

## Estoque de carbono na biomassa de plantas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) em área de recuperação florestal

### Carbon stock in biomass of jatobá plants (*Hymenaea courbaril* L.) in forest recovery area

Juscelino Lima Pereira Junior<sup>1\*</sup>, Lídia Amélia Dias Lima<sup>1</sup>, Athina Tafnis da Soledade Silva<sup>1</sup>, Ricardo Shiguero Okumura<sup>1</sup>, Daiane de Cinque Mariano<sup>1</sup>, Ângelo Augusto Ebling<sup>2</sup>

---

#### RESUMO

Uma das maiores contribuições na mitigação das mudanças climáticas é o sequestro de carbono provido pelas florestas. Devido a redução das áreas florestais, torna-se necessário a restituição ecológica por meio da recuperação florestal. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o crescimento em altura e diâmetro e o acúmulo de carbono na biomassa de plantas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) introduzidas em área de recuperação florestal. A área experimental contém 4 ha e está localizada no município de Canaã dos Carajás, PA. As espécies nativas foram inseridas em 2018, dentre elas, 315 mudas de jatobá. As variáveis mensuradas foram: altura da planta (h) e diâmetro de colo (DC). O cálculo de carbono foi realizado através do valor médio da densidade básica da madeira e pelo método indireto de quantificação. Foram calculados os incrementos em altura e em diâmetro do colo, correlação linear, volume de carbono na biomassa das plantas e a taxa de mortalidade. O jatobá apresentou incrementos em altura (h) e diâmetro (DC) de 2,81 m e 4,87 cm respectivamente. Aos 36 meses, o carbono acumulado na biomassa das plantas de jatobá foi de 0,0019 Mg.C<sup>-1</sup>. A taxa de mortalidade associada à implantação do jatobá para esse trabalho foi de 49,2%.

**Palavras-chave:** Armazenamento de carbono; Crescimento florestal; Restauração da vegetação

---

#### ABSTRACT

One of the biggest contributions to climate change mitigation is the carbon sequestration provided by forests. Due to the depreciation of forest areas, ecological restitution through forest recovery becomes necessary. The objective of the present work was to evaluate the growth in height and diameter and the accumulation of carbon in the biomass of jatobá plants (*Hymenaea courbaril* L.) introduced in a forest recovery area. The experimental area contains 4 ha and is located in the municipality of Canaã dos Carajás, PA. The seedlings of native species were inserted in 2018, among them, 315 jatobá seedlings. The variables measured were: plant height (h) and stem diameter (DC). The carbon calculation was performed through the average value of the basic density of wood and the indirect method of quantification. The increments in height and diameter of the stem, linear correlation, the volume of carbon in the plant biomass and the mortality rate were calculated. Jatobá showed increases in height (h) and diameter (DC) of 2.81 m and 4.87 cm, respectively. At 36 months, the carbon accumulated in the biomass of jatobá plants was 0.0019 Mg.C<sup>-1</sup>. The mortality rate associated with the implementation of jatobá for this work was 49.2%.

**Keywords:** Carbon storage; Forest growth; Vegetation restoration

---

<sup>1</sup> Universidade Federal Rural da Amazônia

\*E-mail: juscelinolimaj@gmail.com

<sup>2</sup> Universidade Federal de Mato Grosso

## INTRODUÇÃO

O sequestro de carbono é um importante serviço ecossistêmico provido pelas florestas. A vegetação, por meio do processo de fotossíntese, absorve gás carbônico da atmosfera e durante certo tempo, armazena o carbono orgânico na biomassa da árvore, fixando cerca de 200 bilhões de toneladas de carbono anualmente (BEER *et al.*, 2010; FAJARDO *et al.*, 2015; LIN *et al.*, 2016.)

A recuperação de áreas degradadas é uma prioridade global, com base no compromisso de vários países, que se propuseram a apoiar a restauração de mais de 170,6 milhões de hectares (BUCKINGHAM *et al.*, 2019). A restauração ecológica, através da recuperação, visa apoiar o desenvolvimento e o estabelecimento de ecossistemas saudáveis e sustentáveis de longo prazo (DAZY *et al.*, 2008; BURGER *et al.*, 2020).

Espécies de leguminosas nativas podem ser aliadas na recuperação de áreas degradadas, uma vez que apresentam características desejáveis, além de não apresentarem o mesmo risco ecológico que as espécies não nativas (SATTLER *et al.*, 2018). Entender como as árvores se desenvolvem e se adaptam às condições ambientais pode indicar se determinada espécie é adequada, ou não, para a recuperação florestal (LIMA *et al.*, 2021).

O jatobá (*Hymenaea courbaril*), pertencente à família das Fabaceae, é uma espécie arbórea tropical que ocorre naturalmente em vários biomas brasileiros (SILVA *et al.*, 2016), e pertence ao grupo ecológico das espécies tardias secundárias ou clímax (CARVALHO, 2003). Essa espécie apresenta tolerância e adaptação a diferentes ambientes e devido a isso, é recomendada para programas de recuperação de áreas florestais degradadas (OLIVEIRA *et al.*, 2011). Além disso, sua rápida taxa de crescimento inicial e boa produção de madeira é um mecanismo eficiente para o sequestro de carbono nas florestas (BARROSO *et al.* 2018).

Pesquisas sobre espécies arbóreas brasileiras afirmam que o jatobá apresenta baixa densidade populacional (<1 árvore/ha) e o tamanho de suas árvores varia amplamente, estando diretamente relacionado ao habitat ocupado; em florestas tropicais os indivíduos atingem alturas de até 65 m, enquanto nas savanas e florestas semiáridas as árvores maduras podem crescer até uma altura de apenas alguns metros (CHAVES *et al.*, 2018).

O jatobá é usado principalmente no setor madeireiro, por sua madeira apresentar alta densidade e resistência satisfatória ao ataque de organismos xilófagos. Essa espécie também pode apresentar outros fins, empregadas amplamente na medicina popular, na

composição de plantações heterogêneas e na arborização de parques e grandes jardins (CARVALHO, 2003; LORENZI, 2008; GONZAGA *et al.*, 2016).

A depreciação das áreas florestais tem aumentado significativamente nos últimos anos em decorrência da alta utilização de produtos florestais e da baixa reposição das árvores. Alterações negativas na estrutura do solo, na fauna e principalmente na fixação de carbono atmosférico, são algumas das consequências da degradação das áreas florestais. Contudo, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o crescimento em altura e diâmetro e o acúmulo de carbono na biomassa de plantas de jatobá (*Hymenaea courbaril*) introduzidas em área de recuperação florestal na região sudeste do Pará.

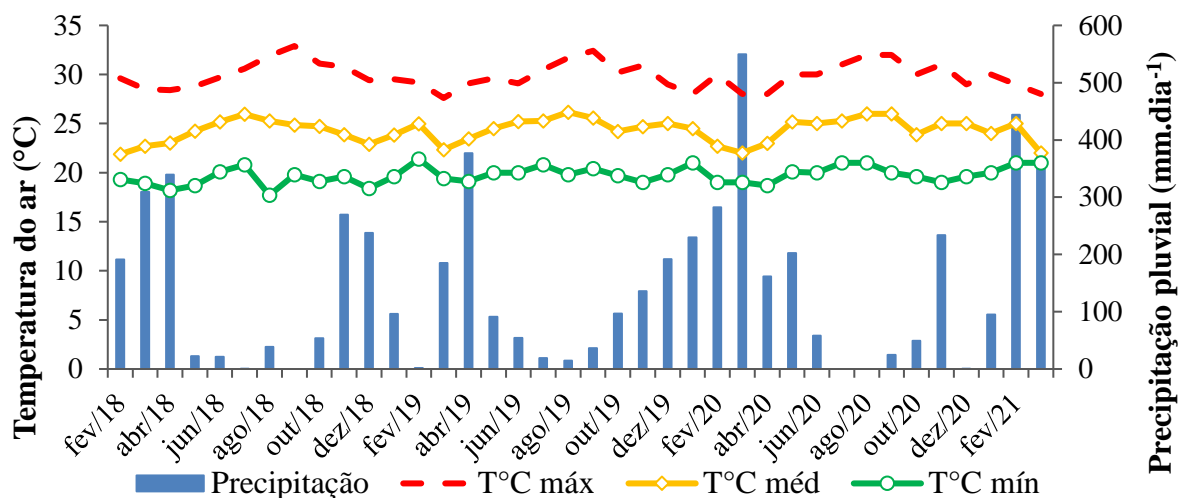
## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de fevereiro de 2018 a fevereiro de 2021, em uma área de 4 ha com degradação moderada e histórico de pastejo intensivo e que se encontra em processo de restauração florestal pela parceria entre Salobo Metais S.A. e a Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), com o acompanhamento do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). A área está localizada na zona de amortecimento da Floresta Nacional de Carajás, zona rural do município de Canaã dos Carajás, sudeste do Estado do Pará, nas coordenadas geográficas 6°29'1.92"S e 50°19'21.03"O.

O clima da região é caracterizado como tropical úmido do tipo “Am”, no limite de transição para o “Aw” com temperatura e pluviosidade média anual de 29°C e 1.500–2.000 mm.ano<sup>-1</sup>, segundo a classificação de Köppen. Os dados climáticos foram obtidos na estação meteorológica Serra dos Carajás - A230, localizado nas coordenadas 6°4'38.737'S de latitude e 50°8'32.154"O de longitude (INMET, 2020), conforme apresentado a Figura 1.

As mudas de espécies nativas foram inseridas em fevereiro de 2018, dentre elas, 315 mudas de jatobá (Figura 2). As avaliações ocorreram de fevereiro de 2018 a fevereiro de 2021 e os tratos culturais (roçagem, controle de formigas e fertilizações) foram realizados sempre que necessários. A coleta dos dados ocorreu aos 12 dias (em fevereiro de 2018), oito meses (em outubro de 2018), 11 meses (em janeiro de 2019), 15 meses (em maio de 2019), 20 meses (em outubro de 2019), 24 meses (em janeiro de 2020) e aos 36 meses após o plantio (em fevereiro de 2021), em que foram mensurados a altura da planta (h) e o diâmetro do colo (DC) e verificada a mortalidade da espécie.

**Figura 1** –Variações de temperatura do ar (°C) e precipitação no período estudado



Fonte: INMET, 2021.

**Figura 2** - Plantas de jatobá introduzidas na área experimental



Fonte: LIMA, 2021.

A altura (h) foi mensurada tendo como padrão de medição o nível do solo até a gema apical superior, com o auxílio de fita métrica ou de hipsômetro digital, quando as plantas possuíam altura superior a 2 m. O diâmetro do colo (DC) foi determinado com paquímetro manual. A taxa de mortalidade foi determinada por meio da contagem do número de indivíduos mortos.

Os cálculos de incrementos em altura e diâmetro, a correlação linear de Pearson (r) e a estimativa do volume de carbono, foram realizados após o levantamento dos dados. A interpretação da correlação linear de Pearson leva em consideração que quanto mais próximo de 1 (negativo ou positivo) for o valor de “r”, mais forte é a relação linear entre as variáveis, de modo que, se o valor de “r” for de 0,1 a 0,3 é caracterizado como

correlação fraca; se o valor de “r” for de 0,4 até 0,6, caracteriza-se como correlação moderada; se o valor de “r” for de 0,7 até 1, a correlação é forte (FIGUEIREDO FILHO; SILVA JUNIOR, 2009).

Para o cálculo da estimativa de carbono estocado, foi necessário primeiramente, o cálculo da correção do volume cilíndrico, empregando o fator de forma (0,7) estabelecido na instrução normativa N° 05 de 2015 da Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Estado do Pará (PARÁ, 2015), conforme Equação 1. Com base no volume calculado foi realizada a estimativa de massa seca das árvores, por meio do valor médio da densidade básica da madeira para as espécies florestais da Amazônia (0,59 g.cm<sup>-3</sup>) (NOGUEIRA *et al.*, 2008).

O carbono foi estimado pelo método indireto, consistindo na multiplicação do valor da massa seca pelo teor de 0,5, levando em consideração que 50% da biomassa das árvores é composta por carbono estocado (SOARES; OLIVEIRA, 2002), dessa forma, obteve-se a estimativa do acúmulo de carbono conforme a Equação 2.

$$Volume = g \cdot h \cdot 0,7 \quad (1)$$

$$Carbono = Volume \cdot 0,5 \cdot 0,59 \quad (2)$$

Em que:

*Volume* = Volume (m<sup>3</sup>)

*g* = Área transversal (m<sup>2</sup>)

*Carbono* = Carbono estimado (Mg.C<sup>-1</sup>)

*h* = Altura da planta (m)

## RESULTADO E DISCUSSÃO

Ao longo dos 36 meses em que ocorreram as avaliações, o regime pluviométrico se comportou de forma irregular, apresentando períodos de estiagem, observados nos meses de julho e setembro de 2018, fevereiro de 2019, julho, agosto e dezembro de 2020 (Figura 1). Também houve períodos de grande acúmulo pluviométrico mensal, observados nos meses de abril de 2019, março de 2020 e fevereiro de 2021, apresentando 377, 550 e 444 mm.mês<sup>-1</sup> respectivamente.

Essa irregularidade também foi notada em relação a temperatura do ar (Figura 1), durante todo o período de avaliação a temperatura máxima do ar foi de 34° C, a média de 22° C e a mínima de 18° C.

Os menores valores obtidos em incremento para as variáveis altura (h) e diâmetro do colo (DC) (Tabela 1), assim como a menor correlação linear de Pearson (Tabela 2), foram observados no período de fevereiro de 2018 (12 dias após o plantio das mudas), apresentando valores de 0,16 m e 0,45 cm ( $r = 0,19$ ). Essa correlação fraca encontrada nos primeiros dias, significa que não há uma relação linear considerável entre a variável altura e o diâmetro do colo, ou seja, o incremento de uma variável não influenciou na outra (HOFFMANN; VIEIRA, 1987).

**Tabela 1** - Incremento em altura (h) e incremento em diâmetro de colo (DC) da planta de mudas de jatobá em área de reflorestamento na região sudeste do Estado Pará

<b>Incremento h (m)</b>							
	12 dias	8 meses	11 meses	15 meses	20 meses	24 meses	36 meses
<b>Período</b>	(Fev/2018)	(Out/2018)	(Jan/2019)	(Mai/2019)	(Out/2019)	(Jan/2020)	(Fev/2021)
	0,16	0,23	0,53	0,30	0,64	1,08	2,81
<b>Incremento DC (cm)</b>							
	12 dias	8 meses	11 meses	15 meses	20 meses	24 meses	36 meses
<b>Período</b>	(Fev/2018)	(Out/2018)	(Jan/2019)	(Mai/2019)	(Out/2019)	(Jan/2020)	(Fev/2021)
	0,45	0,47	0,85	0,56	0,73	2,04	4,97

**Fonte:** LIMA, 2021.

Por mais que a espécie do jatobá apresente uma rápida taxa de crescimento inicial (BARROSO *et al.*, 2018) e pouca exigência quanto à fertilidade do solo (LORENZI, 2002), esses menores valores foram esperados levando em consideração a disponibilidade hídrica desfavorável pelo baixo acúmulo pluviométrico durante esse período (191 mm), e o curto espaço de tempo entre o plantio das mudas e coleta dos dados.

Aos oito meses após o plantio, o acúmulo pluviométrico foi considerado moderado, com valores de 732 mm e uma temperatura média do ar variando de 22 a 26°C (Figura 1). A correlação para esse período foi classificada como moderada (Tabela 2) e os valores de incremento obtidos para as variáveis altura (h) e diâmetro do colo (DC) foram de 0,23 m e 0,47 cm respectivamente, conforme apresentado na Tabela 1.

Ao comparar os valores obtidos da avaliação aos 12 dias e aos 8 meses, percebe-se que não houve uma diferença significativa no incremento em altura (h) e diâmetro do colo (DC). Andrade *et al.* (2019) estudando o modelo de crescimento do jatobá em florestas do sul da Amazônia brasileira, observaram que as árvores de jatobá apresentam baixas taxas de crescimento em diâmetro em sua fase juvenil ( $0,38 \text{ cm.ano}^{-1}$ ).

**Tabela 2** – A correlação linear (r) entre diâmetro de colo (DC) e altura da planta (h) de mudas de jatobá em área de reflorestamento na região sudeste do Pará

	12 dias	8 meses	11 meses	15 meses	20 meses	24 meses	36 meses
<b>Período</b>	(Fev/2018)	(Out/2018)	(Jan/2019)	(Mai/2019)	(Out/2019)	(Jan/2020)	(Fev/2021)
<b>r</b>	0,19	0,50	0,61	0,35	0,33	0,44	0,71
<b>Classificação</b>	Fraca	Moderada	Moderada	Fraca	Fraca	Fraca	Forte

**Fonte:** LIMA, 2021.

Na terceira avaliação, que ocorreu aos 11 meses após o plantio, o acúmulo pluviométrico foi moderado (657 mm) e a correlação classificada como moderada. Os incrementos em altura (h) e diâmetro do colo (DC) obtidos foram de 0,53 m e 0,85 cm. Essa correlação moderada pode ser explicada devido a diferença no incremento entre as variáveis, onde o diâmetro nesta fase de crescimento da planta aumentou de forma mais significativa enquanto o incremento em altura ocorria de forma lenta.

Os valores obtidos na terceira avaliação divergiram do estudo de crescimento de árvores da mata atlântica e sua influência na fertilidade do solo no sudeste do Brasil, realizada por Barroso *et al.* (2018). Em que os valores observados em altura para o jatobá foram bem maiores em relação ao seu incremento anual em diâmetro (0,27 cm).

Dessa forma, os resultados encontrados para essa avaliação foram maiores que os encontrados por Valverde *et al.* (2021), que estudaram a relação da variabilidade do clima com o crescimento do diâmetro das espécies do jatobá na floresta seca da Costa Rica, em que o crescimento e a precipitação média anual foram de 0,068 cm e 1.800 a 2.100 mm, acumulada em sua maioria, de agosto a novembro.

A correlação da avaliação aos 15 meses foi classificada como fraca, e os incrementos em altura e diâmetro foram de 0,30 m e 0,53 cm respectivamente. O acúmulo pluviométrico para esse período foi baixo, com apenas 283 mm durante os quatro meses e a temperatura média do ar variou entre 22 e 24°C. Ao estudar a relação clima/crescimento da espécie do jatobá, Locosselli *et al.* (2019), afirmaram que a baixa precipitação provou ser um fator limitante do crescimento para essa espécie.

Nas avaliações de 20 e 24 meses após o plantio, os incrementos obtidos para variável altura (h) foram de 0,64 e 1,08 m, enquanto o diâmetro do colo (DC) foi 0,73 e

2,04 cm respectivamente. O acúmulo pluviométrico para esse período foi considerado baixo (Figura 1), tendo uma mínima precipitação de 15 mm no mês de outubro de 2019 e uma máxima precipitação em janeiro de 2020, com 230 mm. Para ambas avaliações, a correlação linear de Pearson foi considerada fraca ( $r = 0,33$  e  $r = 0,44$ ).

Mesmo tendo uma correlação fraca em ambas as avaliações, os valores dos incrementos em altura (h) e diâmetro do colo (DC) obtidos aos 20 e 24 meses foram os maiores, quando comparados às demais avaliações. Durante esse período o acúmulo pluviométrico mensal se comportou de forma irregular e os resultados obtidos divergiram do estudo de estabelecimento inicial de espécies arbóreas em uma floresta secundária da Amazônia central, realizado por Santos *et al.* (2020) que encontraram menor crescimento desta espécie sob condições de luz total.

O aumento na temperatura do ar, segundo Rolland (1993), pode levar a uma diminuição no potencial de água do ar, tendo como resultado maior estresse hídrico por evapotranspiração. Dessa forma a correlação fraca (Tabela 2) nas avaliações de 20 e 24 meses após o plantio, pode ser explicada devido às plantas terem sido expostas a um período de baixa precipitação e de temperaturas elevadas.

Aos 36 meses após o plantio, a correlação linear de Pearson foi classificada como forte ( $r = 0,71$ ), isso pode ser explicado devido ao alto valor do acúmulo pluviométrico desse período (1.657 mm) e a temperatura média do ar que variou de 22 °C a 26 °C (Figura 1). As plantas de jatobá, neste período, apresentaram para as variáveis altura (h) e diâmetro do colo (DC) os maiores valores em incremento (2,81 m e 4,97 cm) durante o experimento.

Ainda no estudo de relação clima/crescimento da espécie do jatobá realizado por Locosselli *et al.* (2016), os autores afirmam que assim como a baixa precipitação, a temperatura é uma variável climática que também influencia diretamente no crescimento do jatobá.

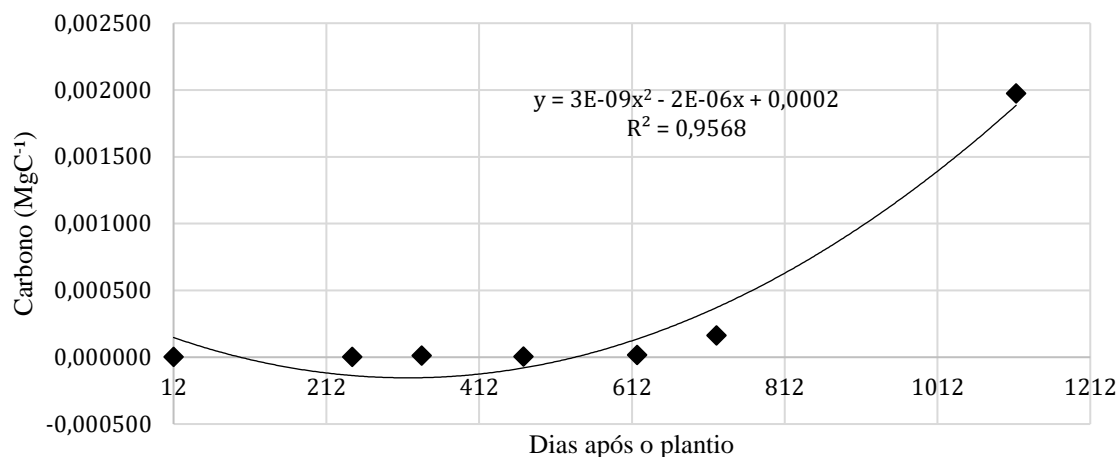
Para Dantas *et al.* (2011) em seu estudo sobre o armazenamento de carbono em uma paisagem fragmentada da Mata Atlântica, eles afirmam que o jatobá é uma espécie de árvore emergente que desempenha papel importante na estrutura da floresta, na fixação de carbono e no funcionamento do ecossistema.

No período de fevereiro de 2018 a maio de 2019, foi possível notar que o acúmulo de carbono (Figura 3) foi baixo, em especial no período de 15 meses após o plantio (maio de 2019), em que foi notado o valor de  $-0,0001 \text{ MgC}^{-1}$ , obtendo-se então um declínio no



acúmulo de carbono. Köhl *et al.* (2017) afirmam que o acúmulo de carbono é comparativamente baixo nas idades mais jovens das árvores.

**Figura 3** – Acúmulo de carbono na biomassa das plantas de jatobá durante o período de fevereiro de 2018 a janeiro de 2020



Fonte: LIMA, 2021.

No estudo de Köhl *et al.* (2017) sobre o impacto da idade das árvores no crescimento da biomassa e na capacidade de estocar carbono, observaram que o crescimento e o acúmulo de carbono na biomassa das árvores estão sujeitos a variações anuais e a longo prazo. No período de janeiro de 2020 a fevereiro de 2021 (36 meses após o plantio), foi possível observar um acréscimo de 0,0018 MgC<sup>-1</sup> (Figura 3) totalizando um acúmulo de 0,0020 Mg.C<sup>-1</sup> na biomassa das plantas.

Os resultados obtidos neste estudo diferem do que foi evidenciado por Köhl *et al.* (2017), para a espécie do jatobá, em que as taxas de acúmulo de carbono na biomassa das árvores não diminuem, mas aumentam com a idade. Esses resultados estão sujeitos a alterações ao longo dos anos, no qual foi possível observar na Figura 3 essas variações no acúmulo de carbono ao longo de três anos.

A taxa de mortalidade do jatobá, no presente estudo, foi de 49,2%. Salomão, Brienza Júnior e Rosa (2014), afirmam que a taxa de mortalidade esperada para área de reflorestamento é de até 20%. Sendo assim, este resultado não foi adequado, podendo ser explicado devido a espécie apresentar altas taxas de mortalidade nos primeiros anos de plantio (SCHULZE, 2003).

## CONCLUSÃO

O jatobá plantado em área de recuperação florestal com 36 meses de idade apresentou incrementos em altura e diâmetro do coleto de 2,81 m e 4,87 cm respectivamente. A taxa de mortalidade para a espécie em questão foi de 49,2%, estando acima do esperado para área de reflorestamento. O valor do acúmulo de C ao longo dos 36 meses após o plantio foi de 0,001974 MgC<sup>-1</sup> e apesar das variações na precipitação e na temperatura do ar ao longo do estudo, pode-se concluir que elas não foram fatores limitantes para o estoque de carbono em questão.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, V. H F.; MACHADO, S. do A.; FILHO, A. F.; BOTOSSO, P. C.; MIRANDA, B. P.; SCHÖNGART, J. Growth models for two commercial tree species in upland forests of the Southern Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, v. 438, n. 1 p. 215–223, 2019.
- BARROSO, D. G.; SOUZA, M. G. O. S.; OLIVEIRA, T. P. F.; SIQUEIRA, D. P. Growth of Atlantic Forest trees and their influence on topsoil fertility in the southeastern Brazil. **Cerne**, v. 24, n. 4, p. 352-359, 2018.
- BEER, C; REICHSTEIN, M; TOMELLERI, E; CIAIS, P; JUNG, M; CARVALHAIS, N; ROEDENBECK, C; ARAIN, M. A; BALDOCCHI, D; BONAN, G. B; BONDEAU, A; CESCATTI, A; LASSLOP, G; LINDROTH, A; LOMAS, M; LUYSSAERT, S; MARGOLIS, H; OLESON, K. W; ROUPSARD, O; VEENENDAAL, E; VIOVY, N; WILLIAMS, C; WOODWARD, F. I; PAPAIE, D. Terrestrial gross carbon dioxide uptake: global distribution and covariation with climate. **Science**, v. 329, n. 5993, p. 834-838, 2010.
- BUCKINGHAM, K.; RAY, S.; GRANIZO, C. G.; TOH, L.; STOLLE, F.; ZOVEDA, F.; REYTAR, K.; ZAMORA, R.; NDUNDA, P.; LANDSBERG, F.; MATSUMOTO, M.; BRANDT, J. **The road to restoration: A guide to identifying priorities and indicators for restoration monitoring** - Revised version v. 68, 2019. p 1-78.
- BURGER, J.; GOCHFELD, M.; KOSSON, D. S.; BROWN, K.G.; SALISBURY, J.A.; JEITNER, C. Risk to ecological resources following remediation can be due mainly to increased resource value of successful restoration: a case study from the Department of Energy's Hanford. **Environmental Research**, v.186, n. 1, p 1-11, 2020.
- CARVALHO, P.E.R. **Espécies arbóreas brasileiras**. 1º ed. Colombo: Embrapa Florestas, 2003, v.1 p1039.
- CHAVES, C. L.; DEGEN, B.; PAKULL, B.; MADER, M.; HONORIO, E.; RUAS, P.; TYSKLIND, N.; SEBBENN, A. M. Assessing the Ability of Chloroplast and Nuclear DNA Gene Markers to Verify the Geographic Origin of Jatoba (*Hymenaea courbaril* L.) Timber. **Journal of Heredity**, v. 109, n. 5, p. 543-552, 2018. DOI: 10.1093/jhered/esy017
- DANTAS, P. M.; ALVES, C. P. C.; TABARELLI, M. Armazenamento de carbono em uma paisagem fragmentada da Mata Atlântica: o papel dos habitats afetados pelas bordas e das árvores

emergentes. **Tropical Conservation Science**, v. 4, n. 3, p. 349-358, 2011. <https://doi-org.ez4.periodicos.capes.gov.br/10.1177%2F194008291100400310>

DAZY, M.; JUNG, V.; FÉRARD, J. F.; MASFARAUD, J. F. Ecological recovery of vegetation on a coke-factory soil: Role of plant antioxidant enzymes and possible implications in site restoration. **Chemosphere**, v. 74, n. 1, p. 57-63, 2008.

FAJARDO, A. M. P; TIMOFEICZYK, R. J. Avaliação Financeira do Sequestro de Carbono na Serra de Baturité, Brasil, 2012. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 3, p. 391-399, 2015.

FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JÚNIOR, J. A. Desvendando os mistérios do coeficiente de (r). **Revista Política Hoje**, v. 18, n. 1, p. 115-146, 2009.

GONZAGA, L. DE M.; SILVA; S. S. DA; CAMPOS, S. DE A.; FERREIRA, R. DE P.; CAMPOS, A. N. DA R.; CUNHA, A. C. M. C. M. DA. Evaluation of substrates and amf sporulation in the production of seedlings of native forest species. **Revista Árvore**, v. 40, n. 2, p. 245-254, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-67622016000200007>

HOFFMANN, R.; VIEIRA, S. **Análise de regressão: uma introdução à econometria**. 2ª edição. Editora Hucitec. 1987. v. 1. 379 p.

INMET (INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA), disponível em <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=tempo2/mapasPrecipitacao>>. Acesso em: 30/09/2021.

KÖHL, M.; NEUPANE, P. R.; LOTFIOMRAN, N. The impact of tree age on biomass growth and carbon accumulation capacity: A retrospective analysis using tree ring data of three tropical tree species grown in natural forests of Suriname, **Plos one**, v. 12, n. 8, p. 1-17, 2017. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0181187>

LIMA, M. S. de; MARISTELA, M. A.; AIMI, S. C.; OLIVEIRA, V. V. T. de.; BERGHETTI, A. L. P.; NASCIMENTO, N. F.; TAROUÇO, C. P. Use of physiological attributes to select native forest species for forest restoration in the southern Atlantic forest biome, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 501, n. 1, p. 1-11, 2021.

LIN, G.; KUZMINOV, F. I.; PARK, J.; LEE, S.; FALKOWSKI, P. G.; GORBUNOV, M. Y. The fate of photons absorbed by phytoplankton in the global ocean. **Science**, v. 351, n. 6270, p. 264–267, 2016. DOI: 10.1126/science.aab2213

LOCOSSELLI, G. M.; KROTTENTHALER, S.; PITSCH, P. et al. Impacto f temperature on the growth of a Neotropical tree species (*Hymenaea courbaril*, Fabaceae) at its Southern distribution limit. **Int J Biometeorol**, v. 27, n. 1, p. 1689-1692, 2019. <https://doi-org.ez4.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s00484-019-01786-y>

LOCOSSELLI, G. M.; SCHÖNGART, J.; CECCANTINI, G. Climate/growth relations and teleconnections for a *Hymenaea courbaril* (leguminosae) population anhabiting the ry forest on karst. **Trees**, v. 30, n. 4, p. 1127-1136, 2016. <https://doi-org.ez4.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s00468-015-1351-8>

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. 3ª edição. Nova Odessa: Plantarum, v.1, p. 368. 2008.

NOGUEIRA, E. M.; FEARNSSIDE, P. M.; NELSON, B. W. Normalization of wood density in biomass estimates of Amazon forests. **Forest Ecology and Management**, v. 256, n. 10, p. 990-996, 2008.

OLIVEIRA, W. L. de; MEDEIROS, M. B de; MOSER, P.; PINHEIRO, P.; OLSEN, L. B. Regeneração e estrutura populacional de jatobá-da-mata (*Hymenaea courbaril* L.), em dois fragmentos com diferentes graus de perturbação antrópica. **Acta Botanica Brasilica**, v. 25, n. 4, p. 876-884, 2011.

PARÁ (Estado). **Instrução Normativa nº 05 de 10 de setembro de 2015**. Dispõe sobre procedimentos técnicos para elaboração, apresentação, execução e avaliação técnica de Plano de Manejo Florestal Sustentável – PMFS nas florestas nativas exploradas ou não e suas formas de sucessão no Estado do Pará, e dá outras providências. Disponível em: <<https://www.sembras.pa.gov.br/2015/09/11/in-05-de-10092015-publicada-no-doe-32969-de-11092015-paginas-de-37-57/>> Acessado em: 15/03/2022.

ROLLAND, C.; Tree-ring and Climate relations for *Abies alba* in the internal alps, **Tree Ring Bull.**, v. 53, p. 1-11, 1993.

SALOMÃO, R. P.; BRIENZA JUNIOR, S.; ROSA, N. A. Dinâmica de reflorestamento em áreas de restauração após mineração em unidade de conservação na Amazônia. **Revista Árvore**, v. 38, n. 1, p. 1-24, 2014.

SANTOS, V. A. H. F. dos; FERREIRA, M. J. Initial establishment of commercial tree species under enrichment planting in a Central Amazon secondary forest: Effects of silvicultural treatments. **Forest Ecology and Management**, v. 460, n. 117822, p. 1-10, 2020.

SATTLER, D.; RAEDIG, C.; HEBNER, A.; WESENBERG, J. Use of native plant species for ecological restoration and rehabilitation measures in southeast Brazil. p. 191-204. In: Nehren, U.; Schlüter, S.; Raedig, C.; Sattler, D.; Hissa, H., eds. **Strategies and tools for a sustainable rural Rio de Janeiro**. Springer, Cham, Switzerland, 2018.

SCHULZE, M. **Ecology and Behavior of Nine Timber Species in Pará, Brazil**: links between species life history and forest management and conservation. (PhD Thesis). Pennsylvania: The Pennsylvania State University, 2003.

SILVA, S. M. M.; WADT, L. H. de O.; MESQUITA, A. G. G.; MARTINS, K. Impacto da exploração madeireira na diversidade genética e área basal de jatobá na Amazônia Sul-ocidental. **Scientia Forestalis**, v. 44, n. 111, p. 545-555, 2016.

SOARES, C. P. B.; OLIVEIRA, M. L. R. Equações para estimar a quantidade de carbono na parte aérea de árvores de eucalipto em Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 26, n. 5, p. 534-539, 2002.

VALVERDE, J. C.; ARIAS, D.; CASTILLO, M.; TORRES, D. Relación de la variabilidad climática con el crecimiento diamétrico de ocho especies arbóreas de bosque seco en Costa Rica. **Ecosistemas**, v. 30, n. 1, p. 1-14, 2021.

Recebido em: 10/04/2022

Aprovado em: 15/05/2022

Publicado em: 20/05/2022