et al. (ed.). **Caatinga: the largest tropical dry forest region in South America**. Cham, Switzerland: Springer, 2017. p. 281-302.

Becknell, M. J. et al. Aboveground biomass in mature and secondary seasonally dry tropical forests: a literature review and global synthesis. **Forest Ecology and Management**, v. 276, p. 88-95, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.03.033>.

Cabral, G. A. L. et al. Estrutura espacial e biomassa da parte aérea em diferentes estádios sucessionais de Caatinga, em Santa Terezinha, Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 3, p. 566-574, 2013. <https://doi.org/10.5935/1984-2295.20130057>.

Cardinale, B. J. et al. Biodiversity loss and its impact on humanity. **Nature**, v. 486, p. 59-67, 2012. <https://doi.org/10.1038/nature11148>.

Cavalcanti, A. D. C. et al. Floristic and structural changes after five years in a Caatinga community in Pernambuco state, Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 23, n. 4, p. 1210-1212, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062009000400032>.

Coelho, A. J. P. et al. Effects of anthropogenic disturbances on biodiversity and biomass stock of Cerrado, the Brazilian savanna. **Biodiversity and Conservation**, v. 29, n. 11, p. 3151-3168, 2020. <https://doi.org/10.1007/s10531-020-02013-6>.

Costa, T. L. et al. Root and shoot biomasses in the tropical dry forest of semi-arid Northeast Brazil. **Plant Soil**, v. 378, p. 113-123, 2014. <https://doi.org/10.1007/s11104-013-2009-1>.

Dalla Lana, M. et al. Biomass equations for caatinga species. **Nativa**, v. 6, n. 5, p. 517-525, 2018. <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v6i5.5361>.

Elzinga, C. L. et al. **Measuring and monitoring plant populations**. Denver: Nature Conservancy, 1998. 497 p.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Global forest resources assessment: main report**. Roma, 2020a. 185 p. <https://doi.org/10.4060/ca9825en>.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. United Nations Environment Programme. **State of the world’s forests: forests, biodiversity and people**. Roma, 2020b. 214 p. <https://doi.org/10.4060/ca8642en>.

Fernandes, M. R. M. et al. Mudanças do uso e de cobertura da terra na região semiárida de Sergipe. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 4, p. 472-482, 2015. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.121514>.

Ferreira, E. V. R. et al. Floristic list from a Caatinga remnant in Poço Verde, Sergipe, Brazil. **Check List**, v. 9, n. 6, p. 1354-1360, 2013. <https://doi.org/10.15560/9.6.1354>.

Francisco, P. R. M. et al. Mapeamento da Caatinga com uso de geotecnologia e análise da umidade antecedente em bacia Hidrográfica. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 5, n. 3, p. 676-693, 2012. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v5i3.232864>.

- Francisco, P. R. M. et al. Avaliação da degradação da Caatinga do município de Sumé-PB estimado pelo volume de biomassa da vegetação lenhosa. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 7, n. 1, p. 117-129, 2014. <https://doi.org/10.26848/rbfg.v7.1.p117-129>.
- Gough, L. et al. The relationship between species richness and community biomass: the importance of environmental variables. **Oikos**, v. 70, p. 271-279, 1994. <https://doi.org/10.2307/3545638>.
- Gross, K. et al. Species richness and the temporal stability of biomass production: a new analysis of recent biodiversity experiments. **The American Naturalist**, v. 183, n. 1, p. 1-12, 2014. <https://doi.org/10.1086/673915>.
- Guo, Q. Temporal species richness-biomass relationships along successional gradients. **Journal of Vegetation Science**, v. 14, n. 1, p. 121-128, 2003. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2003.tb02134.x>.
- Heck, K. et al. Influence of radiation on evaporation rates: a numerical analysis. **Water Resources Research**, v. 56, p. 1-18, 2020. <https://doi.org/10.1029/2020WR027332>.
- Higa, R. C. V. et al. **Protocolo de medição e estimativa de biomassa e carbono florestal**. Colombo: Embrapa Florestas, 2014. 89 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 266). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1011409/protocolo-de-mediacao-e-estimativa-de-biomassa-e-carbono-florestal>.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados meteorológicos**. 2016. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/>. Acesso em: 15 jan. 2016.
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Agriculture, forestry and other land use**. 2006. Disponível em: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>. Acesso em: 12 jun. 2015.
- Kauffman, J. B. et al. Biomass and nutrient dynamics associated with slash fires in neotropical dry forests. **Ecology**, v. 74, n. 1, p. 140-151, 1993. <https://doi.org/10.2307/1939509>.
- Leite, R. S. et al. Influence of climatic factors on carbon accumulation in the aerial biomass of native vegetation in the south of Piauí, in the Brazilian Northeast. **Journal of Sustainable Forestry**, v. 37, n. 1, p. 15-24, 2018. <https://doi.org/10.1080/10549811.2017.1385486>.
- Lorenzi, H. **Árvores brasileiras: volume 2: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2009. 384 p.
- Maia, G. N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. São Paulo: Leitura & Arte, 2004. 413 p.
- Manning, P. et al. Transferring biodiversity-ecosystem function research to the management of 'real-world' ecosystems. **Advances in Ecological Research**, v. 61, p. 323-356, 2019. <https://doi.org/10.1016/bs.aecr.2019.06.009>.
- Martínez-Sánchez, J. L. et al. Relationship between structural diversity and carbon stocks in humid and sub-humid tropical forest of Mexico. **Ecoscience**, v. 22, n. 2-4, p. 125-131, 2015. <https://doi.org/10.1080/11956860.2016.1169384>.
- Meira Junior, M. S. et al. The impact of long dry periods on the aboveground biomass in a tropical forests: 20 years of monitoring. **Carbon Balance and Management**, v. 15, n. 1, p. 01-14, 2020. <https://doi.org/10.1186/s13021-020-00147-2>.
- Mendonça, A. V. R. et al. Estimação de biomassa aérea de espécies da caatinga no norte da Bahia. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 33, n. 76, p. 355-368, 2013. <https://doi.org/10.4336/2013.pfb.33.76.579>.
- Menezes, R. S. C. et al. Biogeochemical cycling in terrestrial ecosystems of the Caatinga Biome. **Brazilian Journal of Biology**, v. 72, n. 3, p. 643-653, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842012000400004>.
- Mittelbach, G. G. & McGill, B. J. **Community Ecology**. Oxford: Oxford University Press, 2019. 430 p.
- Morais, Y. C. B. et al. Análise do sequestro de carbono em áreas de Caatinga do Semiárido Pernambucano. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 4, p. 585-599, 2017. <https://doi.org/10.1590/0102-7786324007>.
- Morandi, P. S. et al. Tree diversity and above-ground biomass in the South America Cerrado biome and their conservation implications. **Biodiversity and Conservation**, v. 29, p. 1-18, 2018. <https://doi.org/10.1007/s10531-018-1589-8>.
- Oliveira, E. V. S. et al. Caracterização e atributos da vegetação herbácea em um fragmento de Caatinga no Estado de Sergipe, Brasil. **Hohnea**, v. 45, n. 2, p. 159-172, 2018. <https://doi.org/10.1590/2236-8906-70/2017>.
- Oliveira, E. V. S. et al. Evaluation of vegetation after four years in a Caatinga Fragment in the state of Sergipe. **Floresta e Ambiente**, v. 27, n. 2, p. 1-8, 2020. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.086917>.
- Oliveira, E. V. S. et al. Estoques aéreos de biomassa e carbono em um remanescente de Caatinga no estado de Sergipe, Brasil. **Figshare**, 2021. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.11588415.v1>.
- Oyama, M. D. & Nobre, C. A. A new climate-vegetation equilibrium state for Tropical South America. **Geophysical Research Letter**, v. 30, n. 23, p. 1-4, 2003. <https://doi.org/10.1029/2003GL018600>.
- PBMC. Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. **Base científica das mudanças climáticas: contribuição do grupo de trabalho 1 do painel brasileiro de mudanças climáticas ao primeiro relatório da avaliação nacional sobre mudanças climáticas**. Rio de Janeiro: COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014. 464 p.
- Péllico Netto, S. & Brena D. A. **Inventário florestal**. Curitiba, 1997. 316 p.
- Pereira Junior, L. R. et al. Estoque de carbono em uma floresta tropical seca no Brasil. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 1, p. 32-40, 2016. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20160004>.
- Plas, F. van der. Biodiversity and ecosystem functioning in naturally assembled communities. **Biological Reviews**, v. 94, n. 4, p. 1220-1245, 2019. <https://doi.org/10.1111/brv.12499>.
- R Development Core Team. **R: a language and environment for statistical computing**. 2020. Disponível em: <http://www.R-project.org/S>. Acesso em: 04 out. 2020.
- Relyea, R. & Ricklefs, R. E. **A Economia da natureza**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2021. 656 p.
- Ribeiro, S. C. et al. Quantificação de biomassa e estimativa de estoque de carbono em uma floresta madura no município de Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 33, n. 5, p. 917-926, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622009000500014>.
- Richter, H. G. & Dallwitz, M. J. **Commercial timbers: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval**. 2020. Disponível em: <http://delta-intkey.com>. Acesso em: 20 nov. 2020.
- RMFC. Rede de Manejo Florestal da Caatinga. **Protocolo de medições de parcelas permanentes**. Recife: Associação Plantas do Nordeste, 2005. 21 p.



- Sampaio, E. V. S. B. & Costa, T. N. Estoques e fluxos de carbono no Semi-Árido Nordestino: estimativas preliminares. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 6, p. 1275-1291, 2011. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v4i6.232783>.
- Sampaio, E. V. S. B. & Freitas, A. D. S. Produção de biomassa na vegetação nativa do semi-árido nordestino. In: Menezes, R. S. C. et al. (org.). **Fertilidade do solo e produção de biomassa no semi-árido**. Recife: Ed. da UFPE, 2008. p. 11-26.
- Sampaio, E. V. S. B. & Silva, G. C. Biomass equations for Brazilian semiarid Caatinga plants. **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, n. 4, p. 935-943, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062005000400028>.
- Sande, M. T. van der et al. Abiotic and biotic drivers of biomass change in a Neotropical forest. **Journal of Ecology**, v. 105, n. 5, p. 1223-1234, 2017a. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12756>.
- Sande, M. T. van der et al. Biodiversity in species, traits, and structure determines carbon stocks and uptake in tropical forests. **Biotropica**, v. 49, n. 5, p. 1-11, 2017b. <https://doi.org/10.1111/btp.12453>.
- Santos, R. C. D. et al. Estoques de volume, biomassa e carbono na madeira de espécies da Caatinga em Caicó, RN. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 36, n. 85, p. 1-7, 2016. <https://doi.org/10.4336/2016.pfb.36.85.772>.
- Santos, F. G. et al. Estoque e dinâmica de biomassa arbórea em Floresta Ombrófila Densa na FLONA Tapajós: Amazônia Oriental. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 3, p. 1049-1059, 2018. <https://doi.org/10.5902/19805098333388>.
- Sergipe. **Atlas digital sobre recursos hídricos de Sergipe**. SEMARH/SRH-SE, 2013. Disponível em: <https://sedurbi.se.gov.br/portalrecursoshidricos/#>. Acesso em: 10 dez. 2017.
- Seyffarth, J. A. S. & Rodrigues, V. Impactos da seca sobre a biodiversidade da Caatinga. **Parcerias Estratégica**, v. 22, n. 44, p. 41-62, 2017.
- Silva, J. M. C. & Barbosa, L. C. F. Impact of human activities on the Caatinga. In: Silva, J. M. C. L. M. et al. (ed.). **Caatinga: the largest tropical dry forest region in South America**. Cham, Switzerland: Springer, 2017. p. 259-368.
- Silva, G. C. & Sampaio, E. V. S. B. Biomassas de partes aéreas em plantas da Caatinga. **Revista Árvore**, v. 32, n. 3, p. 567-575, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622008000300017>.
- Srinivas, K. & Sundarapandian, S. Biomass and carbon stocks of trees in tropical dry forest of East Godavari region, Andhra Pradesh, India. **Geology, Ecology, and Landscapes**, v. 3, n. 2, p. 114-122, 2019. <https://doi.org/10.1080/24749508.2018.1522837>.
- Sullivan, M. J. P. et al. Diversity and carbon storage across the tropical forest biome. **Scientific Reports**, v. 7, p. 1-12, 2017. <https://doi.org/10.1038/srep39102>.
- Tiessen, H. et al. Carbon sequestration and turnover in semiarid savannas and dry forest. **Climatic Change**, v. 40, p. 105-117, 1998. <https://doi.org/10.1023/A:1005342932178>.
- Van Con, T. et al. Relationship between aboveground biomass and measures of structure and species diversity in tropical forests of Vietnam. **Forest Ecology and Management**, v. 310, p. 213-218, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.08.034>.
- Venail, P. et al. Species richness, but not phylogenetic diversity, influences community biomass production and temporal stability in a re-examination of 16 grassland biodiversity studies. **Functional Ecology**, v. 29, n. 5, p. 615-626, 2015. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12432>.
- Vieira, S. **Introdução a bioestatística**. São Paulo: Elsevier, 2016. 403 p.
- Virgens, A. P. et al. Biomassa de espécies florestais em área de caatinga arbórea. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 37, n. 92, p. 555-561, 2017. <https://doi.org/10.4336/2017.pfb.37.92.1465>.
- Zar, J. H. **Biostatistical analysis**. Harlow: Pearson, 2014. 761 p.