

DENDROCRONOLOGIA DE *ASPIDOSPERMA PYRIFOLIUM* EM AIUABA, CEARÁ

Palavras-Chave: anéis de crescimento, Caatinga, dendroclimatologia

Autores(as):

Nicole Riatto Victor, IB – UNICAMP

Prof. Dr. Peter Stoltenborg Groenendyk (orientador), IB - UNICAMP

INTRODUÇÃO:

Várias espécies arbóreas produzem anéis de crescimento anuais que armazenam informações sobre as condições ambientais às quais o indivíduo esteve exposto durante o seu crescimento (Speer, 2010). Por meio do estudo e medição desses anéis (i.e., a dendrocronologia), é possível revelar quais foram essas condições e entender quais são os fatores determinantes do desenvolvimento dessas espécies (Hughes, 2002). Por exemplo, em anos com condições mais favoráveis (e.g., temperaturas mais amenas, maior precipitação, entre outros), espera-se que ocorra um maior incremento radial do lenho quando comparado a anos com condições menos favoráveis (e.g., frio intenso, seca, entre outros) (Hughes, 2002).

Analisando a nível de ecossistemas, o crescimento de espécies arbóreas está diretamente relacionado à produtividade primária e ao acúmulo de carbono em biomassa (Speer, 2010). Como consequência, compreender quais fatores interferem no crescimento de uma espécie nos ajuda a entender, em maior grau, as dinâmicas de carbono em florestas e os ciclos biogeoquímicos. Assim, em um contexto de mudanças climáticas, aumento de temperatura e diminuição do regimes de chuvas, é importante entender como o crescimento arbóreo é afetado e, com isso, entender as respostas das florestas e quais serão as consequências para a manutenção da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos (Zuidema *et al.*, 2013).

Apesar de abrigarem a maior biodiversidade de espécies arbóreas, as regiões tropicais foram por muito tempo negligenciadas nos estudos de dendrocronologia (Zuidema *et al.*, 2022). Se considerava que, por não haver grandes variações de temperatura ao longo do ano, as árvores de florestas tropicais manteriam crescimento constante durante o ano e não formariam anéis anuais. Contudo, estudos recentes mudaram drasticamente essa concepção, e não só se descreveu a formação de anéis de crescimento anuais em várias espécies tropicais, como se caracterizou uma grande variedade de padrões na anatomia da madeira e na formação de anéis (Barbosa *et al.*, 2018; Zuidema *et al.*, 2022). Assim, ao contrário das regiões temperadas, onde a temperatura e o fotoperíodo são grandes preditores de crescimento arbóreo, nos trópicos, outra variedade de fatores determina o incremento radial das árvores, especialmente as taxas de precipitação (Pereira *et al.*, 2014; Aragão *et al.*, 2019; Zuidema *et al.*, 2022).

Em regiões áridas e semiáridas, a disponibilidade de água é o maior fator limitante para o crescimento de árvores (Aragão *et al.*, 2019). Dessa forma, espera-se que variações nas taxas de precipitação expliquem as variações no incremento radial de espécies arbóreas presentes nesses locais (Aragão *et al.*, 2019). No Brasil, a Caatinga representa uma região de clima semiárido e com vegetação do tipo floresta seca sazonal com várias fitofisionomias

(Fernandes & Queiroz, 2018). Além disso, o bioma possui uma ampla biodiversidade de espécies arbóreas, com destaque para *Aspidosperma pyriforme* Mart. & Zucc. (Apocynaceae), popularmente conhecida como pereiro, que forma anéis anuais (Aragão *et al.* 2019). Assim, neste trabalho, pretendemos entender como o crescimento (largura dos anéis) de *A. pyriforme* é influenciado por fatores climáticos locais e globais.

METODOLOGIA:

Amostras de lenho de *A. pyriforme* foram coletadas por meio de um trado motorizado em dezembro de 2021, no município de Aiuaba, no Ceará. Para evitar a coleta de indivíduos muito jovens, foram amostradas somente as árvores com pelo menos 30 cm de circunferência. As baguetes foram coletadas atravessando a árvore para obtenção de perfis radiais casca-medula opostos. No total, 20 indivíduos de *A. pyriforme* foram amostrados.

As amostras foram coladas em suporte de madeira e realizamos o lixamento com a lixadeira orbital com lixas de granulometria crescente de 80 a 2000 (80, 120, 180, 220, 320, 420, 600, 800, 1200 e 2000) ou até que os anéis estivessem bem visíveis com auxílio de uma lupa. Após essa etapa, escaneamos as amostras em alta resolução (2400 dpi) e usamos o programa CooRecorder para fazer as mensurações e datações dos anéis de crescimento. Além disso, também utilizamos o CDendro e o Cofecha para fazer o cross-dating entre os raios. Para a montagem da cronologia, excluímos indivíduos que possuíam altas taxas de ruído em razão de respostas ecológicas individuais e de incerteza associada à mensuração.

Por fim, analisamos os efeitos de diferentes variáveis ambientais, em especial taxas de precipitação, temperatura e anomalias na superfície do oceano, no crescimento de *A. pyriforme*. Coletamos os dados climáticos no site da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) e do NOAA Physical Sciences Laboratory. As análises foram feitas no ambiente estatístico R. Além disso, também fizemos correlações espaciais por meio de mapas de associação elaborados na plataforma do KNMI Climate Explorer.

RESULTADOS:

Elaboramos uma cronologia para *A. pyriforme* em Aiuaba que vai de 1958 até 2021 (EPS = 0,768; rbar.wt = 0,564; rbar.bt = 0,168) (Figura 1). Para tal, foram utilizados 11 indivíduos e 33 raios. No que tange à dendroecologia da espécie, encontramos que esta não atinge diâmetros largos (Figura 2a) e possui crescimento lento e praticamente constante durante o período analisado (~ 0,2 cm/ano, Figura 2b). Além disso, no que diz respeito ao crescimento ao longo da vida do indivíduo, a espécie possui crescimento mais acelerado no início do seu desenvolvimento, mas que desacelera com a senescência (Figura 2c).

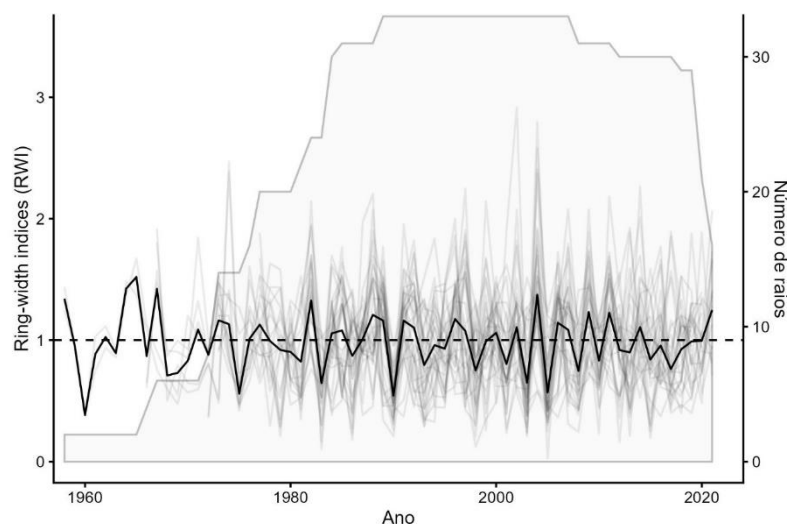


Figura 1. Cronologia de *A. pyriforme* na localidade de Aiuaba feita com 11 indivíduos e 33 raios. As curvas em cinza correspondem às cronologias individuais de cada raio e a curva em preto corresponde à cronologia média da população. O polígono corresponde ao número de amostras que compõem a cronologia em cada ano. rbar.bt = 0,168; rbar.wt = 0,564; EPS = 0,768.

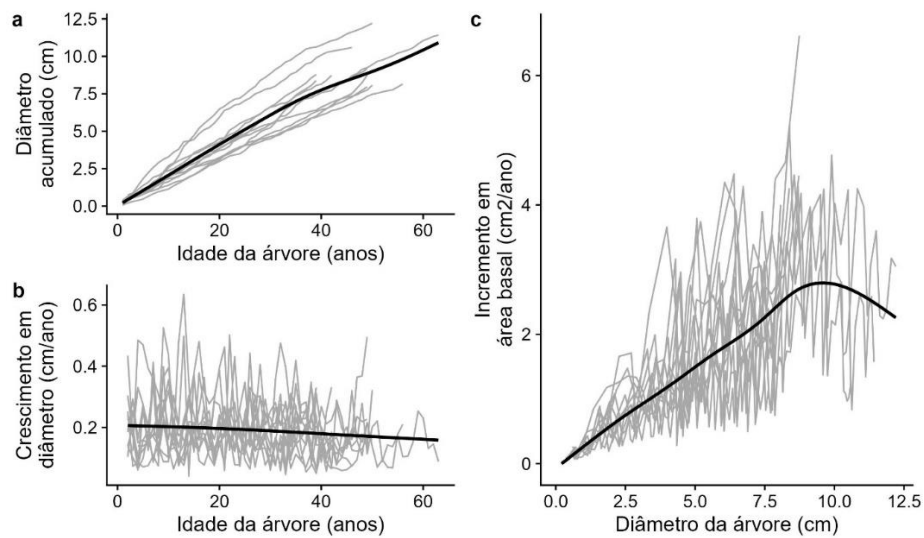


Figura 2. Padrão de crescimento de *A. pyrifolium* em Aiuaba. As curvas em cinza representam as trajetórias individuais e a curva em preto representa a trajetória média para a população. a = diâmetro acumulado ao longo do tempo; b = variação na taxa de crescimento em diâmetro ao longo do tempo; c = variação na taxa de crescimento em área basal com relação ao diâmetro (proxy para idade) da árvore.

Além disso, encontramos um forte efeito de variáveis climáticas sobre o crescimento de *A. pyrifolium*. Houve maior crescimento em anos mais chuvosos ($p < 0,01$, $\rho > 0,4$; Figura 3a). Além disso, em anos com maior temperatura máxima, a espécie cresceu menos ($p < 0,05$, $\rho < -0,4$, Figura 3b). Por fim, em anos de El Niño, as análises indicam um crescimento levemente menor ($p < 0,2$, $\rho < -0,4$, Figura 3c).

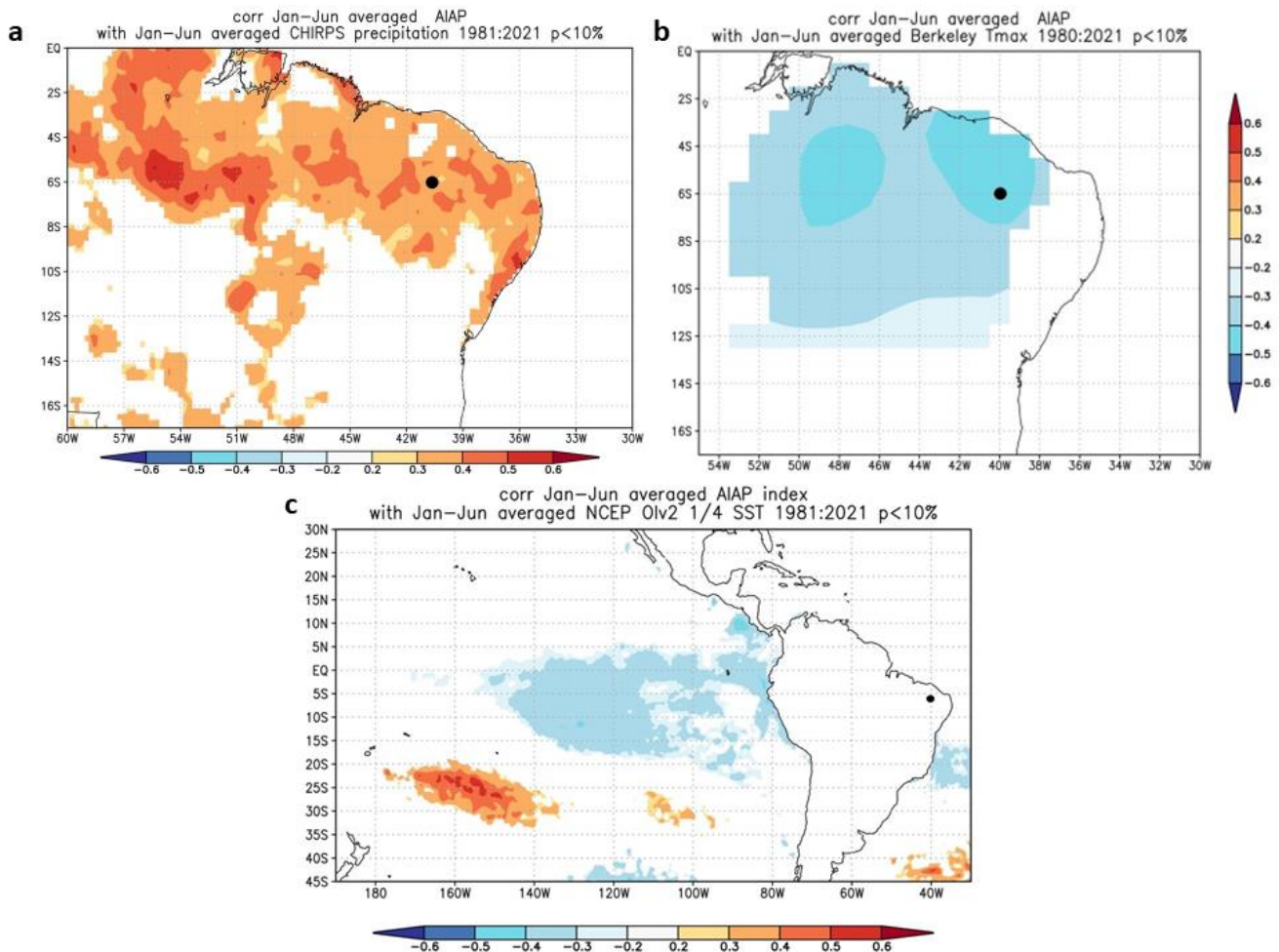


Figura 3. Mapas de associação entre crescimento (*Ring Width Index*, RWI) de *A. pyrifolium* e variáveis ambientais. a = correlação entre RWI e a precipitação durante o primeiro semestre; b = correlação entre RWI e a média da temperatura máxima durante o primeiro semestre; c =

correlação entre RWI e a temperatura da superfície do oceano durante o primeiro semestre. As cores indicam coeficiente de correlação de Pearson e Aiuaba está destacada com um círculo preto.

DISCUSSÃO:

O nosso trabalho corrobora o potencial dendrocronológicos de *A. pyrifolium* descrito na literatura, porém com algumas ressalvas. Autores discordam quanto à visibilidade dos anéis de crescimento da espécie (Augustini et al., 2008; Barbosa et al., 2018; Aragão et al., 2019) e, no nosso caso, sugerimos que o pereiro possui anéis com visibilidade média. A sua madeira, por ter alta densidade, precisa passar por um lixamento longo – i.e., com lixas que atingem altas granulometrias (até 2000) - para ter seus anéis bem visíveis e sem riscos. Ainda assim, por ter uma coloração mais clara e possuir diâmetros pequenos, a visualização das estruturas do lenho ainda permanece difícil em lupa. Como consequência, a dendrocronologia dessa espécie pode depender ainda de técnicas anatômicas para determinar anéis verdadeiros, o que tornaria o processamento das amostras muito trabalhoso e custoso. Apesar disso, conseguimos realizar uma cronologia para *A. pyrifolium* que, mesmo não atingindo robustez estatística, i.e., altos valores estatísticos de sinal comum, possui respaldo climatológico e correlação com outra espécie do mesmo gênero (*Aspidosperma multiflorum*; Aragão et al., 2022). Assim, por ser uma espécie comum na Caatinga e ter registros prévios na literatura, reiteramos o seu uso na dendrocronologia, mas com os cuidados necessários.

Quanto à dendroecologia da espécie, não há muitos registros na literatura do seu padrão de crescimento. Barbosa e colaboradores realizaram uma descrição para várias espécies lenhosas da Caatinga, e incluíram *A. pyrifolium* nas análises (Barbosa et al., 2018). Assim, nossos achados corroboram o que foi descrito pelos autores e complementam o conhecimento da espécie, trazendo novos dados de incremento em área basal. Além disso, apesar de não ter sido medida neste trabalho, a madeira dessa espécie é conhecidamente densa (0,54 g/cm³, Lima et al., 2021), atributo tradicionalmente associado a menores taxas de crescimento e mortalidade (Philipson et al., 2014). Além disso, análises em escala global sugerem que a densidade da madeira é negativamente correlacionada com a precipitação, já que uma madeira mais densa é menos susceptível ao fenômeno da cavitação (Chave et al., 2009). Assim, como é uma espécie presente em uma região semiárida, esse parece ser o caso de *A. pyrifolium*. Dessa maneira, esta parece adotar uma estratégia ecológica de crescimento lento, porém com alta densidade da madeira e maior resistência à seca.

Além disso, também corroboramos o potencial dendroclimatológico da espécie descrito na literatura (Aragão et al., 2019), já que encontramos forte influência de variáveis ambientais, como precipitação e temperatura máxima, no seu crescimento. Além disso, também notamos uma correlação entre seu crescimento com a precipitação na região onde se localiza a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (Figura 3a). Essa constitui um sistema meteorológico de extrema importância na região tropical e, no caso do Brasil, é responsável pelas chuvas em regiões do Norte e Nordeste do país (Tinôco et al., 2018). Dessa maneira, o crescimento de *A. pyrifolium* parece estar relacionado não só às taxas de precipitação locais, mas a um sistema meteorológico global. Ademais, o crescimento da espécie também parece estar relacionado a outro evento climático de escala global: as anomalias de temperatura da superfície do oceano, isto é, o El Niño e La Niña. Esses dois eventos são responsáveis por, respectivamente, diminuição e aumento das chuvas na região central do país e já existem uma série de estudos corroborando os seus efeitos sobre o crescimento de espécies lenhosas na Caatinga (Pereira et al., 2020). Nesse sentido, os resultados que encontramos para *A. pyrifolium* confirmam o padrão já descrito para espécies na região.

Em última instância, nosso trabalho também contribui para a construção de conhecimento sobre a dinâmica de florestas tropicais secas. Em razão de fatores sociais e econômicos, a Caatinga é um bioma

historicamente negligenciado, degradado e onde há uma forte presença de práticas predatórias na agropecuária (Amancio et al., 2009). Além disso, essa é uma região especialmente sensível às mudanças climáticas e com potencial de abrigar locais de clima árido, classificação climática inédita no país (Bottino et al., 2024). Com o aumento das temperaturas e diminuição das chuvas previstos para os próximos anos, espera-se que as taxas de crescimento diminuam em espécies lenhosas de florestas secas (Brienen et al., 2010). Nossos resultados corroboram o que seria esperado pela literatura e mostram uma possível vulnerabilidade do ecossistema seco frente às mudanças climáticas. Assim, sugerimos mais estudos dendrocronológicos com outras espécies lenhosas da Caatinga para entendermos melhor como o bioma irá responder à intensificação de fenômenos climáticos extremos.

BIBLIOGRAFIA

- Amancio J.; Araújo, M. & Nascimento, S. Degradação na Caatinga: Uma investigação Ecogeográfica. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 3, p. 126-135, 2009.
- Aragão, J.; Groenendijk, P. & Lisi, C. Dendrochronological potential of four neotropical dry-forest tree species: Climate growth correlations in northeast Brazil. **Dendrochronologia**, v. 53, p. 5-16, 2019. DOI: 10.1016/j.dendro.2018.10.011
- Aragão, J. & Lisi, C. Caatinga Tree Wood Anatomy: Perspectives on Use and Conservation. **Floresta e Ambiente**, v. 26, n. 2, 2019. DOI: 10.1590/2179-8087.099717
- Aragão, J.; Zuidema, P. & Groenendijk, P. Climate-growth relations of congeneric tree species vary across a tropical vegetation gradient in Brazil. **Dendrochronologia**, v. 71, p. 125913, 2022. DOI: 10.1016/j.dendro.2021.125913
- Augustini, A.; Mattos, P & Alvarez, I. Potencial dendrocronológico de espécies arbóreas da caatinga. In: Evento de Iniciação Científica da Embrapa Florestas, 2008. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/315549>
- Barbosa, A; Pereira, G; Granato-Souza, D.; Santos, R & Fontes, M. Tree rings and growth trajectories of tree species from seasonally dry tropical forest. **Australian Journal of Botany**, v. 66, p. 414–427, 2018. DOI: 10.1071/BT17212
- Brasil. Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará. **Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME)**. [Aiuaba]: [2022]. Disponível em: http://www.funceme.br/?page_id=2694. Acesso em: jul. 2024
- Brienen, R.; Lebrija-Trejos, E.; Zuidema, P. & Martínez-Ramos, M. Climate growth analysis for a Mexican dry forest tree shows strong impact of sea surface temperatures and predicts future growth declines. **Global Change Biology**, v. 16, p. 2001–2012, 2010a. DOI: 10.1111/j.1365-2486.2009.02059.x.
- Bottino, M. et al. Amazon savannization and climate change are projected to increase dry season length and temperature extremes over Brazil. **Scientific Reports**, v. 14, n. 5131, 2024. DOI: 10.1038/s41598-024-55176-5
- Chave, J.; Coomes, D.; Jansen, S.; Lewis, S.; Swenson, N. & Zanne, A. Towards a worldwide wood economics spectrum. **Ecology Letters**, v. 12, n. 4, p. 351–366, 2009. DOI: 10.1111/j.1461-0248.2009.01285.x
- Fernandes, M.; Queiroz, L. Vegetação e flora da Caatinga. **Cienc. Cult.**, São Paulo, v. 70, n. 4, p. 51-56, 2018. DOI: 10.21800/2317-66602018000400014.
- Hughes, M. Dendrochronology in climatology – the state of the art. **Dendrochronologia**, v. 20, n. 1-2, p. 95-116, 2002. DOI: 10.1078/1125-7865-00011
- Lima, A.; Rodal, M.; Castro, C.; Antonino, A.; Melo, A.; Gonçalves-Souza, T. & Sampaio, E. Phenology of high- and low-density wood deciduous species responds differently to water supply in tropical semiarid regions. **Journal of Arid Environments**, v. 193, 104594, 2021. DOI: 10.1016/j.jaridenv.2021.10459
- Pereira, M.; Justino, F; Malhado, A.; Barbosa H. & Marengo, J. The influence of oceanic basins on drought and ecosystem dynamics in Northeast Brazil. **Environmental Research Letters**, v. 9, p. 124013, 2014. DOI: 10.1088/1748-9326/9/12/124013
- Pereira, M.; Mender, K.; Justino, F.; Couto, F.; Silva, A.; Silva, D. & Malhado, A. Brazilian Dry Forest (Caatinga) Response to Multiple ENSO: the role of Atlantic and Pacific Ocean. **Science of The Total Environment**, v. 705, p. 135717, 2020. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.135717
- Philipson *et al.* A trait-based trade-off between growth and mortality: evidence from 15 tropical tree species using size-specific relative growth rates. **Ecology & Evolution**, v. 4, n. 18, p. 3675-3688, 2014. DOI: 10.1002/ece3.1186
- Speer, J. **Fundamentals of Tree Ring Research**. Tucson: The University of Arizona Press, 2010.
- Tinôco, I.; Bezerra, B.; Lucio, P. & Barbosa, L. Characterization of Rainfall Patterns in the Semiarid Brazil. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 41, n. 2, p. 397-409, 2018. DOI: 10.11137/2018_2_397_409
- Zuidema, P.; Baker, P.; Groenendijk, P.; Schippers, P.; Sleen, P.; Vlam, M. & Sterck, F. Tropical forests and global change: filling knowledge gaps. **Trends in Plant Science**, v. 18, n. 8, p. 413-419, 2013. DOI: 10.1016/j.tplants.2013.05.006
- Zuidema *et al.* Tropical tree growth driven by dry-season climate variability. **Nature Geoscience**, v. 15, p. 269–276, 2022. DOI: 10.1038/s41561-022-00911-8