



SÉRGIO ABÍLIO AZEVEDO

**DENDROCLIMATOLOGIA DE *Cedrela fissilis*, NO
SEMIÁRIDO MINEIRO**

**LAVRAS – MG
2026**

SÉRGIO ABÍLIO AZEVEDO

DENDROCLIMATOLOGIA DE *Cedrela fissilis*, NO SEMIÁRIDO MINEIRO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Ecologia Florestal, para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora

Prof.^a Dra. Ana Carolina Maioli Campos Barbosa

Coorientador

Prof. Dr. Rubens Manoel Dos Santos

**LAVRAS – MG
2026**

**Ficha Catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração
de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com
dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Azevedo, Sérgio Abílio.

Dendroclimatologia de Cedrela fissilis, no semiárido Mineiro / Sérgio Abílio
Azevedo. - 2026.

67 p. : il.

Orientadora: Ana Carolina Maioli Campos Barbosa

Coorientador: Rubens Manoel Dos Santos

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2026.
Bibliografia.

1. Dendrocronologia tropical. 2. Proxy climático. 3. Variabilidade hídrica. 4.
Mudanças climáticas. 5. Mudanças climáticas. I. Barbosa, Ana Carolina Maioli
Campos. II. Dos Santos, Rubens Manoel. III. Universidade Federal de Lavras. IV.
Título.

SÉRGIO ABÍLIO AZEVEDO

DENDROCLIMATOLOGIA DE *Cedrela fissilis*, NO SEMIÁRIDO MINEIRO

**DENDROCLIMATOLOGY OF *Cedrela fissilis* IN THE SEMI-ARID REGION OF
MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Ecologia Florestal, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 12 de fevereiro de 2026

Prof.^a Dra. ANA CAROLINA MAIOLI CAMPOS BARBOSA

UFLA/DCF

Dr. MANOLO TRINDADE QUINTILHAN

UNICAMP

Dr. GABRIEL DE ASSIS PEREIRA

ESALQ

Orientadora

Prof.^a Dra. Ana Carolina Maioli Campos Barbosa

Coorientador

Prof. Dr. Rubens Manoel Dos Santos

**LAVRAS – MG
2026**

À minha família, pela dedicação, pelo apoio moral e emocional, dedico este trabalho.

*Em especial à minha avó **Joana Fernão Ribeiro** (que o Senhor a tenha em Seu santo trono celestial), pelo amor e carinho incomparáveis. Acompanhou o início desta etapa acadêmica, mas não pôde testemunhar sua conclusão. A ela dedico esta conquista.*

*Ao meu amigo, avô **Jorge Ribeiro Maquile**, pela educação transmitida e pelo apoio incondicional. Aos meus irmãos Lurdes Abílio Azevedo, Jaquissone A. Azevedo, Esmeralda A. Azevedo e Saida A. Azevedo, ao meu tio Eugénio Radin Francisco, e à minha parceira Tuaiifa Assane Momade, pelo apoio moral e confiança em mim depositada ao longo desta trajetória, dedico igualmente este trabalho.*

Aos meus sobrinhos Holden Valgy, Alzira Jaquissone, Ebenezer Oscar e Eliezer Oscar, que este esforço acadêmico possa servir de exemplo e inspiração para que definam seus próprios objetivos e alcancem suas metas.

Aos demais familiares que, de forma direta ou indireta, contribuíram com apoio e incentivo, ainda que não mencionados nominalmente, registro também minha sincera dedicação.

A todos, os dedico!

AGRADECIMENTOS

Ao Todo-Poderoso, o Altíssimo Deus, pela dádiva da vida, pelo amparo e pelas oportunidades que vêm me sendo proporcionadas durante a caminhada e nas minhas buscas. A Ele rendo glórias e honra.

Ao Departamento de Ciências Florestais da Escola Superior de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (DCF/ESAL/UFLA), pela oportunidade de formação. Em especial ao órgão de financiamento da bolsa de estudo, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), o meu muito obrigado.

Agradeço ao Laboratório de Dendrocronologia do Departamento Ciências Florestais da UFLA pelo apoio técnico, moral e pelo espaço a mim cedido para o desenvolvimento desta pesquisa.

Aos orientadores, Prof^ª. Dra. Ana Carolina Maioli Campos Barbosa e Prof. Dr. Rubens Manoel dos Santos, por terem acreditado em mim e depositado sua confiança para o desenvolvimento da presente pesquisa. Em especial à Profa. Dra. Ana Carolina Maioli Campos Barbosa, pela orientação e pelo apoio total durante este percurso acadêmico que hoje se encerra. Os meus sinceros agradecimentos.

Aos amigos Lucas Guimarães Pereira, Thiago Martins Santos, Wigor D. Melo Santos, Kaio Magalhães de Souza, Kaick Coelho de Sousa, Mayara de Lima Ferreira, Ruann R. de Souza Santos, Maria Eduarda e Hellen de Souza Nogueira, pelo apoio técnico e companheirismo desde a coleta, passando pelos processos laboratoriais até o final deste trabalho.

Ao Remígio Rangel Nhamussua, à quem me é fonte de inspiração pessoal e profissional, pelo seu incentivo acadêmico, lá se vão os meus agradecimentos. E aos demais amigos e colegas não citados, mas que de forma direta ou indireta deram seu apoio incondicional durante a caminhada, também agradeço.

O PRESENTE TRABALHO FOI REALIZADO COM APOIO DA COORDENAÇÃO DE
APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR – BRASIL (CAPES) –
CÓDIGO DE FINANCIAMENTO 001.

A todos, os meus agradecimentos!

“Nunca se esqueça das suas raízes (Origens), pois elas são a sua identidade por onde quer que estejas.”

Anónimo.

“(..) Diz o Senhor: Tu és meu servo, Eu te escolhi e não te rejeitei. Nada temas, porque estou contigo, não lance olhares desesperados, porque Eu sou o teu Deus; Eu te fortaleço e auxílio, te amparo com a Minha destra vitoriosa.”

Amém.

Isaías 41 : 9 - 10.

Sagrada escritura (Bíblia)

RESUMO

A compreensão dos efeitos das mudanças climáticas sobre a dinâmica de crescimento de espécies arbóreas em florestas tropicais ainda apresenta lacunas, especialmente em regiões com sazonalidade climática marcada. A presente pesquisa teve como objetivo, identificar padrões de crescimento ao longo do tempo, detectar sinais de eventos climáticos extremos nas cronologias e avaliar a influência das mudanças climáticas sobre o crescimento radial da espécie. O estudo foi realizado na região ecotonal entre o Bioma Cerrado e Caatinga, do Semiárido Mineiro município de Januária (Parque Nacional Cavernas do Peruaçu), onde foram amostradas 40 árvores da espécie *Cedrela fissilis*, e posteriormente, foram levadas ao Laboratório de Dendrocronologia da UFLA, no qual foi realizado o processo laboratorial para obtenção de informações relevantes para o estudo. com uso do Software COFECHA e programa ARSTAN, foi avaliada a qualidade da datação de séries dendrocronológicas e obtenção das cronologias, respectivamente. Por fim, as análises e processamento dos dados espaciais e dendrométricos foram feitas com auxílio do software R (v. 4.5.2) do ambiente Rstudio. Posteriormente, usou-se os dados climáticos e hidrológicos (temperatura, precipitação, vazão de rios e índices de seca ao longo do tempo) obtidos de fontes oficiais e estações mais próximas às áreas de coleta, como WorldClim, ANA, INMET e CRU. Foi aplicada regressão por componentes principais para a reconstrução do clima passado, calibrando os dados dos anéis de crescimento com observações climáticas sazonais. Os resultados da presente pesquisa demonstram uma forte correlação dos anéis de crescimento entre as séries (0,719), e quando correlacionada com precipitação média mensal, apresentou correlação positiva moderada ($r \approx 0,3 - 0,4$), e correlação negativa com a temperatura média anual ($r \approx - 0,26$). Os resultados sugerem que o crescimento secundário da espécie arbórea *Cedrela fissilis* responde às variações climáticas interanuais a nível regional. Estes resultados demonstram a relevância de incorporar estudos dendroclimáticos de modo a obter respostas sobre o estado atual das florestas, face às alterações climáticas, e a reações das espécies arbóreas na região em estudo aos estímulos ambientais nesses ecossistemas.

Palavras-chave: Dendrocronologia tropical; Proxy climático; Variabilidade hídrica; Mudanças climáticas; Crescimento radial.

ABSTRACT

Our understanding of the effects of climate change on the growth dynamics of tree species in tropical forests remains incomplete, particularly in regions with marked seasonal climate patterns. The aim of this study was to identify growth patterns over time, detect signs of extreme weather events in tree-ring chronologies, and assess the influence of climate change on the radial growth of the species. The study was conducted in the ecotone between the Cerrado and Caatinga biomes, in the semi-arid region of Minas Gerais, in the municipality of Januária (Peruaçu Caves National Park), where 40 trees of the species *Cedrela fissilis* were sampled, which were subsequently taken to the Dendrochronology Laboratory at UFLA, where laboratory procedures were carried out to obtain information relevant to the study. Using the COFECHA software and the ARSTAN program, the quality of the dendrochronological series dating and the establishment of chronologies were assessed, respectively. Finally, the analysis and processing of spatial and dendrometric data were carried out using R software (v. 4.5.2) within the RStudio environment. Subsequently, climatic and hydrological data (temperature, precipitation, river flow and drought indices over time) were used, obtained from official sources and stations closest to the sampling areas, such as WorldClim, ANA, INMET and CRU. Principal component regression was applied to reconstruct past climate, calibrating the tree-ring data against seasonal climate observations. The results of this study demonstrate a strong correlation between the tree-ring series (0.719), and when correlated with average monthly precipitation, showed a moderate positive correlation ($r \approx 0.3-0.4$), and a negative correlation with average annual temperature ($r \approx -0.26$). The results suggest that the secondary growth of the tree species *Cedrela fissilis* responds to interannual climatic variations at a regional level. These results demonstrate the importance of incorporating dendroclimatic studies in order to obtain insights into the current state of forests in the face of climate change, and the responses of tree species in the study region to environmental stimuli within these ecosystems.

Keywords: Tropical dendrochronology, Climate proxy, Water variability, Climate change, Radial growth.

INDICADORES DE IMPACTO

Os resultados deste estudo apresentam impactos ambientais, científicos, educacionais e tecnológicos com potencial de aplicação para populações, territórios e instituições locais e regionais; a pesquisa fornece uma cronologia dendrocronológica robusta ($EPS = 0,987$; $Rbar \approx 0,72$) capaz de detectar eventos climáticos extremos e documentar variações hidroclimáticas recentes, o que constitui impacto concreto para a compreensão histórica do clima e para a modelagem de risco hídrico, uma vez que a largura dos anéis mostrou correlação positiva com precipitação ($r \approx 0,3-0,4$) e correlação negativa com temperatura ($r \approx -0,26$), evidenciando a sensibilidade à estresses hídricos e de temperatura da espécie, assim, subsidiando recomendações de manejo e conservação; Em termos extensionistas, os resultados possibilitam a elaboração de produtos técnicos e materiais de divulgação destinados a gestores municipais, produtores rurais e comunidades locais, com potencial de integrar planos municipais de manejo e estratégias de adaptação climática, caracterizando impacto potencial que se torna concreto mediante adoção institucional; À nível territorial, o trabalho delimita sítios amostrados na região ecotonal e identifica grupos populacionais rurais e instituições acadêmicas beneficiadas, incluindo docentes, estudantes e técnicos envolvidos nas ações de campo e capacitação; Cientificamente, a disponibilização da cronologia e dos dados em repositórios e publicações fortalece a base de conhecimento para estudos paleoclimáticos nos trópicos e promove transferência tecnológica para práticas de restauração e manejo sustentável; Quanto aos ODS, o estudo alinha-se diretamente aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, em especial ODS 13 (Ação Climática), ODS 15 (Vida Terrestre), ODS 6 (Água) e ODS 4 (Educação), ao oferecer evidências científicas para políticas de adaptação, ferramentas de monitoramento e ações educativas que reduzem a vulnerabilidade socioambiental na região.

IMPACT INDICATORS

The results of this study have environmental, scientific, educational and technological implications with potential applications for local and regional populations, territories and institutions; the research provides a robust dendrochronological chronology ($EPS = 0.987$; $Rbar \approx 0.509$) capable of detecting extreme climatic events and documenting recent hydroclimatic variations, which constitutes a concrete contribution to the historical understanding of climate and to water risk modelling, since ring width showed a positive correlation with precipitation ($r \approx 0.3-0.4$) and a negative correlation with temperature ($r \approx -0.26$), highlighting the species' sensitivity to water and temperature stresses, thereby informing management and conservation recommendations; In terms of extension, the results enable the development of technical products and dissemination materials for municipal managers, rural producers, and local communities, with the potential to integrate municipal management plans and climate adaptation strategies, characterizing a potential impact that becomes concrete through institutional adoption; At the territorial level, the work delimits sampled sites in the ecotonal region and identifies rural population groups and academic institutions that benefit, including teachers, students, and technicians involved in fieldwork and training; Scientifically, the availability of chronology and data in repositories and publications strengthens the knowledge base for paleoclimatic studies in the tropics and promotes technology transfer for restoration and sustainable management practices; In terms of SDGs, the study aligns directly with the Sustainable Development Goals, in particular SDG 13 (Climate Action), SDG 15 (Life on Land), SDG 6 (Water), and SDG 4 (Education), by providing scientific evidence for adaptation policies, monitoring tools, and educational actions that reduce socio-environmental vulnerability in the region.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Locais de ocorrência do <i>C. fissilis</i> a nível mundial	22
Figura 2 - Mapa de localização das áreas de estudo.....	24
Figura 3 - Processo de coleta de dados em campo	28
Figura 4 - Processamento das amostras na oficina	28
Figura 5 - Observação e contagem dos anéis de crescimento em amostras e construção gráfica	28
Figura 6 - Medição dos anéis das árvores no LINTAB 6 (Tree-ring station), e TSAP-Win....	29
Figura 7 - Séries dendrocronológicas individuais (linhas finas) e cronologia resultante (linha grossa) (1965-2025).....	34
Figura 8 - RWI da série temporal (1965 - 2025) com variações interanuais marcantes	35
Figura 9 - Correlação mensal dos RWI com precipitação e temperatura.....	38
Figura 10 - Mapa de correlação espacial entre os índices da cronologia residual e a precipitação	39
Figura 11- Correlação entre o RWI com as médias mensais das precipitações (nov-mar) e temperatura (out-fev) no período de 1965 a 2025	41
Figura 12 - Análise da correlação entre o índice de largura dos anéis de crescimento das árvores e variáveis climáticas anuais (precipitação média, temperatura média e vazão) em Januária.....	44
Figura 13 - Análise de correlação dentro (PRI - PNP) e entre diferentes sítios (PRI -BRA002)	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação taxonômica do gênero <i>Cedrela fissillis</i>	21
Tabela 2 - Coleção das amostras	27
Tabela 3 - Resumo estatístico da cronologia	33
Tabela 4 - Correlação periódica entre a série dendrocronológica com as variáveis climáticas	46
Tabela 5 - Tabela ilustrativa da análise de correlação entre a série dendrológica com as variações temporais face aos eventos extremos em larga escala.....	48

LISTA DE SIGLAS

ANA	Agência Nacional das Águas
ASAS	Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul
<i>C. fissilis</i>	<i>Cedrela fissilis</i>
CAP	Circunferência Altura do Peito
cm	Centímetros
CRU	Climate Research Unit
DAP	Diâmetro Altura do Peito
Fig.	Figura
H.	Altura da árvore
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMBIO	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
MG.	Minas gerais
mm	Milímetros
MSA	Monção Sul-Americana
Nr.	Número
°C	Graus centígrados
PMA	Precipitação Média Anual
PNCP	Parque Nacional Cavernas do Peruaçu
PS	Perfil do Solo
RPPN	Reserva Particular do Patrimônio Natural
RWI	Índice de largura de anéis de crescimento
Tab.	Tabela
UFLA	Universidade Federal de Lavras

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	OBJETIVOS	17
1.1.1	Geral	17
1.1.2	Específicos.....	17
1.2	Hipóteses de estudo	17
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1	Fundamentos climáticos e dendrocronológicos	18
2.2	Influência climática no crescimento e no desenvolvimento das espécies arbóreas	19
2.3	Potencialidade espécie arbórea (<i>Cedrela fissilis</i>) para estudos dendroclimáticos nos neotrópicos	20
2.3.1	Características gerais	21
2.3.2	Distribuição geográfica nos neotrópicos	22
2.3.3	Aspectos ecológicos	23
3	METODOLOGIA.....	24
3.1	Caracterização da área de Estudo	24
3.1.1	Clima e Relevo	24
3.1.2	Vegetação	26
3.2	Amostragem e preparo das amostras dendrocronológicas	27
3.3	Análises dos anéis de crescimento	28
3.4	Construção das cronologias.....	30
3.5	Análises de correlações dendroclimatologia	30
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
4.1	Análises estatísticas da série cronológica (1965 - 2025).....	33
4.2	Índice de largura de anéis de crescimento em função do tempo (1965 - 2025).....	35
4.3	Correlação mensal entre a série cronológica e o climático (precipitação e temperatura)	38
4.4	Correlações do RWI e as médias mensais da precipitação e temperatura (1965 - 2025)	40
4.5	Análise de índice de largura dos anéis com as variáveis ambientais	44
4.6	Análise Periódica da série dendrocronológica e variáveis ambientais.....	46
4.7	Análise de correlação a longa escala (NINO34, TNS e TSA)	47
4.8	Análise correlação entre PRI com PNP e BRA002 no período de 1965 – 2017.....	49
5	CONCLUSÃO.....	52
6	REFERÊNCIAS	53

1 INTRODUÇÃO

O estudo da dendrocronologia, ciência que investiga o ritmo de crescimento das árvores e suas respostas aos parâmetros ambientais (Fritts, H C, 1976), tem se consolidado como uma linha de pesquisa crescente e amplamente utilizada nas ciências florestais, permitindo a obtenção de informações valiosas sobre o crescimento passado das árvores (Schikowski et al., 2010). A construção de redes cronológicas de anéis de crescimento de árvores longevas e bem datadas já vem sendo aplicada em regiões de médias a altas latitudes (Cook, Edward R.; Pederson, 2011; Stahle et al., 2016), proporcionando avanços significativos na compreensão dos principais fenômenos associados à ocorrência de eventos extremos nos últimos séculos (Granato-Souza, 2018).

Dentro desse campo, destaca-se a dendroclimatologia, ciência que possibilita a reconstrução do paleoclima por meio da análise dos anéis anuais do lenho. Esse processo envolve três etapas fundamentais: a comparação de registros meteorológicos com os padrões de largura dos anéis formados no mesmo período; a elaboração de equações estatísticas que relacionam os dados meteorológicos com a largura dos anéis; e, após validação, a aplicação do modelo para estimar as condições climáticas em anos anteriores aos registros disponíveis (Therrell et al., 2006). Essas estimativas estatísticas são úteis na obtenção de informações para períodos e áreas onde não se tenha registros meteorológicos, possibilitando a análise do clima no passado (Fritts, H C, 1976; Rosa; Schöngart, 2010). A correlação entre variáveis meteorológicas, como temperatura e precipitação, e os anéis de crescimento constitui um dos pilares da dendroclimatologia, sendo que modelos de regressão e análise de séries temporais já foram aplicados com sucesso nesse contexto (Ghofrani, 2018; Rinn, 1996).

Compreender o histórico das oscilações climáticas ao longo do tempo, por meio das respostas de espécies arbóreas, especialmente as mais vulneráveis nos ecossistemas, é fundamental para o desenvolvimento de estratégias de adaptação e mitigação frente às mudanças climáticas. O clima, de fato, é considerado um dos principais fatores responsáveis pelas variações na largura e nas características dos anéis de crescimento, podendo inclusive ser utilizado para estimar o crescimento futuro das árvores (Pereira et al., 2018). Em regiões onde o clima impõe períodos alternados entre maiores e menores taxas de crescimento, as árvores formam anualmente um anel de madeira visível em seções transversais do tronco ou em núcleos extraídos (Hughes, 2002; Schikowski et al., 2010).

Apesar dos avanços obtidos em florestas temperadas e boreais, as formações florestais tropicais (que concentram a maior biodiversidade do planeta) permanecem pouco representadas no banco internacional de dados de anéis de crescimento (The International Tree-Ring Data

Bank – ITRDB) do programa paleoclimático do NOAA (Groenendijk et al., 2025). Como consequência, o paleoclima dessas regiões ainda é pouco conhecido, o que gera uma lacuna importante para a compreensão da vulnerabilidade e fragilidade desses ecossistemas diante das mudanças climáticas regionais e globais (Barbosa, J. P. R. A. D. et al., 2012; Brien; Schöngart; Zuidema, 2016; Pereira et al., 2018).

Embora os trópicos apresentem alta diversidade de espécies arbóreas, a maioria delas não é adequada para estudos dendrocronológicos (Yamaguchi; Cook; Kairiukstis, 1991). Muitas plantas lenhosas tropicais não produzem uma sequência de anéis de crescimento datáveis, pois, grande parte não apresenta estruturas distintas ou periodicidade anual na formação dos anéis (Boninsegna et al., 2009; Roquette; Lobo; Curado, 2019). Ainda assim, torna-se essencial compreender o comportamento das espécies arbóreas frente às mudanças climáticas e identificar estratégias de adaptação que possam mitigar seus impactos, promovendo a resiliência das plantas dentro dos biomas tropicais. Nesse contexto, emerge a questão central que orienta o estudo: *quais eventos climáticos foram registrados nas últimas décadas na região em análise e de que forma os diferentes regimes de sazonalidade influenciam as oscilações no crescimento radial da Cedrela fissilis?*

A escolha da *Cedrela fissilis* para a presente investigação fundamenta-se em suas características favoráveis ao estudo dendrocronológico, especialmente em regiões com sazonalidade bem definida. Trata-se de uma espécie protegida por lei (IBAMA, 2024) devido a superexploração da sua valiosa madeira, e que ocorre naturalmente nas áreas selecionadas para análise, onde ainda pouco se conhece sobre as respostas ambientais das plantas diante do cenário das mudanças climáticas globais registradas ao longo dos anos. Com esta pesquisa, busca-se desenvolver uma cronologia baseada nos anéis de crescimento da espécie, de modo a comparar os padrões de sazonalidade climática observados ao longo do tempo e avaliar seus efeitos na região ecotonal do semiárido mineiro.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Geral

No presente estudo objetivou-se desenvolver a cronologia da espécie *Cedrela fissilis* na região ecotonal Cerrado-Caatinga, no norte de Minas Gerais, relacionando padrões de sazonalidade climática aos índices de largura dos anéis de crescimento observados ao longo do tempo.

1.1.2 Específicos

- ❖ Construir uma cronologia da espécie em estudo com base na datação cruzada;
- ❖ Correlacionar as variáveis climáticas com o ritmo de crescimento das árvores
- ❖ Comparar e atualizar a cronologia dentro e entre sítios da região em estudos.

1.2 Hipóteses de estudo

Com base na literatura científica, nas características ecológicas da espécie *Cedrela fissilis* e na proposta metodológica desta pesquisa, levantam-se as seguintes hipóteses:

H1: A formação da madeira de *C. fissilis* é influenciada por fatores ambientais, permitindo a datação cruzada, uma vez que a largura dos anéis de crescimento de *C. fissilis* está positivamente correlacionada com a precipitação na região de estudo.

O crescimento radial da *C. fissilis* é sensível à disponibilidade hídrica, e variações na precipitação podem ser refletidas diretamente na espessura dos anéis (Brienen et al., 2010).

H2: A construção de uma cronologia para *C. fissilis* no Norte MG permite detectar eventos climáticos extremos passados, como secas ou anos de precipitação elevada. A formação de anéis estreitos pode indicar anos de estresse hídrico ou eventos climáticos extremos Pereira et al. (2018), sendo possível reconstruir eventos históricos relevantes.

H3: A espécie *C. fissilis* apresenta sincronia de crescimento entre indivíduos do mesmo sítio, mas padrões distintos entre regiões diferentes com gradientes climáticos (temperatura e precipitações) contrastantes.

A sincronia intra-regional é esperada em função da influência de um mesmo regime climático. No entanto, entre regiões com regimes distintos os padrões podem divergir (Fritts, H C, 1976; Hughes, 2002).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Fundamentos climáticos e dendrocronológicos

O clima, segundo Martinelli (2010), pode ser descrito como uma sucessão habitual de estados da atmosfera sobre determinado lugar. As variações de temperatura estão diretamente relacionadas a fatores como relevo (altitude), proximidade do mar (maritimidade) e latitude (Conti; Furlan, 2011). As mudanças climáticas globais correspondem a alterações de longo prazo nos padrões climáticos, atribuídas principalmente às atividades humanas que intensificam a concentração de gases de efeito estufa na atmosfera (IPCC, 2021). Esses gases, como dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxidos de nitrogênio (N₂O), amplificam o efeito estufa, resultando em aquecimento global e em transformações significativas no clima terrestre (Carneosso et al., 2024; Rosenzweig et al., 2020). Tais alterações ambientais representam uma séria ameaça à biodiversidade e ao bem-estar humano, elevando o risco de extinção de inúmeras espécies (Treut et al., 2007).

Na América do Sul, a diversidade geográfica favorece a atuação de diferentes sistemas atmosféricos, responsáveis pela heterogeneidade espacial e temporal da precipitação (Reboita et al., 2012). O consenso científico atual aponta que o clima terrestre está em transformação, impulsionado pelas atividades antropogênicas que aumentam a concentração de gases de efeito estufa (Estrada-Contreras et al., 2016). Nos trópicos, a variabilidade climática é uma condição natural, oscilando em diferentes escalas temporais (anuais, interanuais, decadais e centenárias) (Marengo; Espinoza, 2016).

No contexto brasileiro, o Estado de Minas Gerais apresenta grande extensão territorial e complexidade climática, fortemente influenciada pelo relevo na formação de microclimas (Ávila et al., 2014). O norte do estado caracteriza-se por clima seco e quente, enquanto o Sul apresenta temperaturas mais amenas e chuvas melhor distribuídas (Mello; Viola, 2013). Além do aquecimento global, fenômenos como a formação de “ilhas de calor” e as variações associadas ao ENOS (El Niño Oscilação Sul) contribuem para oscilações climáticas e eventos extremos de precipitação, cujos impactos ainda carecem de maior investigação no Brasil (Grimm, 2003; Marengo; Camargo, 2008; Mello et al., 2012).

As árvores funcionam como sensores climáticos, armazenando em seus anéis de crescimento informações fisiológicas que podem ser datadas com resolução anual (Fritts, 1976; Tomazello Filho; Botosso; Lisi, 2000). A dendrocronologia, ciência que constrói cronologias a partir desses anéis (Cook, E., 1991; Fritts, 1976), é amplamente aplicada em regiões temperadas e úmidas, com usos diversos em ecologia, climatologia, geologia e antropologia (Andreacci; Botosso; Galvão, 2013; Schweingruber, 1996). Seu fundamento reside no fato de que plantas

em ambientes com forte sazonalidade climática apresentam ciclos anuais de crescimento, resultando em anéis no xilema secundário que permitem reconstruir padrões históricos ambientais e climáticos (Andreacci; Botosso; Galvão, 2013).

Nos trópicos, a dendrocronologia tem demonstrado grande potencial para reconstruir condições históricas de crescimento das árvores, compreender respostas fisiológicas às mudanças ambientais e validar modelos de crescimento (Rozendaal; Zuidema, 2011). Essa abordagem possibilita entender como os ciclos sazonais afetam o desenvolvimento das espécies e como estas respondem às mudanças climáticas ao longo do tempo. Em zonas temperadas, já se obteve sucesso na reconstrução de secas continentais, variações de temperatura e vazões fluviais (Pereira et al., 2018). Além disso, a anatomia do lenho fornece registros históricos de temperatura e precipitação, refletindo diretamente as condições ambientais que influenciaram o crescimento e a dormência das plantas (Vogado; Morellato; Ceccantini, 2014).

2.2 Influência climática no crescimento e no desenvolvimento das espécies arbóreas

As formações florestais são associações específicas de vegetais que se desenvolvem com base nas características climáticas, relevo e solo do local em que se situam, e a influência dos agentes climáticos no crescimento das espécies arbóreas é amplamente reconhecida como fator de maior relevância (Bergamaschi H., 2007; apud Rego, 2008). Espécies como *Araucaria angustifolia*, em regiões subtropicais úmidas do sul da América do Sul, apresentam crescimento secundário sensível às variações de temperatura, com anomalias interanuais que afetam o incremento anual (Fontana, Claudia et al., 2016). Globalmente, o crescimento vegetal é resultado da interação entre temperatura, precipitação e radiação solar (Piao et al., 2014; Tian et al., 1998), como sugerido pela lei do mínimo de Liebig (Babst et al., 2019), e não de um único fator isolado.

Métodos dendroclimatológicos permitem identificar os fatores climáticos mais associados às variações nos anéis de crescimento (Hughes, 2002; Oberhuber; Gruber, 2010). Esses fatores podem atuar antes ou durante a estação de crescimento, variando conforme latitude, altitude e condições locais (Fritts, Harold C., 1971). As espécies apresentam diferentes sensibilidades climáticas, respondendo de forma distinta às variações ambientais (Boninsegna et al., 2009; Fritts, Harold C., 1971). O câmbio vascular, principal meristema lateral, é regulado por fatores genéticos e ambientais, sendo responsável pelo crescimento em diâmetro da árvore (Wimmer, 2002). Durante esse processo, a divisão celular e o espessamento da parede formam estruturas visíveis na madeira (Gartner et al., 2002; Roquette; Lobo; Curado, 2019).

Estudos fenológicos têm se mostrado eficazes na análise dos impactos climáticos sobre diferentes ecossistemas, auxiliando na compreensão da dinâmica vegetativa e reprodutiva (Morellato et al., 2000). Essa abordagem evidencia a sensibilidade das espécies às mudanças climáticas (Cavalcante Da Cruz et al., 2020). Fatores abióticos, como disponibilidade hídrica, atuam como sinais para o desenvolvimento reprodutivo, sendo que em florestas temperadas, como no México, a estação chuvosa coincide com o início da produção de flores e frutos (Cortés-Flores et al., 2013; Valdez-Hernández et al., 2010).

Entretanto, variáveis ambientais como temperatura, umidade, intensidade e qualidade da luz, além das propriedades químicas do solo, podem variar dentro de uma mesma área. Essas variações criam microambientes, impulsionando modificações locais do clima resultantes de diferenças de altitude, declividade e orientação do terreno (Cavalcante Da Cruz et al., 2020; Chen Jiquan; Franklin; Spies, 1995). Tais fatores influenciam diretamente o crescimento e o desenvolvimento das espécies arbóreas, condicionando sua resposta às mudanças ambientais.

No caso da *Cedrela fissilis*, estudos sobre mudanças climáticas e seus efeitos na distribuição da espécie demonstram que cronologias construídas em regiões subtropicais indicam maior influência da temperatura sobre o crescimento. Em especial, destacam-se a temperatura do mês de maio do período anterior de crescimento e a de novembro durante a estação de crescimento, não sendo identificadas relações significativas com a precipitação (Andreacci; Botosso; Galvão, 2013). Ainda assim, os autores ressaltam a presença de sinais climáticos na cronologia, evidenciando que a precipitação entre dezembro e abril da estação anterior explica grande parte da variação anual de crescimento da espécie.

2.3 Potencialidade espécie arbórea (*Cedrela fissilis*) para estudos dendroclimáticos nos neotrópicos

As florestas tropicais secas figuram entre os biomas sazonalmente mais diversos e, ao mesmo tempo, mais ameaçados da América (Camarero; Mendivelso; Sánchez-Salguero, 2020). Nessas formações, diversas espécies arbóreas coexistem, mas suas respostas fisiológicas, como o crescimento em longo prazo em função das variações climáticas, ainda permanecem pouco conhecidas, evidenciando a necessidade de estudos adicionais (Camarero; Mendivelso; Sánchez-Salguero, 2020; Ortega Rodriguez et al., 2023)

Pesquisas têm demonstrado que espécies arbóreas neotropicais apresentam capacidade adaptativa ao ajustar seu crescimento conforme a disponibilidade hídrica, o que lhes confere maior resiliência frente a períodos de seca (Camarero; Mendivelso; Sánchez-Salguero, 2020; Ortega Rodriguez et al., 2023). Contudo, ainda não está plenamente elucidado de que forma

essas árvores modulam suas respostas de curto prazo (expressas na variação da largura e densidade dos anéis de crescimento) e como mantêm sua resiliência em escalas temporais mais longas.

Entre esses atributos que reforçam o potencial da *Cedrela fissilis*, incluem-se sua ampla distribuição geográfica, fenologia foliar decidual e anéis de crescimento anatomicamente distintos (Pereira et al., 2018). Outro aspecto favorável, descrito por Brienen et al. (2010), é a tendência da espécie em formar sistemas radiculares superficiais, o que aumenta a sensibilidade climática do crescimento radial às variações de precipitação e aos níveis de umidade do solo. Essas características reforçam o potencial da *C. fissilis* como espécie-chave para a reconstrução climática em regiões tropicais, especialmente em ecossistemas sujeitos a forte sazonalidade.

2.3.1 Características gerais

A espécie *Cedrela fissilis* pertence à família Meliaceae (Tabela 1), reconhecida por sua importância ecológica e econômica. De forma feral, a espécie se desenvolve em árvores de grande porte, com crescimento rápido e madeira de alta qualidade, muito utilizada na indústria madeireira (Barros et al., 2024; Cerrillo et al., 2013; Cervi; Linsingen; Patrício, 2008; Navarro; Ward; Hernández, 2002), com elevada qualidade da sua madeira, utilizada na fabricação de móveis, instrumentos musicais e na construção civil. Sua madeira dela possui um cheiro característico, o que contribui para sua identificação (Stefano; Calazans; Sakuragui, 2011).

Tabela 1 - Classificação taxonômica do gênero *Cedrela fissilis*

Reino:	<i>Plantae</i>
Filo:	<i>Tracheophyta</i>
Classe:	<i>Magnoliopsida</i>
Ordem:	<i>Sapindales</i>
Família:	<i>Maliáceas</i>
Gênero:	<i>Cedrela</i>
Espécie:	<i>C. fissilis Vellozo.</i>

Fonte: adaptado pelo Autor (2026), baseado em site da GBIF.org

A *Cedrela fissilis* é uma espécie arbórea caducifólia, com 10 a 25 m de altura e 40 a 80 cm de DAP, podendo atingir até 40 m de altura e 300 cm de DAP. Na idade adulta apresenta um tronco cilíndrico, reto ou com ligeira tortuosidade, com ausência de sapopemas ou quando presentes, pouco desenvolvidas. O fuste desta árvore pode atingir até 15 m de comprimento, e a sua casca possui uma espessura de até 40 mm, com tonalidade marrom a pardo-acinzentada na parte externa, e apresenta fissuras longitudinais profundas e largas. Possui uma copa alta,

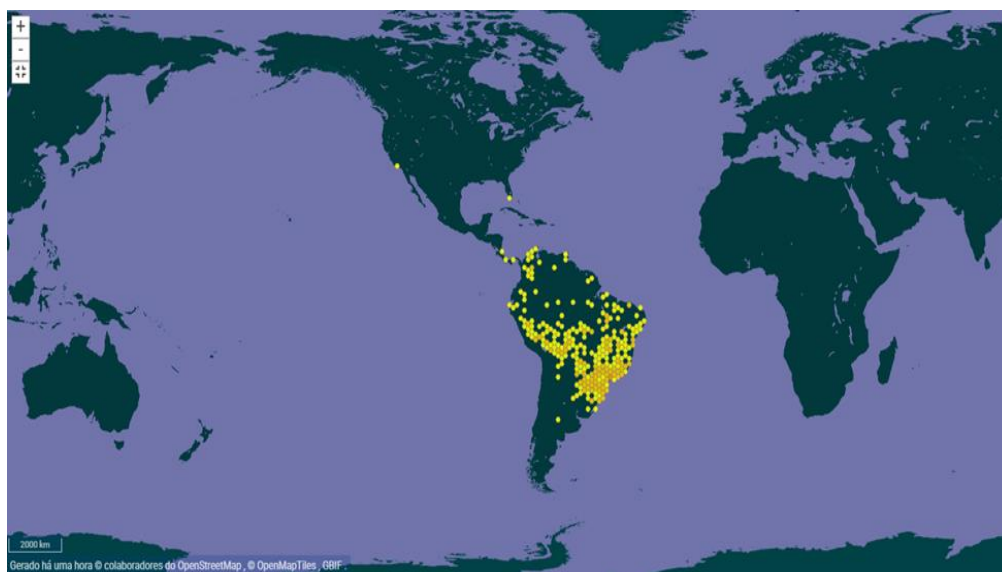
com galhos mais espaçados, múltipla, corimbiforme. As folhas são compostas, paripinadas, geralmente com 25 a 45 cm, até 140 cm de comprimento (Carvalho, 2003).

2.3.2 Distribuição geográfica nos neotrópicos

A *Cedrela fissilis* tende a ter uma distribuição mais restrita e é considerada uma espécie ameaçada. A espécie é nativa das Américas (Stefano; Calazans; Sakuragui, 2011), e apresenta ampla distribuição (Fig. 1), embora esteja sofrendo declínio populacional devido à superexploração e às mudanças nas características ambientais. A sua distribuição ocorre em regiões tropicais e subtropicais da América Latina, desde o México até a Argentina, com ampla distribuição nos países da América Central (Pennington; Styles; Taylor, 1981).

Estas espécies têm a Amazônia como o seu centro de origem, mas sua ocorrência estende-se até o Estado de Santa Catarina (Stefano; Calazans; Sakuragui, 2011). No Brasil, o *C. fissilis* possui distribuição muito ampla, compreendendo latitudes de 1° S (Pará) a 33'S (Rio Grande do Sul) (Angeli; Barrichelo; Müller, 2005), podem ser encontradas no Norte (Amapá, Pará, Amazonas, Acre, Rondônia), Nordeste (Maranhão, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Bahia), Centro-Oeste (Mato Grosso, Goiás, Distrito Federal, Mato Grosso do Sul), Sudeste (Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Rio de Janeiro), Sul (Paraná, Santa Catarina) (CNCFlora, 2012;Stefano; Calazans; Sakuragui, 2011). Fora do Brasil há registros de sua ocorrência no Equador, nas Antilhas, Trinidad e Tobago, e México (Lorenzi, 1998).

Figura 1 - Locais de ocorrência do *Cedrela fissilis* a nível mundial



Fonte: Obtido no site da (GBIF.org, [sem data]) (<https://www.gbif.org/>; acessado em 13 de maio de 2025), a uma resolução 2000 km.

De acordo Angeli; Barrichelo; Müller (2005), a *C. fissilis* ocorre em altitudes de 5 a 1.800 metros, em terrenos ondulados a montanhosos. Isso também está associado a formações

florestais caducifólias tropicais, o seu crescimento e fenologia são influenciados por temperatura e precipitação, sendo mais comum em áreas de clima tropical úmido. Pesquisas realizadas por Carvalho (2003), em Viçosa, Estado de Minas Gerais, indicam que a *C. fissilis* ocorre em áreas de clima tropical úmido, com estações chuvosas e secas bem definidas. Também é adaptado aos tipos climáticos, segundo a classificação de Köppen, subtropical úmido, subtropical de altitude e tropical. A precipitação média anual na região varia entre 1.200 e 1.500 mm, influenciando o ciclo fenológico da espécie. A temperatura média anual gira em torno de 19°C a 22°C, favorecendo o crescimento da árvore (Angeli; Barrichelo; Müller, 2005).

2.3.3 Aspectos ecológicos

A *Cedrela fissilis* é uma espécie que se comporta como secundária inicial ou secundária tardia. Ocorre tanto na floresta primária, principalmente nas bordas da mata ou clareiras, como na floresta secundária, porém nunca em formações puras, possivelmente pelos ataques severos da broca-do-cedro e pela necessidade de luz para desenvolver-se, dependendo, portanto, da formação de clareiras. As principais regiões fitoecológicas de ocorrência são Floresta Ombrófila Densa (Floresta Atlântica e Floresta Amazônica), Floresta Ombrófila Mista (Floresta com Araucária), Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Estacional Decidual. Também a sua ocorrência se estende, de modo mais restrito, nos encaves de vegetação no Nordeste Brasileiro, nos campos da Serra da Mantiqueira, no Cerradão e nas matas de galerias (em ambientes mais secos) nessas fitofisionomias do bioma Cerrado (Nave; Rodrigues; Gandolfi, 1997). Quanto ao tipo de solo, esta espécie ocorre em solos profundos e úmidos, de textura argilosa a areno-argilosa, e bem drenados. Não se desenvolve adequadamente em solos mal drenados, rasos ou com lençol freático superficial, e também apresenta crescimento pouco afetado em solos contaminados por metais pesados (Angeli; Barrichelo; Müller, 2005; Marques; Moreira; Siqueira, 2000).

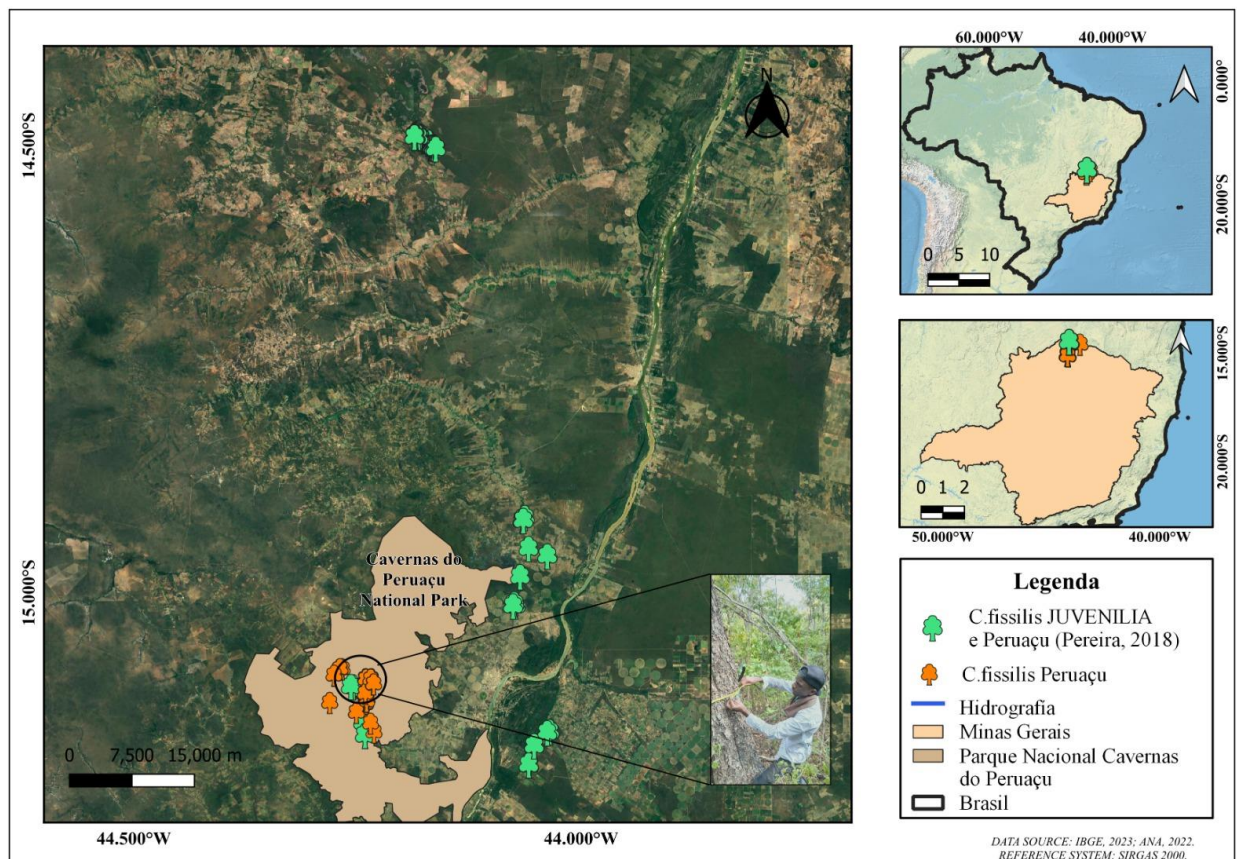
As mudanças climáticas representam uma grave ameaça à biodiversidade, afetando diretamente a distribuição e a abundância das espécies em seus habitats (Campos et al., 2021). A espécie *Cedrela fissilis* apresenta uma ampla ocorrência ao longo da Amazônia Legal, conforme descrito pelo IBGE (2022). Sua distribuição geográfica é fortemente influenciada por fatores edáficos e climáticos, sendo o clima um dos principais determinantes na delimitação de suas populações naturais. A interação entre as características do solo e as condições ambientais regionais desempenha um papel crucial na adaptação e no crescimento da espécie, influenciando sua dinâmica populacional e a estrutura das florestas onde ocorre (Cardoso, S. M. C. et al., 2019).

3 METODOLOGIA

3.1 Caracterização da área de Estudo

A presente pesquisa foi realizada no Estado de Minas Gerais (Fig. 2), no município de Januária, no Parque Nacional Cavernas do Peruaçu.

Figura 2 - Mapa de localização das áreas de estudo



Onde: Cada árvore no mapa representa um indivíduo, e nestes, os pontos verdes representam os indivíduos amostrados coletas (por indivíduos) nas regiões por Pereira et al. (2018), e os da coloração marrom representam as da atual coleta.

Fonte: Autor (2026).

3.1.1 Clima e Relevo

O Estado de Minas Gerais, de acordo com Reboita et al. (2015), apresenta uma geografia peculiar, possuindo diferentes complexos topográficos como as serras da Mantiqueira, da Canastra e do Espinhaço, para além de não fazer fronteira com o oceano. As características climáticas da região do estado de MG são bastante variadas, sendo este influenciado por diversos fatores ambientais. Tais características influenciam diretamente o clima da região, pois a distância do oceano contribui para uma maior amplitude do ciclo diurno da temperatura do ar (Reboita; Krusche et al., 2015).

De acordo com a classificação de Köppen-Geiger, o estado de MG apresenta três principais tipos climáticos, com maior predominância do clima Aw, embora também presente, em algumas áreas, o clima subtropical de altitude e o clima tropical úmido, sendo: (I) Aw (clima tropical de savana com estação seca no inverno) cobrindo cerca de 67% da área total do estado, e este tipo de clima (Aw) se caracteriza por apresentar uma estação chuvosa no verão, nos meses de novembro a abril, e nítida estação seca no inverno, nos meses de maio a outubro (sendo julho o mês mais seco), (II) Cwa (clima temperado úmido com inverno seco e verão quente), cobrindo 21% e (III) Cwb (clima temperado úmido com inverno seco e verão moderadamente quente) em 11% da área (Hijmans et al., 2005; Sá Júnior, 2009).

A região o Norte do estado, que inclui os municípios de Januária e Juvenília, com base na classificação de Köppen-Geiger, a predomina o clima tropical de savana (Aw) (Reboita et al., 2015), e apresenta características climáticas e ambientais que refletem sua posição de transição entre o Cerrado e a Caatinga, caracterizado por verões chuvosos e invernos secos, com precipitação concentrada entre novembro e março e uma estação seca bem definida entre maio e setembro (Alvares et al., 2013). Além disso, uma porção do norte de MG, predomina o clima semiárido (BSh), especialmente em municípios limítrofes com a Bahia, como Juvenília, Montalvânia e Manga, onde há transição entre o Cerrado e a Caatinga, caracterizado por baixa pluviosidade anual, geralmente entre 300 e 800 mm, forte concentração das chuvas em poucos meses do ano e temperaturas médias superiores a 18 °C (Alvares et al., 2013). Essa configuração reflete a influência do semiárido baiano e resulta em paisagens de vegetação xerófila, com cactáceas, arbustos espinhosos e espécies adaptadas à escassez hídrica (Silva, J. M. C. Da; Leal; Tabarelli, 2018).

As temperaturas médias anuais variam entre 20 °C e 27 °C, com máximas que frequentemente ultrapassam 35 °C, o que reforça a tipificação de clima quente com sazonalidade pluviométrica acentuada. O extremo norte de MG é descrito como mais seco, e a precipitação nessa estação do ano é de cerca de 400 mm, e esses valores no inverno reduzem para aproximadamente 25 mm (Reboita; Rodrigues et al., 2015).

Importa salientar que, os menores totais anuais de precipitação ocorrem no norte do Estado e as temperaturas são influenciadas tanto pela latitude quanto pela topografia, com a região Sul apresentando médias anuais de cerca de 20°C e o Norte de 26°C. (Reboita; Krusche et al., 2015). Diferentemente do Norte, de acordo com Silva, E. D. Da; Reboita (2013), o setor Sul é o mais úmido, e os maiores totais de precipitação para o estado de MG ocorrem no verão e os menores no inverno. A MSA inicia sua fase úmida no final de setembro e início de outubro, atingindo a maturidade entre o final de novembro até final de fevereiro, e decai entre março e

abril (Vera et al., 2006). De forma geral, as menores médias das temperaturas (mínima, média e máxima) ocorrem no sul do estado em detrimento do norte, fato associado tanto com a maior latitude dessa região quanto à elevação topográfica (Reboita; Rodrigues et al., 2015; Silva, L. J. Da; Reboita; Rocha, 2014), diferenciando-se da região norte que tende a apresentar as maiores médias ao longo do ano.

3.1.2 Vegetação

As diferentes formas de relevo em MG, associadas às peculiaridades do solo e clima, favorecem na formação de paisagens distintas, cobertas por vegetações características, adaptadas a cada um dos ambientes particulares inseridos no domínio de três principais biomas brasileiros: o Cerrado, a Mata Atlântica e a Caatinga (Coura, 2006).

De acordo com o Mapa de Biomas do Brasil (IBGE, 2022), o domínio do Cerrado, localizado na região centro-ocidental do estado de MG ocupa cerca de 54% da extensão territorial, o domínio da Mata Atlântica, localizado na parte oriental com cerca de 40% da área e o domínio da caatinga, bem restrito ao norte do Estado, ocupa cerca de 6% do território mineiro. Como referido anteriormente, o domínio do cerrado, é o maior bioma do Estado, e este, predomina especialmente nas bacias dos rios São Francisco e Jequitinhonha. De acordo com Coura (2006), nesse bioma as estações seca e chuvosa são bem definidas e a vegetação é composta por gramíneas, arbustos e árvores.

A Mata Atlântica é dita como o segundo maior bioma de Minas. A vegetação deste tipo de bioma é densa e sempre verde, e o índice pluviométrico nessas regiões é muito elevado. Nesses ecossistemas as árvores apresentam umas folhagens muito grandes e lisas, com predominância de bromélias, cipós, samambaias, orquídeas e líquens (Coura, 2006). A Mata Seca, por sua vez, aparece na região norte do Estado, no vale do rio São Francisco. Essas ricas formações vegetais se caracterizam pela presença de plantas espinhosas, galhos secos e poucas folhas na estação seca. E a caatinga está localizada no Norte do Estado. É um bioma único no mundo, ou seja, grande parte das espécies de animais e plantas dessa região não é encontrada em nenhum outro lugar do planeta (Coura, 2006).

Baseando-se no Mapa da Flora Nativa e dos Reflorestamentos de MG, um estudo feito pelo IEF (Instituto Estadual de Florestas – MG, 2006) em parceria com a UFLA (Universidade Federal de Lavras) em 2009, com dados atualizados em 2019, mostra que cerca de 32,9% do território de Minas são de áreas remanescentes da cobertura vegetal nativa, divididos assim entre os biomas: Cerrado: 22,3%, Mata Atlântica: 9,5%, Caatinga (Floresta Estacional Decidual): 1,1% (Silva, R. C. Da, 2016).

3.2 Amostragem e preparo das amostras dendrocronológicas

A coleta das amostras foi feita no Parque Nacional Cavernas do Peruaçu, localizada no Município de Januária, Minas Gerais, Região Sudeste de Brasil (-15.26343 -44.37711 -14.91414 -44.07075), com altitude média: 643 m (mín: 441 m; máx: 837 m), onde foram coletadas amostras de 40 indivíduos (Tab. 2).

Tabela 2 - Coleção das amostras

Sítio	Coordenadas	Nr. de árvores amostradas	Nr. de amostras (raios)	Observações gerais	DAP (cm)	H (m)
Januária (PNP)	-15.26343 -44.37711 -14.91414 -44.07075	40	102	Mínimo	10.51	8.5
				Máximo	78.62	25
				Mediana	42.65	16

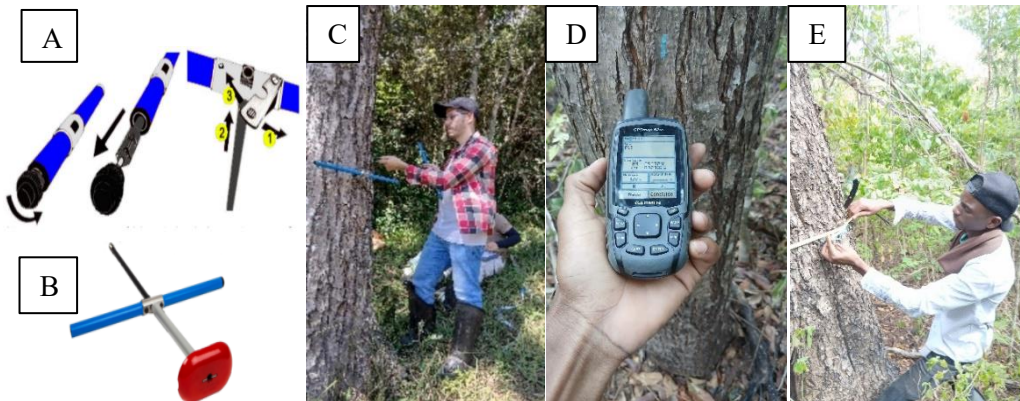
Fonte: Autor (2026).

A seleção dos indivíduos foi feita com base no critério da sua acessibilidade, fitossanidade e diâmetro. Somente os indivíduos com um diâmetro mínimo aceitável (tamanho mínimo do DAP ≥ 10 cm) pré-estabelecido a altura acima do solo de 1.30 m foram considerados favoráveis para compor a amostragem de modo a controlar os distúrbios causados pelas raízes das árvores (Schaub; Kaiser; Kromer, 2003). Também foram consideradas as variáveis ambientais com influência direta na formação florestal, destacando-se os fatores climáticos (temperatura, incidência solar e precipitação), os topográficos (altitude, exposição solar ou orientação das encostas e forma do relevo). Foram coletadas as variáveis de crescimento (altura e diâmetro das árvores), consideradas fundamentais para as análises do incremento e distintos padrões de comportamento das espécies.

Com auxílio do GPS (*Global Position System*), foram obtidas as informações de Latitude e Longitude, altitude e posição de coleta, de cada indivíduo amostrado, e com a fita diamétrica, as informações alfanuméricas (DAP). Posteriormente as informações foram tabuladas em planilhas em formato *Excel* do pacote *Microsoft* (ver.2016), de modo a facilitar os processos de análises, geração de gráficos e tabelas (Azevedo et al., 2024).

A extração das amostras foi feita a partir do método não destrutivo, com auxílio da sonda de Pressler (5 mm) dependendo do DAP de cada árvore (Fig. 3), onde foram extraídas entre 2 a 3 amostras radiais por indivíduo. Estas, foram fixadas em suportes de madeira (Fig. 4c), como descrito por Andreacci; Botosso; Galvão (2013), de modo a expor os elementos anatômicos em sentido longitudinal.

Figura 3 - Processo de coleta de dados em campo

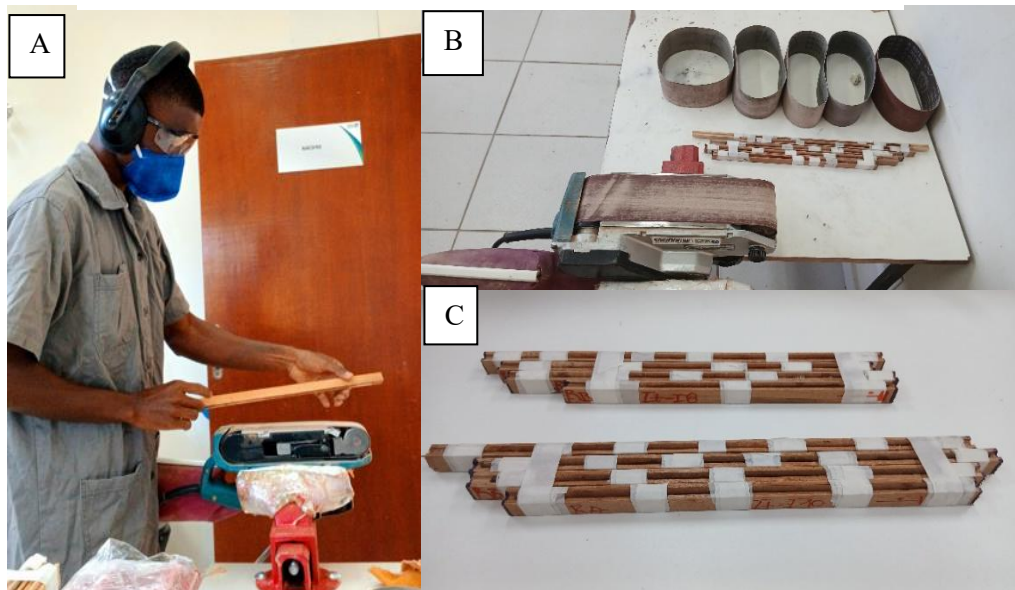


Onde: Trado de incremento (broca, extrator e cabo) em partes (A); já montado (B), Coleta das amostras (C), Levantamento das coordenadas geográficas (D) e Mensuração do Diâmetro (E).

Fonte: Autor (2026).

Adiante, as amostras foram polidas na secção transversal, com lixas de diferentes grãos de 80 até 2000 (Fig. 4a, b), proporcionando assim, o melhor contraste na visibilidade dos anéis de crescimento.

Figura 4 - Processamento das amostras na oficina



Onde: lixamento (A); mesa de trabalho com as lixas de diferentes granulações (B); amostras no suporte de madeira (C).

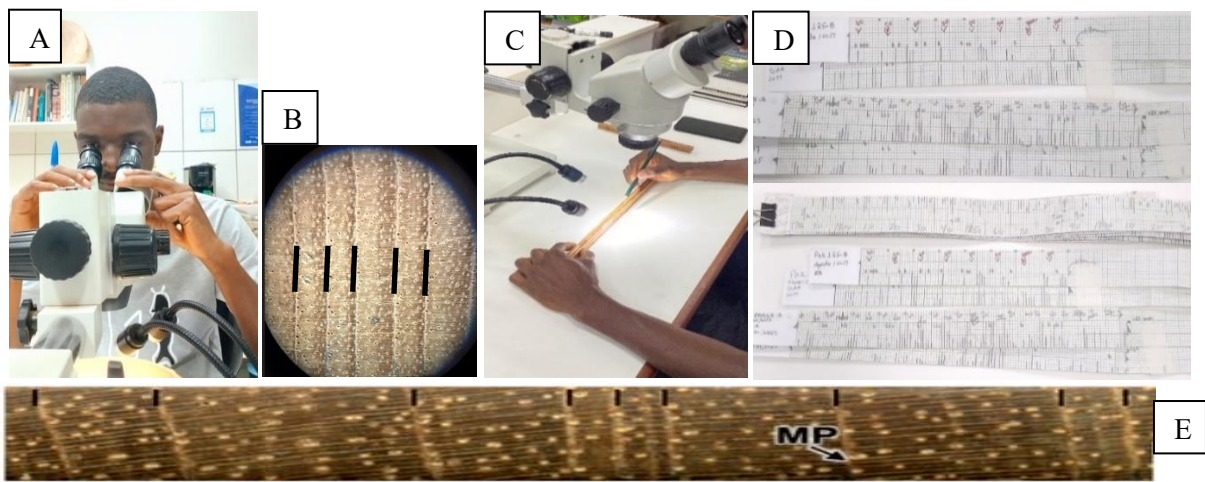
Fonte: Autor (2026).

3.3 Análises dos anéis de crescimento

Por meio de uma lupa microscópica (Fig. 5a, b, c), realizou-se as observações e contagem dos anéis de crescimento dos raios (sentido medula - casca), posteriormente as marcações observadas foram plotadas num gráfico subjetivo (*Skeleton plots* – Fig. 5d). Stokes; Smiley (1968), demonstrando os padrões de crescimento no tamanho dos anéis observados. Em

seguida, fez-se as comparações das informações obtidas em cada raio do mesmo indivíduo e cruzadas com os demais raios de outros indivíduos (Fig. 5d), permitindo uma datação cruzada e análise mais detalhada. De acordo com Pires et al. (2023), essa técnica consiste em representar graficamente as diferenças na espessura dos anéis, enfatizando os anos de crescimento reduzido ou moderado. Esse método, ajuda na sincronização dos dados entre diferentes indivíduos e/ou locais, tornando possível a construção de cronologias precisas para estudos climáticos.

Figura 5: Observação e contagem dos anéis de crescimento em amostras e construção gráfica.

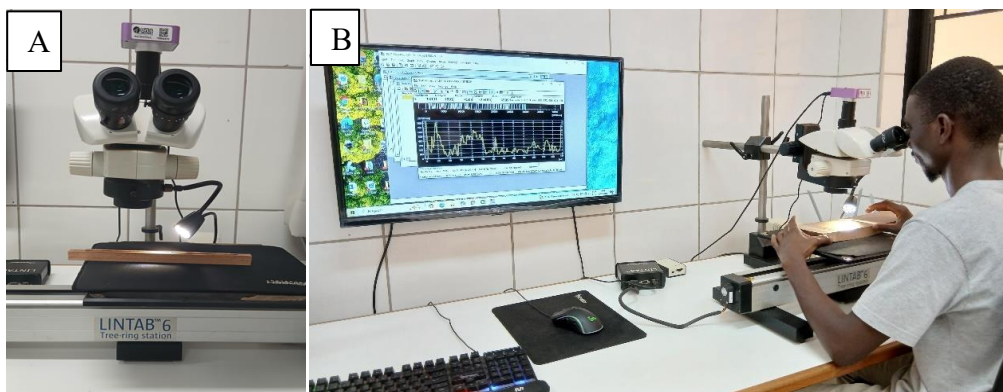


Onde: Observação e contagem dos anéis (Fig. 5a, b, c), representação gráfica (Fig. 5d); Anéis marcados (fig.5e), MP = parênquima marginal.

Fonte: Autor (2026).

Após a etapa de datação, as larguras de cada anel de crescimento das séries individuais (raios datados) foram observadas e mensuradas utilizando o microscópio estereoscópico e mesa de mensuração de anéis de crescimento “*Tree-ring station LINTAB 6*” (Fig. 6a) com precisão de 0,01 mm (Schaub; Kaiser; Kromer, 2003; Schikowski et al., 2010), e uso do Software “*Time Series Analysis and Presentation (TSAP-Win™ Scientific ver.4.89)*”, como demonstra (Fig. 6b).

Figura 6 - Medição dos anéis das árvores no LINTAB 6 (Tree-ring station), e TSAP-Win



Fonte: Autor (2026), Laboratório de Dendrocronologia da UFLA (DCF).

Segundo Ghofrani (2018); Rinn (1996), o TSAP-Win é Software de análise de séries temporais usado para análises em dendrocronologia, mudanças climáticas, padrões ecológicos, estudos de crescimento e produtividade, assim como qualquer aplicação que exija análises precisas de anéis anuais. Após a medição, foi feita a datação cruzada entre raios da mesma árvore e entre árvores.

3.4 Construção das cronologias

Após a medição dos anéis de crescimento de todas as séries datadas, foi realizada a análise estatística de verificação da qualidade de datação das séries cronológicas utilizando o software COFECHA. Em seguida, foram selecionadas as amostras com maior correlação na datação, possibilitando o cruzamento posterior com dados climáticos para identificação de padrões e tendências, e as cronologias foram geradas utilizando o programa ARSTAN (Andreacci; Botosso; Galvão, 2013).

Para se calcular os índices de $Rbar$ (1) e de EPS (2), utilizou-se as seguintes fórmulas:

$$Rbar = \frac{2}{N(N-1)} * \sum r(ij) \quad (1)$$

$$EPS = \frac{N * Rbar}{N * Rbar + (1 - Rbar)} \quad (2)$$

Onde:

- r_{ij} – é a correlação entre as séries i e j ;
- N – o número das séries;
- $Rbar$ – Correlação média entre as séries;
- EPS – Sinais Populacional Expresso (*Expressed population Signal*).

3.5 Análises de correlações dendroclimatologia

Posteriormente, os dados dendrocronológicos (std) foram correlacionados com informações climáticas e hidrológicas instrumentais da região, abrangendo variáveis como temperatura, precipitação, vazão dos rios e índices de seca. Cabe destacar que houve uma limitação na obtenção dos dados de vazão para todo período em análise, sendo estes disponíveis apenas até o ano de 2015. As informações utilizadas foram provenientes de fontes confiáveis, incluindo estações meteorológicas locais e regionais, além de bancos de dados globais, como o WorldClim, a Agência Nacional de Águas (ANA), o Climate Research Unit (CRU) e o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Inicialmente foi verificado a relação crescimento-clima da espécie na região de estudo. Para isso foi feita a comparação com os dados climáticos mensais, utilizando análises de

correlação simples e correlação parcial, de modo a identificar quais variáveis climáticas (precipitação e temperatura sazonal) ou hidrológicas (vazão dos rios) estão mais fortemente relacionadas ao crescimento das árvores, permitindo sua posterior utilização na reconstrução de séries climáticas. Neste, foi aplicada a técnica de regressão por componentes principais (PCA regression) (Cook, Edward R. et al., 1999), para a calibração dos dados de anéis de crescimento com as variáveis climáticas observadas. Para evitar dependências espúrias nas séries temporais antes da regressão, as propriedades autorregressivas das séries foram analisadas, e autocorrelações de baixa ordem foram removidas, conforme recomendação metodológica (Fritts, Harold C., 2001).

Após a obtenção dos resultados, procedeu-se a uma comparação com as cronologias de Pereira et al. (2018), sendo uma do mesmo sítio (PRI e PNP) e outra de sítios distintos (PRI e BRA002), como etapa de validação externa e ampliação espacial das inferências. Essa prática, consolidada na dendrocronologia, combina verificação cruzada (*crossdating*) e avaliação de métricas de qualidade (Rbar, EPS, sensibilidade) para assegurar a robustez do sinal comum e a confiabilidade de reconstruções (Cook, E.R.; Kairiukstis, 1990; Fritts, 1976; Wigley; Briffa; Jones, 1984). A comparação entre sítios permite separar sinal climático regional de efeitos locais (solo, microclima, manejo) e identificar janelas temporais confiáveis para interpretação (Schweingruber, 1996), sendo especialmente útil nos trópicos para validar respostas a teleconexões como ENSO e anomalias atlânticas (Granato-Souza et al., 2019; Schöngart et al., 2004). Estudos críticos sobre padronização (*detrending*) e sensibilidade metodológica reforçam a necessidade de comparar cronologias produzidas com diferentes tratamentos para evitar vieses metodológicos (Brienen; Gloor; Ziv, 2017; Peters et al., 2015).

Para observar os efeitos de eventos climáticos de larga escala, realizou-se análises sazonais (separando período úmido e seco) para identificar quando a série foi mais sensível às variáveis hidrometeorológicas. Em seguida fez-se *composites* de eventos para ENSO (El Niño/La Niña), TNA e TSA, comparando médias dos Índice de Largura dos Anéis (*Ring-Width Index RWI*) em anos de anomalia forte versus anos neutros, seguindo a abordagem descrita por Schöngart et al. (2004), e as sínteses sobre impactos de ENSO (Cai et al., 2020).

O cálculo do *Ring-Width Index* (RWI) consiste em dividir a largura observada de cada anel pelo valor esperado de crescimento, obtido por meio de curvas de padronização, de modo a remover tendências biológicas relacionadas à idade ou ao tamanho da árvore e destacar apenas as variações associadas ao clima. Esse procedimento é fundamental para a construção de cronologias comparáveis e robustas, permitindo análises dendroclimáticas e reconstruções ambientais de longo prazo. Conforme destacado por Fritts, H C. (1976), o uso de índices

padronizados é essencial para separar os sinais climáticos das tendências de crescimento intrínsecas às árvores. Cook, E.R.; Kairiukstis (1990) consolidaram metodologias que tornaram o RWI uma ferramenta central na dendrocronologia aplicada às ciências ambientais. Mais recentemente, Xu et al. (2017), demonstraram empiricamente que os índices de largura dos anéis são bons proxies da variação anual da produtividade florestal em ambientes temperados, reforçando a relevância do RWI como indicador ecológico e climático.

Aplicou-se testes de estabilidade temporal (definindo janelas móveis de correlação, *split-period* e testes de homogeneidade), para verificar se as relações climáticas se mantiveram ao longo das décadas, conforme as recomendações metodológicas de Wigley et al. (1984) e avaliações críticas posteriores. Essas etapas permitiram confirmar se o sinal climático detectado era consistente e sazonalmente relevante ou não, além de ajudar a distinguir efeitos locais de teleconexões de larga escala. A opção por análises sazonais foi justificada pelos estudos que mostram maior sensibilidade dendrocronológica na estação úmida em regiões tropicais (Granato-Souza et al., 2019), e pelos procedimentos metodológicos aplicados para divisão sazonal e testes de correlação (Cook, E.R.; Kairiukstis, 1990). Os *composites* foram adotados para isolar respostas a extremos climáticos, conforme aplicado por Schöngart et al. (2004), e para separar sinais de eventos extremos da variabilidade interanual comum (Cai et al., 2020).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análises estatísticas da série cronológica (1965 - 2025)

Após a análise laboratorial e dos dados obtidos, uma nova cronologia de anéis de crescimento de *Cedrela fissilis* foi desenvolvida para região do norte do estado de Minas Gerais, cobrindo um período de 1965 a 2025 (Tabela 3).

Tabela 3 - Resumo estatístico da cronologia

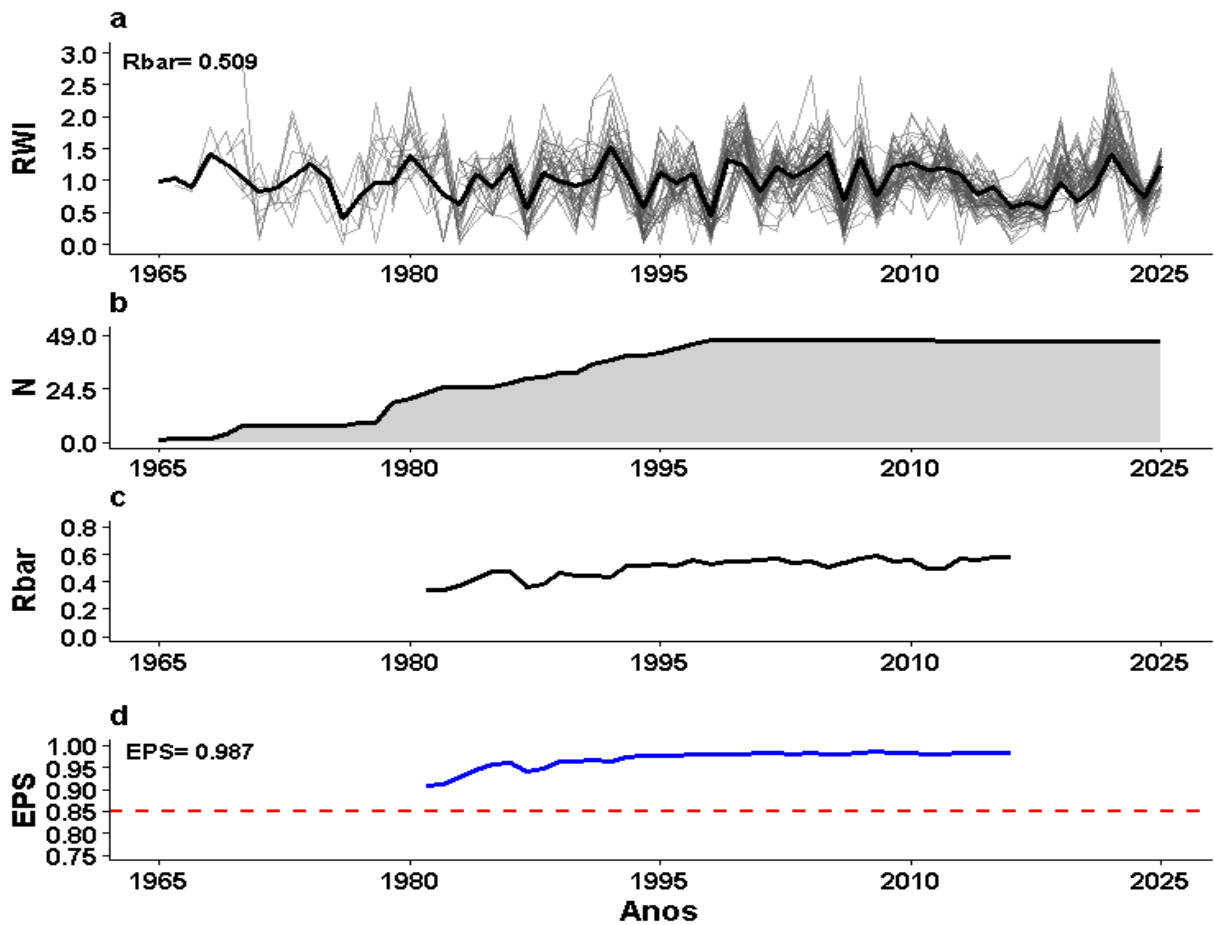
Descrição	Observações
Árvores datadas	27/40
Nr. árvores selecionadas	19/27
Período de análise	1965 - 2025
Sensibilidade média	0,445
Correlação entre as séries	0,719
Média Rbar	0,509
EPS	0,987

Fonte: Autor (2025).

Após contagem e medição dos anéis de crescimento de cada raio bem marcado, sinais comuns entre as árvores foram identificados, o que permitiu a datação em diferentes séries de larguras de anéis de crescimento. Importa referir que nem todos raios foram possíveis a sua marcação, pois algumas amostras foram danificadas durante a coleta e no preparo e outras apresentavam anomalias indesejadas (tortuosidade e podridão), sendo que essas foram descartadas da análise devido às tais irregularidades (Schons et al., 2025).

Foram datadas 27 árvores (62 séries), dessas foram selecionadas cerca de 19 árvores com alta correlação entre séries, onde obteve-se 49 séries, das quais foram utilizadas para a cronologia final. A sensibilidade média da cronologia foi 0,445, indicando uma resposta moderada interanual das larguras de anel a variações ambientais. A correlação entre as séries foi de 0,719 e o Rbar de 0,509 e o EPS foi de 0,987, acima do valor limite recomendado de 0,85 (Fig. 7, b, c, d abaixo), como descrito por (Schons et al., 2025; Wigley; Briffa; Jones, 1984).

Figura 7 - Séries dendrocronológicas individuais (linhas finas) e cronologia resultante (linha grossa) (1965-2025)



Onde: (a); esforço amostral (n) a cada ano da cronologia (b); estatística $Rbar$ de correlação entre séries (c); estatística EPS (d).

Fonte: Autor (2026).

Análise estatísticas da série cronológica acima demonstra que o índice de largura dos anéis (RWI) apresenta padrão médio de flutuações coerentes com eventos climáticos variados (vide fig 7.a). Worbes (1995), mostrou que espécies tropicais respondem fortemente à precipitação sazonal, com o índice de largura dos anéis sensível à duração e início da estação chuvosa. O RWI das árvores é um indicador sensível ao clima, capaz de refletir a variabilidade dos estressores ambientais que limitam o crescimento, principalmente para espécies tropicais e subtropicais que apresentam alta variabilidade na formação de seus anéis de crescimento, influenciada por interações complexas de múltiplos fatores (Cherubini; Battipaglia; Innes, 2021).

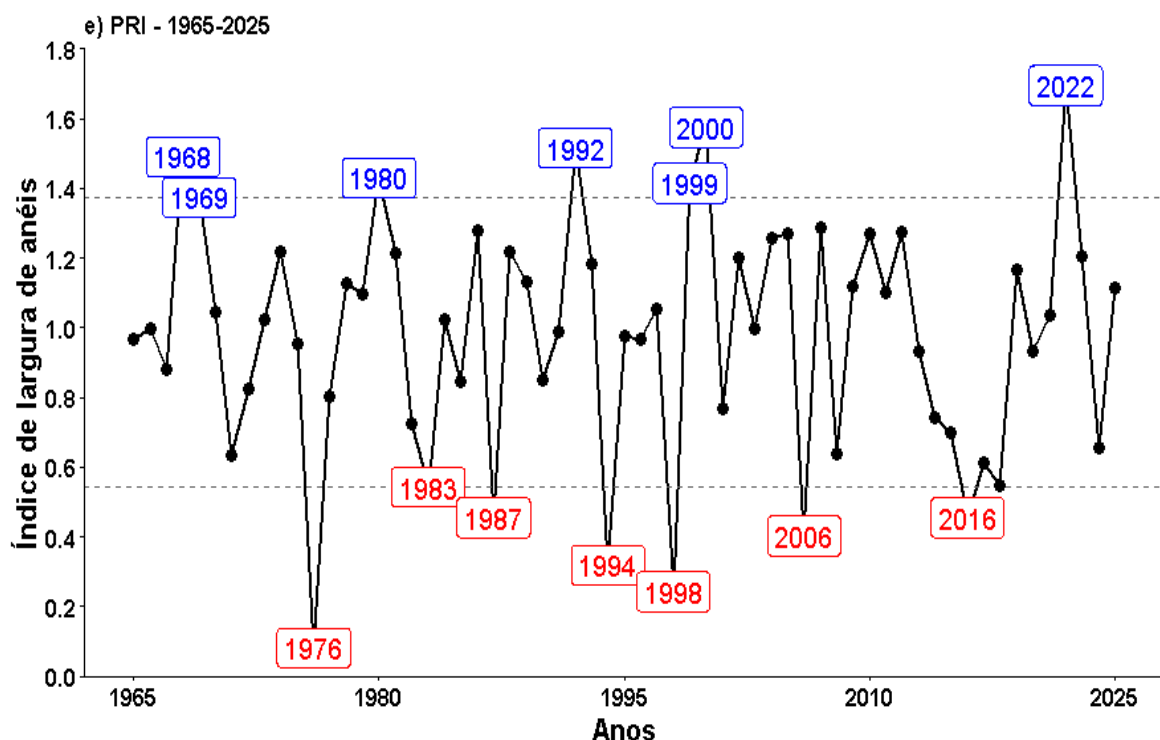
O valor médio de correlação entre séries $Rbar = 0.509$, demonstra uma consistência moderada a forte entre as séries analisadas, refletindo a presença de um sinal climático compartilhado entre árvores. Cook, E.R.; Kairiukstis (1990), definem $Rbar$ como um dos

principais indicadores de qualidade para reconstruções climáticas confiáveis. O *Expressed Population Signal* (EPS), obtém-se um valor de aproximadamente 0.987, muito acima do limiar de 0.85 proposto por Wigley et al. (1984), o que se tem considerado excelente, confirmando a robustez estatística da cronologia. Estudos como de Briffa et al.,(2001), destacaram que cronologias com elevado EPS são capazes de capturar de forma confiável a variabilidade climática regional, e Briffa et al. (1988); Esper et al. (2002), mostraram que cronologias com EPS elevado são capazes de detectar variações climáticas de baixa frequência, mesmo em latitudes tropicais. Ainda, demonstraram que cronologias densas e bem correlacionadas são essenciais para reconstruções de alta frequência, permitindo identificar eventos extremos e tendências de longo prazo, e a padronização adequada e a estabilidade de R_{bar} são essenciais para reconstruções confiáveis. Cook & Kairiukstis (1990), consolidaram o uso do EPS como métrica de qualidade, estabelecendo que valores superiores a 0.85 indicam que a cronologia representa adequadamente o sinal populacional. Esper et al. (2003), reforçaram que cronologias com EPS acima de 0.90 são altamente confiáveis para estudos paleoclimáticos.

4.2 Índice de largura de anéis de crescimento em função do tempo (1965 - 2025)

O índice de largura de anéis (RWI, Fig 8), apresenta oscilações interanuais que refletem a forte sazonalidade hídrica do semiárido e a influência climática de grande escala.

Figura 8 - RWI da série temporal (1965 - 2025) com variações interanuais marcantes



Fonte: Autor (2026).

Analisados os anos extremos durante o período analisado, resultados (Fig. 8) demonstram que os anos de 1968-1969, 1980, 1992, 1999 - 2000 e 2022, foram de maior índice de crescimento, o que sugere existência de fatores climáticos favoráveis, como chuvas mais bem distribuídas, recarga hídrica adequada e menor estresse térmico, o que pode estar relacionado com períodos de recuperação pós-seca, e compatíveis com fases La Niña ou condições regionais úmidas que favorecem a atividade cambial. Em contraste, observou-se que os anos de 1976, 1983, 1987, 1994, 1998, 2006 e 2016, foram os que tiveram menor índice de crescimento radial, e estes mostram-se coerentes com episódios de seca e El Niño fortes (1981–82, 1997–98, 2015–16). Esses resultados obtidos também corroboram com eventos documentado por Pereira et al. (2018), nos anos de 1976, 1987 e 1997, e Magdoff (2005); Muraja et al. (2023), que obtiveram resultados semelhantes nesse intervalo analisado (1982–1983 e 1997–1998), historicamente associados a anomalias de precipitação e temperatura em partes do Brasil que podem reduzir a largura dos anéis por estresse hídrico, quando a precipitação tende a diminuir e a demanda evaporativa aumenta, reduzindo a assimilação e o incremento radial ocasionando alterações na fenologia (Grimm, 2003; Marengo et al., 2012).

Importante realçar que para além das convergências com os resultados dos demais autores citados anteriormente, os anos divergentes podem se dar devido aos efeitos cumulativos das condições climáticas de estações chuvosas e/ou de déficit hídrica do período anterior e fraca disponibilidade hídrica, o que pode afetar o crescimento das espécies no ano subsequente.

Esse padrão sugere alternância entre períodos favoráveis e restritivos ao crescimento radial, comportamento ligado a influência de variabilidade climática de grande escala (especialmente eventos ENSO) sobre disponibilidade hídrica, temperatura e sazonalidade, fatores que modulam a assimilação de carbono e a alocação para crescimento cambial (Cook, E.R.; Kairiukstis, 1990; Fritts, H C, 1976). Em florestas tropicais sazonalmente secas, como as do entorno do São Francisco, o sinal dendroclimático é predominantemente hídrico, onde a largura dos anéis responde positivamente à disponibilidade de água e negativamente a déficits prolongados, fato que também foi observado em estudos dendroclimatológicos conduzidos na bacia do São Francisco que aplicaram padronização e co-datação para isolar o sinal climático em cronologias de espécies sensíveis (Pereira et al., 2018).

A redução nos índices de largura dos anéis em 1976 e 1987 também é coerente com fases de aquecimento do Pacífico e reorganizações de regime que afetam a circulação atmosférica sobre a América do Sul, potencialmente intensificando secas regionais. Resultados semelhantes também foram observados por Pereira (2018), destacando esses anos como de maior índice de seca na região em estudo.

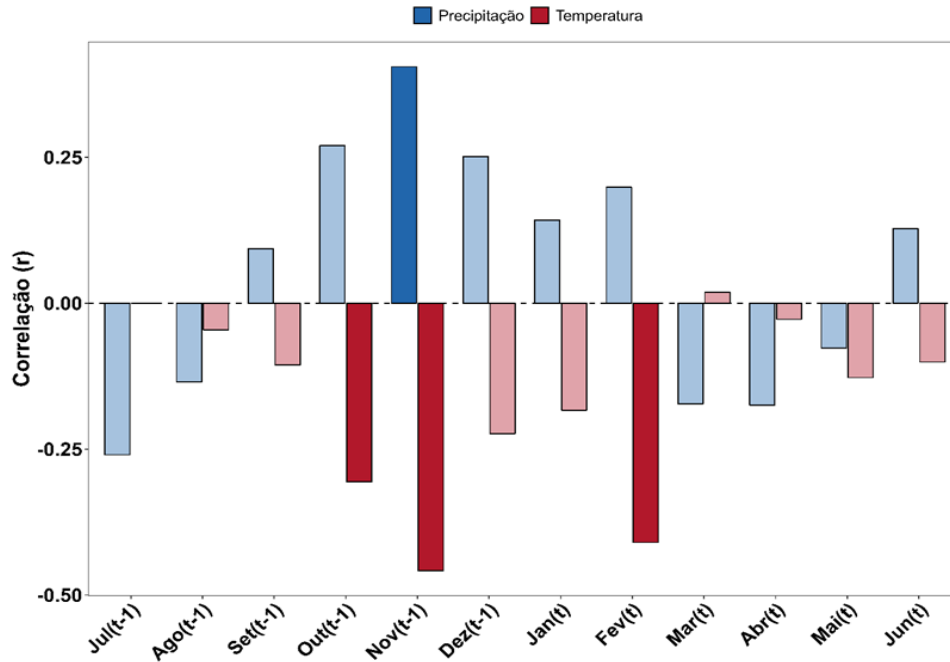
Em cronologias tropicais e subtropicais, a sensibilidade a déficits hídricos é bem documentada, com redução de incrementos radiais em anos de seca prolongada ou início tardio da estação chuvosa (Schöngart et al., 2004). Esses resultados são consistentes com a expectativa de que o sinal climático dominante em espécies sensíveis (como *Cedrela fissillis*), seja hídrico, com resposta negativa a El Niño quando este implica menor precipitação local, e maior temperatura, e respostas positivas em anos com condições úmidas associadas a La Niña. Ainda, Marengo; Espinoza (2016), descrevem que em regiões subtropicais e de transição, cronologias sensíveis à precipitação e à temperatura mostram que extremos climáticos recentes intensificaram a variabilidade interanual do crescimento. Neres et al. (2025), descrevem que a região Norte de Minas tem uma considerável parte de sua extensão dominada pelo semiárido, caracterizado por volumes pluviométricos reduzidos e alta irregularidade na sazonalidade das chuvas. Essas características tornam a região suscetível a déficits hídricos recorrentes, causando uma considerável instabilidade socioeconômica. Por outro lado, a localização do Parque Nacional Cavernas do Peruaçu em área semiárida do norte de Minas, com forte controle geológico e hidrológico sobre a paisagem (Veiga, 2023), reforça o contexto de limitação hídrica sazonal que estrutura o crescimento radial observado.

Estudos desenvolvidos por Marcos Pivetta (2024), através de análise da composição química de rochas de caverna no município de Januária, na bacia do São Francisco, concluem que a região norte de Minas Gerais está enfrentando os períodos mais seco dos últimos sete séculos, destacando que entre 1979 e 2016, a cada década, as chuvas totais reduziram-se em 7%, cerca de 70 milímetros (mm), a evapotranspiração aumentou 18% (125 mm), e a vazão dos rios locais caiu 20%. E a temperatura média da região subiu em cerca de 2 graus Celsius (°C) nos últimos 250 anos (Marcos Pivetta, 2024), fato este que também se reflete nas espécies arbóreas da região. Portanto, para além de outros fatores ambientais, edáficos (distúrbios, tipo de solo e/ou topografia, respectivamente) e fisiológicos das plantas, os anos de baixo crescimento observado são associados a secas e El Niño, enquanto os anos de alto crescimento refletem condições hidroclimáticas favoráveis, o que também é coerente com padrão observados nos estudos dendroclimatológicos na bacia do São Francisco e com a caracterização semiárida e sazonal da região do Peruaçu (Pereira et al., 2018).

4.3 Correlação mensal entre a série cronológica e o climático (precipitação e temperatura)

Aplicando-se as análises de correlações entre a cronologia com os agentes climáticos, para o período de julho (ano retrasado) a junho do último ano, obteve-se resultados abaixo (Fig. 9).

Figura 9 - Correlação mensal dos índices de largura de anéis com precipitação e temperatura



Onde: as cores mais carregadas, correspondem aos períodos significativos (*) ($p < 0.05$).

Fonte: Autor (2026).

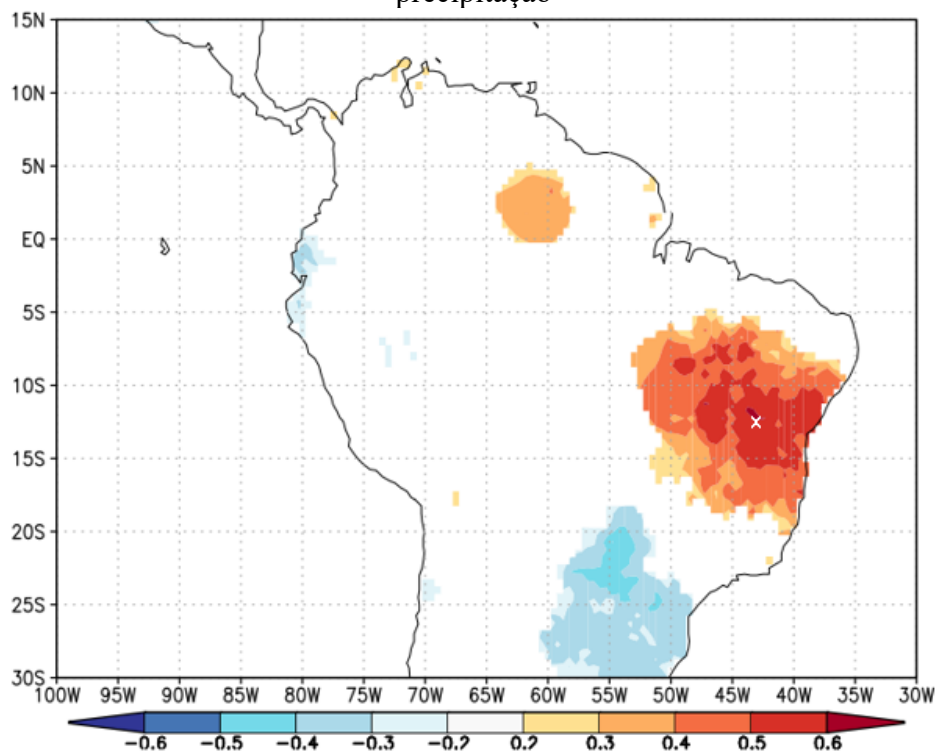
As correlações entre a cronologia de larguras de anel e os agentes climáticos mostram que a precipitação do mês de novembro foi significativo ($p < 0.05$) quando comparado com os demais períodos, o que demonstra uma associação positiva e relevante com o crescimento radial, enquanto a temperatura tende a apresentar correlações negativas e significativa para os meses de Outubro a Fevereiro, o que permite inferir que a janela dos meses com maior precipitação do anos, favorecem crescimento radial, enquanto anos mais quentes tendem a reduzir o crescimento por aumento da evapotranspiração e do estresse hídrico. Portanto, a significância observada indica que a água disponível na estação chuvosa é o principal controlador interanual do crescimento. Esse padrão observado se alinha com a teoria dendroclimatológica que atribui a resposta interanual das árvores à disponibilidade de água durante a estação de crescimento, especialmente em regiões tropicais e subtropicais onde a sazonalidade pluviométrica determina a fenologia e a atividade cambial. Fritts (1976),

estabelece os princípios que relacionam variações de anéis a fatores climáticos e a necessidade de avaliar significância e estabilidade do sinal.

Estudos desenvolvidos nos trópicos relatam que séries de anéis respondem fortemente à precipitação sazonal e que comparações sazonais são essenciais para separar efeitos pluviométricos de efeitos térmicos. Worbes (1995), reforça a importância de reconhecer a sazonalidade e dormência cambial, como métodos para medir a dinâmica de crescimento em árvores tropicais. Portanto, as correlações positivas com precipitação e negativas com temperatura no intervalo de novembro–fevereiro são biologicamente plausíveis e metodologicamente sustentadas, mas devem ser acompanhadas de análises complementares (*composites* de eventos e testes de estabilidade) para consolidar inferências sobre controle climático do crescimento em regiões tropicais e subtropicais (Cook, E.R.; Kairiukstis, 1990; Granato-Souza et al., 2019; Worbes, 1995).

Feita a correlação da série cronológica com as médias da precipitação dos anos de 1965 a 2022 (nov-mar), obteve-se o mapa representado na fig. 10, seguinte.

Figura 10 - Mapa de correlação espacial entre os índices da cronologia residual e a precipitação



Onde: Correlação entre o índice de largura de anéis da série PRI médio e a precipitação média CRU TS4.08 (nov-mar), 1965–2022 (por limitação de banco de dados); $p < 0,10$. a coloração mais azul, indica uma fraca correlação é negativa, e a região mais avermelhada (x), indica uma forte correlação positiva entre a série cronologia e a precipitação média de novembro - março.

Fonte: autor (2026), gerado pelo <https://climexp.knmi.nl/start.cgi>.

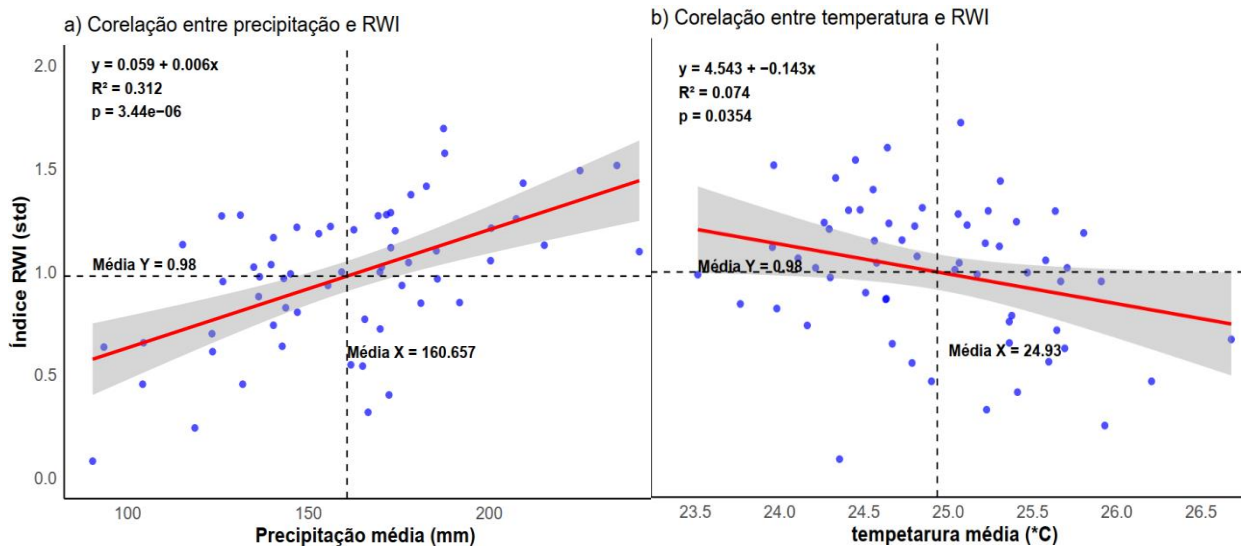
A análise de correlação espacial feita para o período de 1965 a 2022, demonstrou uma correlação positiva e forte entre o índice de largura de anéis de *Cedrela fissilis* e a precipitação da estação chuvosa (nov–mar) naquele pixel (valores próximos a $r \approx 0,6$, o que corresponde a ~40% da variância explicada pelo crescimento, $r^2 \approx 0,40$). Esse sinal reflete que chuvas de início de estação (especialmente novembro) estão fortemente associadas a anéis mais largos. Esse padrão é consistente com os resultados observados por Pereira et al. (2018), para Juvenília, Minas Gerais, onde a sua cronologia apresenta alta coerência interna ($R_{bar} = 0,52$) e correlaciona-se com a precipitação regional (CRU) em outubro–março ($r = 0,629$; 1961–2015) e com a vazão anual ($r = 0,489$; 1961–2015). Portanto, apesar de os levantamentos terem ocorrido em sítios distintos (Januária, PRI; Juvenília, BRA002), verificou-se uma forte co-variabilidade dos sinais climáticos no período estudado, o que sugere que os anéis de crescimento das árvores captam sinais compartilhados durante esse período.

4.4 Correlações do RWI e as médias mensais da precipitação e temperatura (1965 - 2025)

A análise de correlação mensal feita anteriormente (Fig. 9, anterior), revelou uma significância para precipitação entre os meses de novembro a março, sendo o mês de novembro com maior influência no crescimento, e para temperatura, correlacionou-se mais entre os meses de outubro a fevereiro. portanto, com base nesses resultados da janela temporal indicadas, analisando a precipitação o teste de correlação de Pearson revelou um coeficiente de correlação de $r = 0,56$, indicando uma correlação positiva de intensidade moderada, sugerindo que, em geral, valores mais altos da cronologia estão associados a maiores índices de precipitação nesse período, mostrando que a disponibilidade hídrica nesse período exerce influência direta sobre o crescimento radial das árvores.

O teste estatístico ($t = 5,13$; $p\text{-valor} = 3,445e-06$), sugere que essa correlação é altamente significativa, ou por outro, dificilmente ocorreu por acaso, com intervalo de confiança (IC) de 95% entre 0,35 e 0,71, reforçando que a associação verdadeira é positiva e consistente (Fig. 11).

Figura 11- Correlação entre o RWI com as médias mensais das precipitações (nov-mar) e temperatura (out-fev) no período de 1965 a 2025



Onde: o gráfico “a”, representa a análise de correlação feita entre o RWI com a precipitação média (nov-mar) e “b” representa a temperatura média (out-fev).

Fonte: Autor (2026)

Esse resultado indica que o crescimento radial das árvores no semiárido mineiro responde, de forma consistente, os estímulos climáticos, e influenciado pela disponibilidade hídrica durante a estação chuvosa, confirmando que anos mais úmidos favorecem a formação de anéis mais largos, enquanto anos secos resultam em anéis mais estreitos. A significância estatística reforça que essa relação não é aleatória, mas reflete um controle climático dominante sobre o crescimento das espécies analisadas. Resultados similares a estes são relatados em estudos com espécies que geralmente respondem aos estímulos climáticos ao longo do tempo na fase de crescimento. Rodriguez-Caton et al. (2024), demonstraram que cronologias tropicais e subtropicais apresentam correlações semelhantes entre precipitação sazonal e crescimento radial, moduladas por teleconexões como o El Niño–Oscilação Sul (ENSO).

Muraja et al. (2023), destacaram que a variabilidade da precipitação no Brasil é fortemente influenciada por interações oceano–atmosfera, especialmente no Atlântico tropical, o que resulta diretamente na sensibilidade dos anéis de árvores. No contexto regional, Veiga (2023), ao estudar os impactos das mudanças climáticas na mesma região do Parque Nacional Cavernas do Peruaçu, observou que as árvores apresentam forte resposta ao regime hídrico, evidenciando que o norte de Minas enfrenta o período mais seco dos últimos séculos. De forma complementar, Pereira (2018), relata que as espécies da bacia do São Francisco têm crescimento

radial relacionado à precipitação entre outubro e fevereiro, o que o que corrobora com os achados no presente estudo.

Portanto, a correlação encontrada nesta série cronológica não apenas valida a qualidade estatística da cronologia, mas também a insere em um contexto aceitável, demonstrando sinais plausíveis quanto comparado com demais estudos desenvolvidos na mesma região com resultados similares a estes, onde se pode confirmar que cronologias tropicais são reconhecidas como ferramentas eficazes para reconstruções climáticas. Cook & Kairiukstis (1990), afirmam que o uso de índice de largura de anéis (RWI), pressupõe *detrending* e padronização para realçar o sinal climático, e a interpretação deve considerar autocorrelação biológica, memória hídrica do solo e possíveis efeitos de distúrbios não climáticos.

Schons et al. (2025), usando séries temporais de anéis de crescimento para modelar o crescimento das árvores sensíveis ao clima (*Myrocarpus frondosus*), mostraram que espécies como essas apresentam forte sensibilidade ao regime de chuvas, com modelos que evidenciam a dependência direta do crescimento em relação à precipitação. Para Wang et al. (2025), destacaram que os anéis são proxies robustos para reconstruir padrões de precipitação e que a variabilidade hídrica influencia diretamente a capacidade das florestas de sequestrar carbono.

Para a temperatura média, como demonstrado anteriormente (Fig. 9), observou-se que os efeitos da temperatura são observados de forma significativa a partir de outubro a fevereiro, o que foi considerado na presente análise. No entanto, a correlação de Pearson com o índice dendrocronológico padronizado revelou um coeficiente negativo ($r = -0,27$), o que indica uma relação inversa de intensidade fraca a moderada entre as variáveis no período em estudo. Portanto, os resultados sugerem que, houve uma tendência de redução no crescimento dos anéis em anos em que a temperatura média foi mais elevada, refletindo uma possível limitação hídrica ou estresse térmico que reduz o vigor do crescimento radial das árvores (Fig. 11.b).

O teste estatístico ($t = -2,15$; p -valor = 0,035), mostrou significativa, e o intervalo de confiança (95%) variou entre $-0,49$ a $-0,02$, reforçando que a associação verdadeira é negativa, com baixa intensidade. Esses resultados corroboram com literaturas (Barbosa, A. C. M. et al., 2018; Granato-Souza et al., 2019), que associam o menor crescimento radial com janelas de temperaturas médias mais altas, evidenciando que o calor excessivo pode atuar como fator limitante no desenvolvimento das árvores durante os anos analisados.

A correlação negativa encontrada entre as variáveis em estudo sugere que temperaturas mais altas podem induzir estresse hídrico, reduzindo a taxa de crescimento. Brienens & Zuidema, (2005); Schöngart et al. (2006), relatam que em regiões tropicais secas, a limitação hídrica é o principal determinante da atividade cambial, restringindo o crescimento a períodos curtos e

coincidentes com a estação chuvosa. Pesquisas realizadas na Amazônia mostram que o crescimento de espécies arbóreas tropicais está fortemente associado à sazonalidade das chuvas, sendo a temperatura um modulador secundário (Schöngart et al., 2004). Em florestas montanas do sul do Brasil, trabalhos com espécies endêmicas também destacam que o crescimento radial é sensível às variações térmicas, mas que a interação com a pluviosidade e o déficit de pressão de vapor é determinante para explicar os padrões anuais de incremento (Marcon et al., 2019).

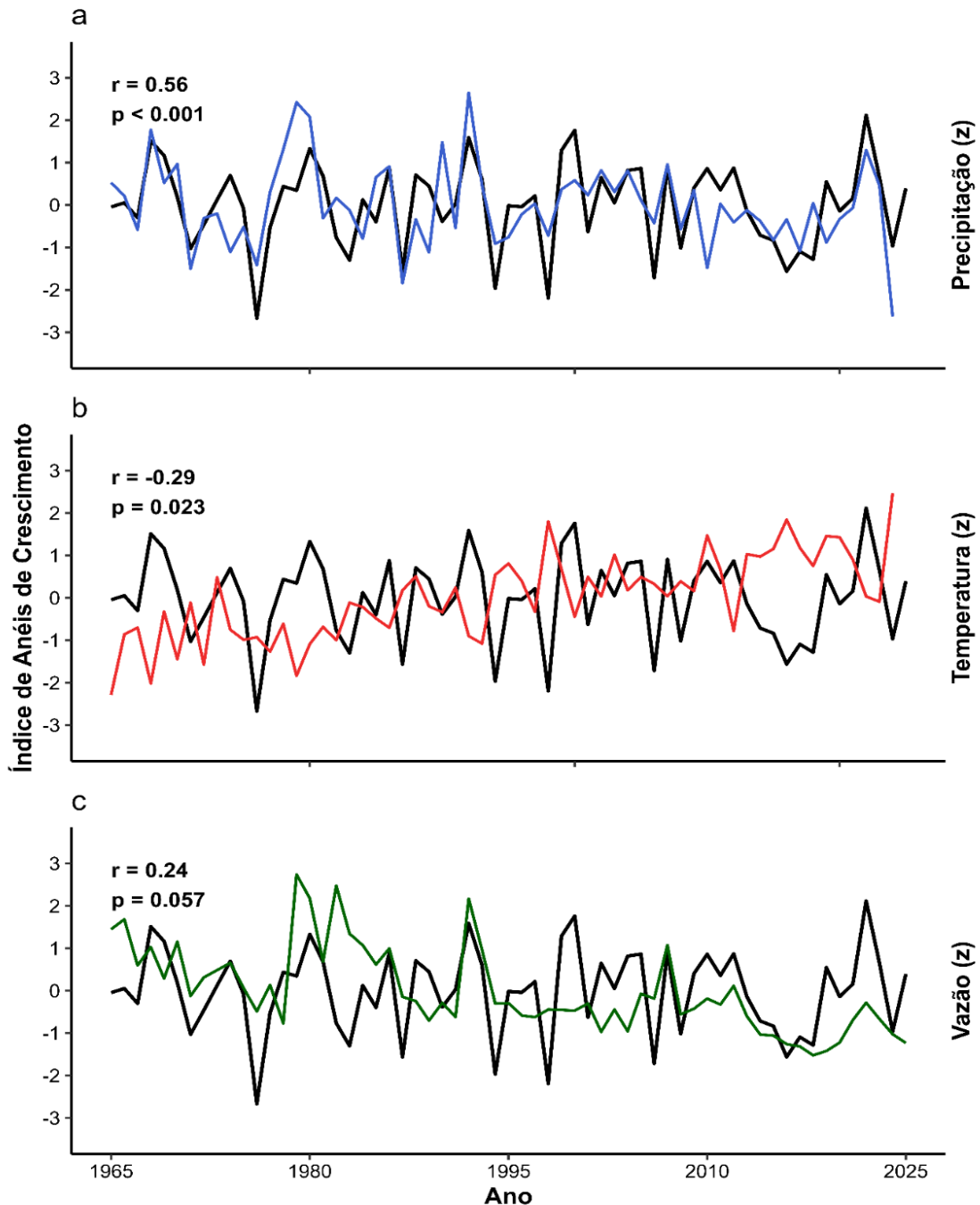
No caso da *Cedrela fissilis*, estudos em regiões mais úmidas, como a Floresta Ombrófila Mista no Paraná, evidenciam correlações mais claras entre temperatura, precipitação e atividade cambial. Marcon et al. (2019), demonstraram que o crescimento radial da espécie é influenciado por variáveis climáticas como precipitação, umidade relativa do ar e amplitude térmica mensal, sendo a pluviosidade o melhor preditor de incremento. Nessas áreas, temperaturas moderadas favorecem a divisão celular e o espessamento dos anéis de crescimento. Entretanto, em ambientes semiáridos como o norte de Minas Gerais, a escassez de água durante grande parte do ano impõe restrições fisiológicas que se sobrepõem ao efeito da temperatura, resultando em períodos curtos e descontínuos de crescimento radial.

Portanto, os resultados obtidos para *Cedrela fissilis* em Januária e Juvenília reforçam a ideia de que, em ambientes semiáridos, a temperatura não é o principal fator regulador do crescimento radial, sendo a precipitação e o balanço hídrico os elementos mais determinantes. Essa conclusão está em consonância com a literatura que destaca a importância da água como recurso limitante em regiões tropicais secas, modulando a resposta das espécies arbóreas às variações climáticas e, Pompa-García et al. (2024), evidenciam que em regiões tropicais, temperaturas elevadas reduzem a eficiência fotossintética e aumentam a evapotranspiração, o que diminui a disponibilidade de água para o crescimento radial, e a densidade da madeira varia conforme gradientes hidroclimáticos, revelando que espécies em ambientes mais quentes sofrem maior limitação no crescimento.

4.5 Análise de índice de largura dos anéis com as variáveis ambientais

A análise dos dados dendroclimáticos obtidos entre 1965 e 2025 revelam padrões significativos na relação entre o índice de anéis de crescimento e variáveis climática e ambientais, como a precipitação média, temperatura e a vazão (vide a Fig. 12, a, b, c).

Figura 12 - Análise da correlação entre o RWI de crescimento das árvores e variáveis climáticas anuais (precipitação média, temperatura média e vazão) em Januária.



Onde: as linhas: azul, vermelho e verde representam dados médios de precipitação, temperaturas e vazão (1965 a 2025)

Fonte: Autor (2026).

A correlação positiva mais forte e significativa foi observada entre os índices de larguras dos anéis e a precipitação ($r = 0,56$; $p < 0,001$), demonstrando que anos com períodos mais chuvosos favorecem o desenvolvimento radial das árvores. Esse resultado é consistente com estudos realizados em regiões tropicais e subtropicais, onde a disponibilidade hídrica é um fator limitante para o crescimento vegetal (Scheuerer et al., 2025). Por outro lado, a temperatura apresentou uma correlação negativa mais fraca ($r = -0,29$; $p < 0,05$), sugerindo que períodos mais quentes tendem a reduzir o crescimento, possivelmente por intensificar o estresse térmico e aumentar a evapotranspiração. Na América do Sul, pesquisas apontam para as mesmas tendências, onde espécies nativas mostram maior vulnerabilidade em anos de seca prolongada, quando o calor agrava a escassez de água (Araújo et al., 2025; Souza et al., 2024).

A vazão dos rios, por sua vez, também se mostrou relevante, com correlação marginal positiva moderada ($r = 0,24$; $p = 0,057$). Esse resultado reforça que a disponibilidade hídrica regional, mesmo medida de forma indireta, influencia no crescimento arbóreo. Vazões mais altas refletem períodos de maior precipitação e menor déficit hídrico, criando condições favoráveis para o metabolismo das árvores. Essa relação entre hidrologia e crescimento já foi destacada em estudos sobre eventos extremos e sua repercussão nos ecossistemas florestais (Addor et al., 2020; Chagas et al., 2020; Souza et al., 2024).

Esses resultados sustentam a relevância do uso dos anéis de crescimento como proxy confiável para reconstruções paleoclimáticas, especialmente em regiões onde os registros instrumentais são escassos. A significância estatística das correlações observadas reforça a robustez dos dados e a validade do método. Além disso, os resultados corroboram com projeções hidrológicas multidecadal observados por Scheuerer et al. (2025), que apontam para mudanças na distribuição da precipitação e aumento da variabilidade térmica no Brasil, que indicam a redução da vazão no norte, nordeste, centro e sudeste, especialmente durante a primavera e no verão austral, com sinal menos claro durante o inverno austral, e destaca que para a região sul, espera-se um aumento na vazão dos rios.

4.6 Análise Periódica da série dendrocronológica e variáveis ambientais

Para as médias anuais das variáveis analisadas, observou-se que apresentaram correlações baixas (p -Valor $>0,05$) para o período analisado (1965 – 2025) (vide a tab. 4, abaixo).

Tabela 4 - Correlação periódica entre a série dendrocronológica com as variáveis climáticas

Média Annual						
Período	Precipitação		Temperatura		Vazão	
	r	p-Valor	r	p-Valor	r	p-Valor
1965 -2025	0.256	0.070	-0.142	0.322	0.244	0.067
1965 -1984	0.378	0.100	-0.217	0.358	0.250	0.192
1985 - 2004	0.275	0.241	-0.426	0.061	0.200	0.201
2005 - 2025	0.009	0.978	0.069	0.839	0.459	0.271
Período Úmido						
Período	Precipitação		Temperatura		Vazão	
	r	p-Valor	r	p-Valor	r	p-Valor
1965 -2025	0.546	0.000 ***	-0.285	0.041 *	0.245	0.007 *
1965 -1984	0.601	0.005 **	-0.175	0.460	0.265	0.109
1985 - 2004	0.598	0.005 **	-0.539	0.014 *	0.228	0.268
2005 - 2025	0.281	0.376	-0.416	0.179	0.506	0.015 *
Período Seco						
Período	Precipitação		Temperatura			
	r	p-Valor	r	p-Valor		
1965 -2025	-0.203	0.153	-0.156	0.275		
1965 -1984	-0.040	0.867	-0.344	0.137		
1985 - 2004	-0.112	0.639	-0.302	0.195		
2005 - 2025	-0.615	0.044 *	0.239	0.479		

Onde: os sinais (*), (**) e (***) representam valores significativo à 5%, 1%, e 0,1% de probabilidade, respectivamente.

Fonte: Autor (2026).

A análise periódica, demonstram que a precipitação durante o período úmido é o fator mais determinante para o desenvolvimento das árvores. Para este período, os resultados mostram uma correlação positiva e significativa ($r = 0,54$; $p < 0,01$), sustentando que anos com elevada precipitação favorecem o crescimento radial. Esse padrão é consistente com estudos realizados na Amazônia e em outras regiões tropicais, onde a disponibilidade hídrica se destaca como o principal motor do crescimento arbóreo (Barbosa, A. C. M. et al., 2018; Granato-Souza et al., 2018).

A temperatura, por sua vez, mostrou correlações negativas para todo período úmido, porém com significância em alguns (1965 – 2025, com $r = -0,285$, $p = 0,041$), em especial entre 1985 a 2004 ($r = -0,539$; $p = 0,014$), sugerindo que o calor excessivo teve influência na redução do crescimento dos anéis, e o mesmo comportamento coincide com o período de maior número de eventos extremos descrito anteriormente (Fig. 8) ligados a redução do crescimento. Esse

efeito pode estar relacionado ao aumento da evapotranspiração e ao estresse térmico, fenômenos já descritos em estudos de dendroclimatologia que apontam para a vulnerabilidade das espécies tropicais em anos de seca prolongada (Sheppard, 2010).

A vazão dos rios também apresentou correlações positivas, sobretudo nas últimas décadas (2005–2025) quando se tornou um indicador mais robusto da disponibilidade hídrica regional. Esse resultado sugere que, além da chuva direta, a dinâmica hidrológica exerce influência importante sobre o crescimento arbóreo, funcionando como um reflexo da umidade acumulada no sistema. Estudos recentes destacam justamente essa relação entre hidrologia e vegetação, mostrando que os anéis podem registrar não apenas a precipitação, mas também condições hidrológicas mais amplas (Chagas et al., 2020).

No período seco, as correlações foram fracas ou inconsistentes e não significativas em todo período, indicando que o crescimento radial das árvores não responde de forma clara às variáveis climáticas nesse intervalo. Isso reforça que a sensibilidade dendroclimática está concentrada no período úmido, quando a disponibilidade de água é mais decisiva para as atividades cambiais para resposta das plantas via crescimento secundário, conforme já demonstrado em estudos realizados na Amazônia, onde os anéis de crescimento apresentam forte associação com a precipitação sazonal e pouca resposta durante a estação seca (Granato-Souza et al., 2019; Sheppard, 2010). Há que salientar que, a pesquisa teve uma limitação na obtenção dos dados para o período seco, o que limitou a sua inclusão nas análises (Tab. 4, acima) para o estudo.

4.7 Análise de correlação a longa escala (NINO34, TNS e TSA)

Os resultados (Tab. 5) mostram a correlação entre o índice de largura dos anéis de *Cedrela fissilis* e três índices climáticos de grande escala: Niño 3.4 (ENSO, Pacífico equatorial), TNA (*Tropical North Atlantic*) e TSA (*Tropical South Atlantic*), considerando diferentes períodos e estações (úmida e seca).

A análise de larga escala evidencia que o crescimento radial de *Cedrela fissilis* apresenta correlação negativa com o índice Niño3.4, especialmente entre 1985 e 2005, indicando que eventos de El Niño estão associados à redução da precipitação e, conseqüentemente, à formação de anéis mais estreitos. Esse padrão é consistente com estudos que demonstram a forte influência do ENSO sobre a variabilidade hidroclimática na América do Sul, onde anos de El Niño reduzem a disponibilidade hídrica e impactam diretamente o crescimento arbóreo (Muraja; Leite et al., 2023; Rodriguez-Caton et al., 2022).

Tabela 5 - Tabela ilustrativa da análise de correlação entre a série dendrológica com as variações temporais face aos eventos extremos em larga escala

Índices	Período	Annual		Período Úmido		Período Seco	
		r	p-Valor	r	p-Valor	r	p-Valor
NINO34	1965-2025	-0.244	0.06	-0.146	0.267	-0.211	0.109
	1965-1984	-0.003	0.99	0.125	0.6	-0.123	0.604
	1985-2005	-0.356	0.113	-0.369	0.1	-0.213	0.353
	2005-2025	-0.309	0.185	-0.142	0.55	-0.296	0.219
TNA	Período	Annual		Período Úmido		Período Seco	
		r	p-Valor	r	p-Valor	r	p-Valor
	1965-2025	0.046	0.727	0.054	0.679	0.106	0.423
	1965-1984	0.447	0.048*	0.409	0.073	0.418	0.067
	1985-2005	-0.038	0.869	0.164	0.479	-0.131	0.57
2005-2025	0.023	0.922	-0.109	0.648	0.28	0.246	
TSA	Período	Annual		Período Úmido		Período Seco	
		r	p-Valor	r	p-Valor	r	p-Valor
	1965-2025	0.015	0.912	-0.002	0.986	0.044	0.743
	1965-1984	0.374	0.104	0.161	0.497	0.437	0.054
	1985-2005	-0.286	0.209	-0.267	0.242	-0.242	0.291
2005-2025	-0.011	0.963	0.155	0.513	-0.116	0.636	

Fonte: Autor (2026).

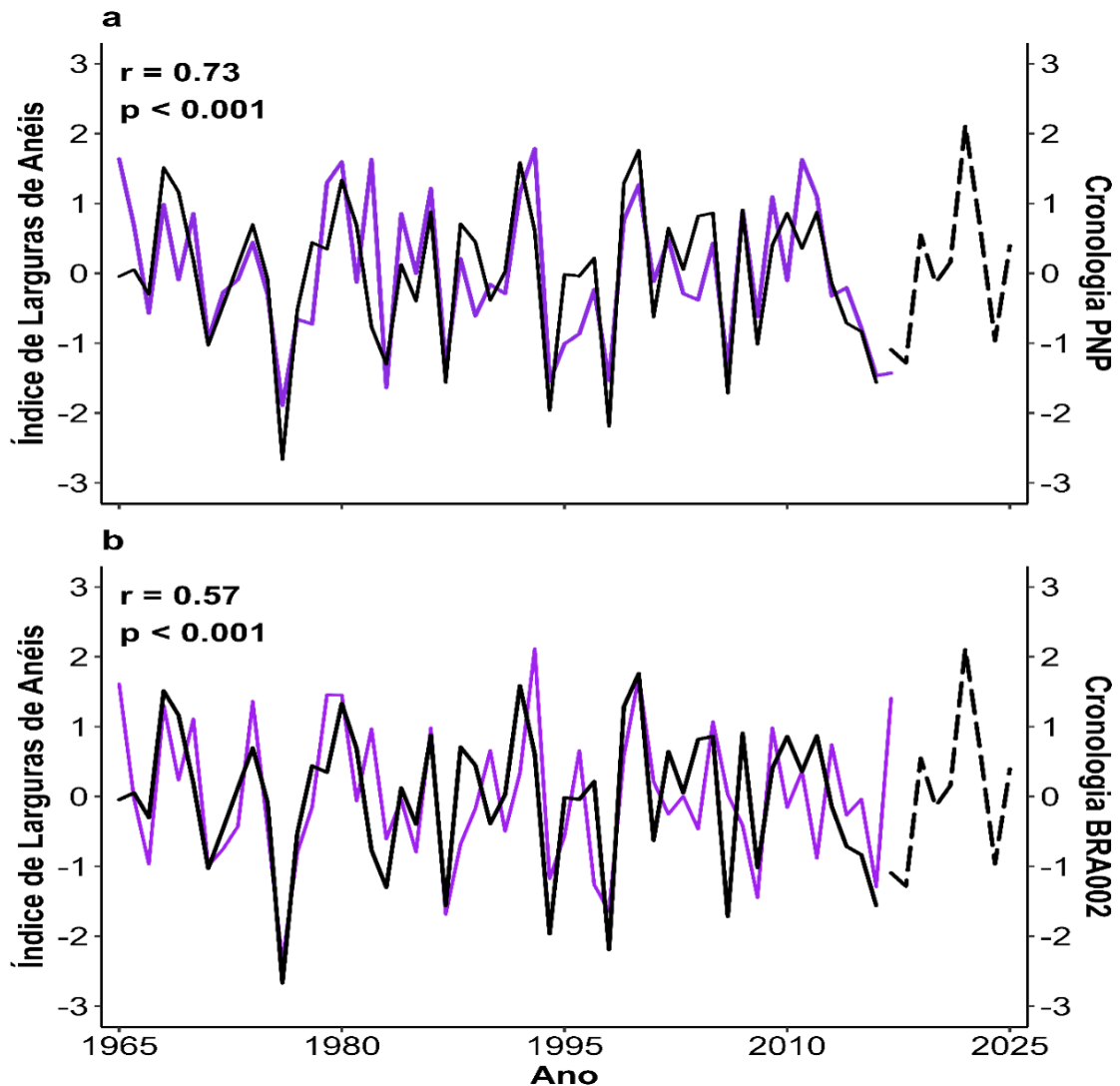
Por outro lado, a variabilidade do Atlântico Tropical Norte (TNA) mostrou correlação positiva significativa apenas no período de 1965 –1984, sugerindo que as fases de aquecimento do Atlântico Norte favoreceram maior precipitação e crescimento radial. Essa relação é coerente com trabalhos que apontam o papel do Atlântico tropical na modulação das chuvas no Nordeste e Sudeste do Brasil, influenciando diretamente a resposta dendroclimática de espécies tropicais (Venegas-González et al., 2015). De forma semelhante, o Atlântico Tropical Sul (TSA) apresentou correlação positiva moderada no mesmo período inicial, mas perdeu força nas décadas seguintes. Essa instabilidade temporal reforça a ideia de que a influência dos oceanos sobre o crescimento das árvores não é constante, podendo ser modulada por mudanças na circulação atmosférica e pelo aumento das pressões antrópicas, como irrigação e regulação de vazões, que alteram a relação direta entre precipitação e crescimento (Pereira et al., 2018).

portanto, os resultados confirmam que *Cedrela fissilis* é sensível às teleconexões climáticas, mas essa sensibilidade varia ao longo das décadas. O ENSO mostra uma tendência negativa persistente, enquanto os índices atlânticos tiveram maior relevância apenas nas décadas iniciais. Essa instabilidade temporal é um aspecto recorrente em estudos de dendroclimatologia tropical, que destacam a necessidade de cronologias mais longas e robustas para separar os efeitos climáticos naturais das influências antrópicas (Fontana, Cláudia et al., 2024; Santos et al., 2025).

4.8 Análise correlação entre PRI com PNP e BRA002 no período de 1965 – 2017

A análise de correlação revelou resultados robustos quando comparado com as duas cronologias, como evidenciado nas Figuras 12, a, b, seguintes.

Figura 13 - Análise de correlação dentro (PRI - PNP) e entre diferentes sítios (PRI -BRA002)



Onde: PRI - séries Peruaçu atualizadas (1965 - 2025), PNP – série Peruaçu anteriores (1965 – 2017), e BRA002 - série Juvenília (1965 - 2017).

Fonte: Autor (2026).

A comparação das cronologias mostra que o sítio PRI apresenta forte consistência interna quando comparado à cronologia PNP ($r = 0,73$; $p < 0,001$), ambos do mesmo sítio, mas em períodos diferentes. Estes resultados sugerem que as árvores da mesma região respondem de forma semelhante às condições ambientais locais, reforçando a robustez da série e a confiabilidade do sinal climático registrado. Estudos clássicos de dendrocronologia destacam

que a replicabilidade dentro de um sítio é essencial para validar o uso dos anéis como indicadores climáticos (Fritts, H C, 1976; Sheppard, 2010).

Ao comparar o sítio PRI com a cronologia desenvolvida por Pereira et al. (2018), em outro sítio, na região de Juvenília (BRA002), observou-se uma correlação moderada a forte e significativa ($r = 0,57$; $p < 0,001$) entre as séries. Esse padrão sugere que, apesar das diferenças locais, como solo, microclima, existe um sinal climático regional compartilhado, provavelmente relacionado à variabilidade da precipitação e da disponibilidade hídrica. Pesquisas recentes realizados na Amazônia por Granato-Souza et al. (2019), confirmam essa tendência, sustentando que os anéis de crescimento captam tanto padrões locais quanto regionais, sendo especialmente sensíveis à precipitação sazonal, enquanto Schöngart et al. (2004), evidenciaram a influência direta dos ciclos hidrológicos sobre o crescimento arbóreo em áreas de várzea.

A alta correlação dentro do sítio garante a consistência dos dados, enquanto a correlação moderada entre sítios diferentes representa uma informação relevante para o estudo, o que também reforça a presença de um sinal climático regional, ainda que modulado por fatores ambientais específicos. Essa abordagem é fundamental para ampliar a compreensão da variabilidade climática em regiões tropicais, onde os registros instrumentais são limitados e os anéis oferecem uma alternativa robusta para estudos de longo prazo (Pereira et al., 2018).

Além disso, Peters et al. (2015), reforçam que árvores tropicais respondem fortemente à variabilidade da chuva, com anéis mais largos em anos úmidos e redução em anos secos, enquanto Locosselli et al. (2019), demonstraram que até em ambientes urbanos brasileiros os anéis registram sinais climáticos, especialmente relacionados à precipitação e temperatura. Esses estudos sustentam que os anéis de crescimento captam tanto padrões locais quanto regionais, sendo este útil para reconstruções paleoclimáticas em diferentes escalas.

É importante destacar que a cronologia desenvolvida neste estudo representa uma atualização significativa para a região em estudo, especialmente nas últimas duas décadas. Resultados observados revelam padrões hidroclimáticos distintos nas últimas duas décadas, fornecendo evidências críticas sobre a variabilidade climática regional, fato que ainda carece de mais estudos aprofundados, considerando outras variáveis antropogênicas e edáficas. Após o ano 2000, observa-se uma relativa estabilização nos índices de crescimento radial (vide Fig. 8, anterior), sugerindo que, nesse período, as condições climáticas exerceram impacto moderado sobre a dinâmica cambial, ainda que com oscilações interanuais. Contudo, os dados indicam um aumento na temperatura até o ano de 2016, sugerindo um marco por severo déficit hídrico. De forma notável, os anos subsequentes revelaram uma recuperação cumulativa no

crescimento, sugerindo o ano 2022 como de elevada precipitação média anual e temperaturas relativamente mais baixas. Esse comportamento evidencia a elevada sensibilidade da espécie às variações hidroclimáticas e reforça a necessidade de cronologias continuamente atualizadas, sobretudo em regiões tropicais sazonalmente secas, onde os efeitos climáticos modulam diretamente o crescimento arbóreo. Cabe destacar que, embora os resultados obtidos neste estudo revelem oscilações significativas, torna-se fundamental a realização de pesquisas adicionais que integrem outras variáveis ambientais e edafoclimáticas, de modo a validar e ampliar a compreensão dos padrões observados.

Estudos dendrocronológicos confirmam que cronologias tropicais curtas são capazes de registrar eventos extremos recentes e fornecer informações críticas para a compreensão da variabilidade hidroclimática (Fontana, Cláudia et al., 2024; Pereira et al., 2018). Estudos em florestas tropicais sazonalmente secas demonstram que períodos de seca reduzem significativamente o crescimento radial (Brienen et al., 2010; Locosselli et al., 2019), enquanto anos de maior precipitação favorecem a formação de anéis mais largos (Venegas-González et al., 2015). Assim, a atualização contínua das cronologias não apenas amplia a robustez das reconstruções paleoclimáticas, mas também contribui para a avaliação dos impactos das mudanças climáticas.

5. CONCLUSÃO

Com base nos objetivos propostos, nas hipóteses levantadas e nos resultados alcançados, é possível destacar as seguintes conclusões:

- Para construção da cronologia, foi possível desenvolver uma cronologia robusta de *Cedrela fissilis* na região ecotonal Cerrado–Caatinga, com alta coerência interna entre as séries ($R_{\text{bar}} \approx 0,72$; $\text{EPS} = 0,987$), e cronologia demonstrou capacidade de detectar eventos climáticos extremos, como secas severas e anos de elevada precipitação, confirmando a hipótese de que a espécie é um proxy confiável para reconstruções paleoclimáticas regional
- Quanto a resposta às variáveis climáticas, a largura dos anéis apresentou correlação positiva moderada com a precipitação ($r \approx 0,3-0,4$) e correlação negativa com a temperatura média ($r \approx -0,26$), o que sustentam a hipótese de que o crescimento radial de *C. fissilis* é sensível à disponibilidade hídrica e responde inversamente a aumentos de temperatura, reforçando o papel da precipitação como principal fator limitante em ambientes tropicais sazonalmente secos.
- A cronologia apresentou resultados similares com estudos desenvolvidos na região, e a atualização revelou estabilização relativa após 2000, queda gradual no crescimento entre 2012–2016 e recuperação posterior, culminando em 2022, o que reforça a recomendar mais estudos envolvendo outras variáveis (como antropogênicas, edáfico) para sua validação. Por tanto, esses registros confirmam a capacidade da espécie em documentar oscilações hidroclimáticas recentes e eventos extremos.
- Ao se comparar com outros estudos desenvolvidos nos sítios mais próximos, os resultados mostraram uma sincronia intra ($r = 0,73$; $p < 0,001$) de intensidade forte, e inter-regional ($r = 0,57$; $p < 0,001$) de intensidade moderado, com padrões similares entre regiões. Isso confirma a hipótese de que, embora o regime climático local imponha respostas homogêneas dentro de cada sítio, diferenças regionais modulam a intensidade e a direção das respostas.
- Teleconexões climáticas de larga escala revelaram correlação negativa, ainda que instável, com o índice Niño3.4 (ENSO), e correlações positivas significativas com o Atlântico Tropical Norte e Sul apenas nas décadas iniciais (1965–1984), indicando que a influência das teleconexões sobre o crescimento radial não é estável no tempo, sendo modulada por mudanças na circulação atmosférica e por pressões externas na região em estudo.

6 REFERÊNCIAS

ADDOR, Nans; DO, Hong X.; ALVAREZ-GARRETON, Camila; COXON, Gemma; FOWLER, Keirnan; MENDOZA, Pablo A. Large-sample hydrology: recent progress, guidelines for new datasets and grand challenges. *In: Hydrological Sciences Journal*, v. 65, nº 5, p. 712–725, 2020. ISSN: 21503435, DOI: 10.1080/02626667.2019.1683182. Acesso em: 02/fev./26.

ALVARES, Clayton Alcarde; STAPE, José Luiz; SENTELHAS, Paulo Cesar; MORAES GONÇALVES, José Leonardo DE; SPAROVEK, Gerd. Köppen's climate classification map for Brazil. *In: Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, nº 6, p. 711–728, 2013. ISSN: 16101227, DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507. Acesso em: 09/jan./26.

ANDREACCI, Fernando; BOTOSSO, Paulo Cesar; GALVÃO, Franklin. SINAIS CLIMÁTICOS EM ANÉIS DE CRESCIMENTO DE *Cedrela fissilis* EM DIFERENTES TIPOLOGIAS DE FLORESTAS OMBRÓFILAS DO SUL DO BRASIL. *In: FLORESTA*, v. 44, nº 2, p. 323, 2013. ISSN: 1982-4688, DOI: 10.5380/rf.v44i2.27316. Disponível em: <<http://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/27316>>. Acesso em: 21/maio/25.

AZEVEDO, Sérgio Abílio; NHAMUSSUA, Remígio Rangel; CIPRIANO, Erikson Leudério; MOMADE, Tuafa Assane. LEVEL OF INVOLVEMENT OF LOCAL COMMUNITIES IN THE MANAGEMENT OF THE CONSERVATION AREA OF THE CHIPANJE CHETU PROGRAM IN NIIASSA, MOZAMBIQUE. *In: Floresta*, v. 54, nº 1, 2024. ISSN: 19824688, DOI: 10.5380/RF.V54I1.94018. Acesso em: 27/fev./25.

BABST, Flurin; BOURIAUD, Olivier; POULTER, Benjamin; TROUET, Valerie; GIRARDIN, Martin P.; FRANK, David C. Twentieth century redistribution in climatic drivers of global tree growth. *In: Science Advances*, v. 5, nº 1, 2019. ISSN: 23752548, DOI: 10.1126/SCIADV.AAT4313; WEBSITE: WEBSITE: AAAS-SITE; REQUESTEDJOURNAL: JOURNAL: SCIADV; WGROUP: STRING: PUBLICATION. Disponível em: <doi/pdf/10.1126/sciadv.aat4313?download=true>. Acesso em: 12/jan./26.

BARBOSA, Ana Carolina Maioli; PEREIRA, Gabriel Assis; GRANATO-SOUZA, Daniela; SANTOS, Rubens Manoel; FONTES, Marcos Aurélio Leite. Tree rings and growth trajectories of tree species from seasonally dry tropical forest. *In: Australian Journal of Botany*, v. 66, nº 5, p. 414, 2018. ISSN: 0067-1924, DOI: 10.1071/BT17212. Disponível em: <<http://www.publish.csiro.au/?paper=BT17212>>. Acesso em: 15/jan./26.

BARBOSA, João Paulo Rodrigues Alves Delfino; RAMBAL, Serge; SOARES, Angela Maria; MOUILLOT, Florent; NOGUEIRA, Joana Messias Pereira; MARTINS, Giordane Augusto. Plant physiological ecology and the global changes. *In: Ciência e Agrotecnologia*, v. 36, nº 3, p. 253–269, 2012. ISSN: 1413-7054, DOI: 10.1590/S1413-70542012000300001. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542012000300001&lng=en&tIng=en>. Acesso em: 22/jun./25.

BARROS, Maria Eduarda Sousa; SOUSA, Luana Mateus De; SANTOS, Francisco Diego Sousa; LOIOLA, Maria Iracema Bezerra. Flora of Ceará, Brazil: Meliaceae. *In: Rodriguésia*, v. 75, 2024. ISSN: 2175-7860, DOI: 10.1590/2175-7860202475091. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/2175-7860202475091>>. Acesso em: 29/maio/25.

BERGAMASCHI, H. O clima como fator determinante da fenologia das plantas (2007). In: REGO, C. M., Negrelle, R. R. B. & Morelato, L. P. C. (Ed.). Fenologia. [S.l.]: EMBRAPA: UFPR; UNES, 2007. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/314104/1/EmbrapaFlorestas-2007-Fenologia-cap16.pdf>. Acesso em: 11/maio/26.

BONINSEGNA, J. A.; ARGOLLO, J.; ARAVENA, J. C.; BARICHIVICH, J.; CHRISTIE, D.; FERRERO, M. E.; LARA, A.; QUESNE, C. LE; LUCKMAN, B. H.; MASIOKAS, M.; MORALES, M.; OLIVEIRA, J. M.; ROIG, F.; SRUR, A.; VILLALBA, R. Dendroclimatological reconstructions in South America: A review. In: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 281, n° 3–4, p. 210–228, 2009. ISSN: 0031-0182, DOI: 10.1016/J.PALAEO.2009.07.020. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0031018209003253>>. Acesso em: 13/jul./25.

BRIENEN, Roel J. W.; SCHÖNGART, Jochen; ZUIDEMA, Pieter A. Tree Rings in the Tropics: Insights into the Ecology and Climate Sensitivity of Tropical Trees. p. 439–461, 2016. DOI: 10.1007/978-3-319-27422-5_20. Acesso em: 22/jun./25.

BRIENEN, Roel J.W.; GLOOR, Manuel; ZIV, Guy. Tree demography dominates long-term growth trends inferred from tree rings. In: *Global change biology*, v. 23, n° 2, p. 474–484, 2017. ISSN: 13652486, DOI: 10.1111/gcb.13410. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27387088/>>. Acesso em: 03/fev./26.

BRIENEN, Roel J.W.; LEBRIJA-TREJOS, Edwin; ZUIDEMA, Pieter A.; MARTÍNEZ-RAMOS, Miguel. Climate-growth analysis for a Mexican dry forest tree shows strong impact of sea surface temperatures and predicts future growth declines. In: *Global Change Biology*, v. 16, n° 7, p. 2001–2012, 2010. ISSN: 1354-1013, DOI: 10.1111/J.1365-2486.2009.02059.X. Disponível em: <<https://research.wur.nl/en/publications/climate-growth-analysis-for-a-mexican-dry-forest-tree-shows-strong>>. Acesso em: 19/jun./25.

BRIFFA, Keith R.; JONES, Philip D.; SCHWEINGRUBER, Fritz H. Summer temperature patterns over Europe: A reconstruction from 1750 A.D. based on maximum latewood density indices of conifers. In: *Quaternary Research*, v. 30, n° 1, p. 36–52, 1988. ISSN: 10960287, DOI: 10.1016/0033-5894(88)90086-5. Acesso em: 24/jun./25.

BRIFFA, Keith R.; OSBORN, Timothy J.; SCHWEINGRUBER, Fritz H.; HARRIS, Ian C.; JONES, Philip D.; SHIYATOV, Stepan G.; VAGANOV, Eugene A.; BRIFFA, Keith R.; OSBORN, Timothy J.; SCHWEINGRUBER, Fritz H.; HARRIS, Ian C.; JONES, Philip D.; SHIYATOV, Stepan G.; VAGANOV, Eugene A. Low-frequency temperature variations from a northern tree ring density network. In: *JGR*, v. 106, n° D3, p. 2929–2941, 2001. ISSN: 0148-0227, DOI: 10.1029/2000JD900617. Disponível em: <<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2001JGR...106.2929B/abstract>>. Acesso em: 23/jan./26.

CAI, Wenju; MCPHADEN, Michael J.; GRIMM, Alice M.; RODRIGUES, Regina R.; TASCHETTO, Andréa S.; GARREAUD, René D.; DEWITTE, Boris; POVEDA, Germán; HAM, Yoo Geun; SANTOSO, Agus; NG, Benjamin; ANDERSON, Weston; WANG, Guojian; GENG, Tao; JO, Hyun Su; MARENGO, José A.; ALVES, Lincoln M.; OSMAN, Marisol; LI, Shujun; WU, Lixin; KARAMPERIDOU, Christina; TAKAHASHI, Ken; VERA, Carolina. Climate impacts of the El Niño–Southern Oscillation on South America. In: *Nat.*

Rev. Earth Environ., v. 1, nº 4, p. 215–231, 2020. ISSN: 2662138X, DOI: 10.1038/s43017-020-0040-3. Acesso em: 15/jan./26.

CAMARERO, J. Julio; MENDIVELSO, Hooz A.; SÁNCHEZ-SALGUERO, Raúl. How Past and Future Climate and Drought Drive Radial-Growth Variability of Three Tree Species in a Bolivian Tropical Dry Forest. *In: Latin American Dendroecology*, p. 141–167, 2020. ISBN: 978-3-030-36930-9, DOI: 10.1007/978-3-030-36930-9_7. Disponível em: <https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-36930-9_7>. Acesso em: 25/mar./26.

CARNEOSSO, Poliana Batista; QUATRIN, Angeliza; BATISTA, Silva; ZAMBARDA VAZ, Ricardo. IMPACTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA AGRICULTURA FAMILIAR: DESAFIOS, ADAPTAÇÕES E IMPLICAÇÕES SOCIOECONÔMICAS. 2024. Acesso em: 27/dez./25.

CAVALCANTE DA CRUZ, Maxwel; BENTOS, Tony Vizcarra; ROMMEL, Carlos; TAKACS, Tello; JOSÉ, Evandro; FERREIRA, Linhares. INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO, TEMPERATURA E LUMINOSIDADE NO COMPORTAMENTO FENOLÓGICO DE ESPÉCIES ARBÓREAS EM UMA FLORESTA NO LESTE DO ACRE. 2020, Brasil. Brasil: XI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Vitória/ES – 23 a 26. 2020. Disponível em: <<https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2020/VI-010.pdf>>. Acesso em: 16/jul./25.

CERRILLO, Rafael Ma Navarro; AGOTE, Nahia; PIZARRO, Fernando; CEACERO, Carlos J.; PALACIOS, Guillermo. Elements for a non-detriment finding of *Cedrela* spp. in Bolivia-A CITES implementation case study. *In: Journal for Nature Conservation*, v. 21, nº 4, p. 241–252, 2013. ISSN: 16171381, DOI: 10.1016/J.JNC.2013.01.003. Acesso em: 11/maio/25.

CERVI, Armando C.; LINSINGEN, Leonardo Von; PATRÍCIO, Patrícia E. O gênero *Cedrela* P. Browne (Meliaceae) no sul do Brasil. *In: Acta Biológica Paranaense*, v. 37, p. 105–110, 2008. ISSN: 2236-1472, DOI: 10.5380/ABPR.V37I0.13198. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/acta/article/view/13198>>. Acesso em: 01/jan./25.

CHAGAS, Vinicius B.P.; L. B. CHAFFE, Pedro; ADDOR, Nans; M. FAN, Fernando; S. FLEISCHMANN, Ayan; C. D. PAIVA, Rodrigo; SIQUEIRA, Vinicius A. CAMELS-BR: Hydrometeorological time series and landscape attributes for 897 catchments in Brazil. *In: Earth System Science Data*, v. 12, nº 3, p. 2075–2096, 2020. ISSN: 18663516, DOI: 10.5194/essd-12-2075-2020. Acesso em: 02/fev./26.

CHEN JIQUAN; FRANKLIN, J. F.; SPIES, T. A. Growing-season microclimatic gradients from clearcut edges into old-growth Douglas-fir forests. *In: Ecological Applications*, v. 5, nº 1, p. 74–86, 1995. ISSN: 10510761, DOI: 10.2307/1942053;WGROU:STRING:PUBLICATION. Disponível em: <[doi/pdf/10.2307/1942053](https://doi.org/10.2307/1942053)>. Acesso em: 16/jul./25.

CHERUBINI, Paolo; BATTIPAGLIA, Giovanna; INNES, John L. Tree Vitality and Forest Health: Can Tree-Ring Stable Isotopes Be Used as Indicators? *In: Current Forestry Reports*, v. 7, nº 2, p. 69–80, 2021. ISSN: 21986436, DOI: 10.1007/S40725-021-00137-8. Acesso em: 18/jan./26.

CONTI, J. B.; FURLAN, Sueli Angelo. Geoecologia: o clima, os solos e a biota. *In: Geografia do Brasil*, p. 549, 2011. ISBN: 9788531402425. Disponível em: <<https://repositorio.usp.br/item/002677187>>. Acesso em: 15/jun./25.

COOK, Edward. Methods of dendrochronology—Applications in the environmental sciences. *In: Environment International*, v. 17, n° 5, p. 499, 1991. ISSN: 01604120, DOI: 10.1016/0160-4120(91)90295-2. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0160412091902952>>. Acesso em: 20/jun./25.

COOK, Edward R.; MEKO, David M.; STAHL, David W.; CLEVELAND, Malcolm K. Drought Reconstructions for the Continental United States. *In: Journal of Climate*, v. 12, n° 4, p. 1145–1162, 1999. ISSN: 0894-8755, DOI: 10.1175/1520-0442(1999)012<1145:DRFTCU>2.0.CO;2. Disponível em: <https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/12/4/1520-0442_1999_012_1145_drftcu_2.0.co_2.xml>. Acesso em: 04/ago./25.

COOK, Edward R.; PEDERSON, Neil. Uncertainty, Emergence, and Statistics in Dendrochronology. *In: SPRINGER HOLANDA (org.)*. [no place]: [no publisher], 2011. p. 77–112. DOI: 10.1007/978-1-4020-5725-0_4. Disponível em: <https://link.springer.com/10.1007/978-1-4020-5725-0_4>. Acesso em: 21/jul./25.

COOK, E.R.; KAIRIUKSTIS, L. Methods of Dendrochronology - Applications in the Environmental Sciences. *In: Methods of dendrochronology: Applications in the environmental sciences*, v. 104, n° 3, p. 98–103, 1990. ISBN: 0-7923-0586-8, ISSN: 00489697. Disponível em: <<http://www.springer.com/us/book/9780792305866>>. Acesso em: 15/jan./26.

CORTÉS-FLORES, Jorge; ANDRESEN, Ellen; CORNEJO-TENORIO, Guadalupe; IBARRA-MANRÍQUEZ, Guillermo. Fruiting phenology of seed dispersal syndromes in a Mexican Neotropical temperate forest. *In: Forest Ecology and Management*, v. 289, p. 445–454, 2013. ISSN: 0378-1127, DOI: 10.1016/J.FORECO.2012.10.038. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378112712006354?via%3Dihub>>. Acesso em: 16/jul./25.

COURA, Samuel Martins da Costa. Mapeamento de vegetação do Estado de Minas Gerais utilizando dados MODIS. 2006. Acesso em: 25/jun./25.

ESPER, J.; SHIYATOV, S. G.; MAZEPA, V. S.; WILSON, R. J.S.; GRAYBILL, D. A.; FUNKHOUSER, G. Temperature-sensitive Tien Shan tree ring chronologies show multi-centennial growth trends. *In: Climate Dynamics*, v. 21, n° 7–8, p. 699–706, 2003. ISSN: 09307575, DOI: 10.1007/S00382-003-0356-Y. Acesso em: 23/jan./26.

ESPER, Jan; COOK, Edward R.; SCHWEINGRUBER, Fritz H. Low-Frequency Signals in Long Tree-Ring Chronologies for Reconstructing Past Temperature Variability. *In: Science*, v. 295, n° 5563, p. 2250–2253, 2002. ISSN: 00368075, DOI: 10.1126/SCIENCE.1066208. Disponível em: <doi/pdf/10.1126/science.1066208>. Acesso em: 15/jan./26.

ESTRADA-CONTRERAS, Israel; EQUIHUA, Miguel; LABORDE, Javier; MEYER, Enrique Martinez; SANCHEZ-VELASQUEZ, Lazaro R. Current and Future Distribution of the Tropical Tree *Cedrela odorata* L. in Mexico under Climate Change Scenarios Using

MaxLike. In: *PLOS ONE*, v. 11, nº 10, p. e0164178, 2016. ISSN: 1932-6203, DOI: 10.1371/JOURNAL.PONE.0164178. Disponível em: <<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0164178>>. Acesso em: 18/mar./25.

FONTANA, Cláudia; LÓPEZ, Lidio; SANTOS, Guaciara M.; VILLALBA, Ricardo; HORNINK, Bruna; ASSIS-PEREIRA, Gabriel; ROIG, Fidel A.; TOMAZELLO-FILHO, Mario. A new chronology of *Cedrela fissilis* (Meliaceae) for Southern Brazil: Combining classical dendrochronology and radiocarbon dating. In: *Dendrochronologia*, v. 85, p. 126214, 2024. ISSN: 16120051, DOI: 10.1016/j.dendro.2024.126214. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1125786524000511>>. Acesso em: 04/fev./26.

FONTANA, Claudia; OLIVEIRA, Juliano Morales; OLMEDO, Gabriela Moraes; CENCI, Bruna Treviso; BERTUZZI, Tatiane; ÁVILA, Artur; COSTA, Daniela. COMO UM CLIMA MAIS QUENTE AFETA O CRESCIMENTO SECUNDÁRIO DE UMA IMPORTANTE ESPÉCIE ARBÓREA DO SUL DA MATA ATLÂNTICA? 2016, UNISINOS, Gramado/RS. UNISINOS, Gramado/RS: Conference: 1ª REUNIÃO da ABECO, 5º SIMPÓSIO de ECOLOGIA TEÓRICA. At: 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/309534143_COMO_UM_CLIMA_MAI_QUENTE_AFETA_O_CRESCIMENTO_SECUNDARIO_DE_UMA_IMPORTANTE_ESPECIE_ARBOREA_DO_SUL_DA_MATA_ATLANTICA?channel=doi&linkId=58150c4c08aefbed6be3351&showFulltext=true>. Acesso em: 16/jul./25.

FRITTS, H C. *Tree Rings and Climate*. [no place]: Academic Press, 1976. ISBN: 9780122684500.

FRITTS, Harold C. Dendroclimatology and dendroecology. In: *Quaternary Research*, v. 1, nº 4, p. 419–449, 1971. ISSN: 0033-5894, DOI: 10.1016/0033-5894(71)90057-3. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0033589471900573>>. Acesso em: 13/jul./25.

FRITTS, Harold C.. *Tree rings and climate*. p. 567, 2001. ISBN: 1 930665 39 3. Acesso em: 04/ago./25.

GARTNER, Barbara L.; ALONI, Roni; FUNADA, Ryo; LICHTFUSS-GAUTIER, A. Nina; ROIG, Fidel A. Clues for dendrochronology from studies of wood structure and function. In: *Dendrochronologia*, v. 20, nº 1–2, p. 53–61, 2002. ISSN: 1125-7865, DOI: 10.1078/1125-7865-00007. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1125786504700077>>. Acesso em: 13/jul./25.

GBIF.ORG. (14 de maio de 2025) Download de ocorrência do GBIF. [sem data]. Disponível em: <<https://www.gbif.org/occurrence/download/0029380-250426092105405>>. Acesso em: 22/jul./25

GHOFRANI, Mahmoud. *Time Series Analysis and Applications*. In: MOHAMUDALLY, Nawaz (org.). [no place]: InTech, 2018. ISBN: 978-953-51-3742-9, DOI: 10.5772/intechopen.68262. Disponível em: <<http://www.intechopen.com/books/time-series-analysis-and-applications>>. Acesso em: 26/maio/25.

GRANATO-SOUZA, Daniela. Climate signals and rainfall reconstruction using Cedrela tree-ring chronologies from the Eastern Amazon Basin. Universidade Federal de Lavras, 2018. Disponível em: <<http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/31545>>. Acesso em: 21/jul./25

GRANATO-SOUZA, Daniela; STAHL, David W.; BARBOSA, Ana Carolina; FENG, Song; TORBENSON, Max C. A.; ASSIS PEREIRA, Gabriel DE; SCHÖNGART, Jochen; BARBOSA, Joao Paulo; GRIFFIN, Daniel. Tree rings and rainfall in the equatorial Amazon. *In: Climate Dynamics*, v. 52, n° 3–4, p. 1857–1869, 2019. ISSN: 0930-7575, DOI: 10.1007/s00382-018-4227-y. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s00382-018-4227-y>>. Acesso em: 30/jan./26.

GRANATO-SOUZA, Daniela; STAHL, David W.; BARBOSA, Ana Carolina; FENG, Song; TORBENSON, Max C.A.; ASSIS PEREIRA, Gabriel DE; SCHÖNGART, Jochen; BARBOSA, Joao Paulo; GRIFFIN, Daniel. Tree rings and rainfall in the equatorial Amazon. *In: Climate Dynamics 2018 52:3*, v. 52, n° 3, p. 1857–1869, 2018. ISBN: 0123456789, ISSN: 1432-0894, DOI: 10.1007/S00382-018-4227-Y. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s00382-018-4227-y>>. Acesso em: 15/jan./26.

GRIMM, Alice M. The El Niño impact on the summer monsoon in Brazil: Regional processes versus remote influences. *In: Journal of Climate*, v. 16, n° 2, p. 263–280, 2003. ISSN: 08948755, DOI: 10.1175/1520-0442(2003)016<0263:TENIOT>2.0.CO;2. Acesso em: 17/jul./25.

GROENENDIJK, Peter; BABST, Flurin; TROUET, Valerie; FAN, Ze Xin; GRANATO-SOUZA, Daniela; LOCOSSELLI, Giuliano Maselli; MOKRIA, Mulugeta; PANTHI, Shankar; PUMIJUMNONG, Nathsuda; ABIYU, Abrham; ACUÑA-SOTO, Rodolfo; ADENESKY-FILHO, Eduardo; ALFARO-SÁNCHEZ, Raquel; ANHOLETTO JUNIOR, Claudio Roberto; ARAGÃO, José Roberto Vieira; ASSIS-PEREIRA, Gabriel; ASTUDILLO-SÁNCHEZ, Claudia C.; CAROLINA BARBOSA, Ana; BARRETO, Nathan de Oliveira; BATTIPAGLIA, Giovanna; BEECKMAN, Hans; BOTOSSO, Paulo Cesar; BOURLAND, Nils; BRÄUNING, Achim; BRIENEN, Roel; BROOKHOUSE, Matthew; BUJAN, Supaporn; BUCKLEY, Brendan M.; CAMARERO, J. Julio; CARRILLO-PARRA, Artemio; CECCANTINI, Gregório; CENTENO-ERGUERA, Librado R.; CERANO-PAREDES, Julián; CERVANTES-MARTÍNEZ, Rosalinda; CHANTHORN, Wirong; CHEN, Ya Jun; CINTRA, Bruno Barçante Ladvoat; CORNEJO-OVIEDO, Eladio Heriberto; CORTÉS-CORTÉS, Otoniel; COSTA, Clayane Matos; COURALET, Camille; CRISPIN-DELACRUZ, Doris Bianca; D'ARRIGO, Rosanne; DAVID, Diego A.; RIDDER, Maaike DE; VALLE, Jorge Ignacio DEL; DÍAZ-CARRILLO, Oscar A.; DOBNER, Mário; DOUCET, Jean Louis; DÜNISCH, Oliver; ENQUIST, Brian J.; ESEMANN-QUADROS, Karin; ESQUIVEL-ARRIAGA, Gerardo; FAYOLLE, Adeline; FENILLI, Tatiele Anete Bergamo; FERRERO, M. Eugenia; FICHTLER, Esther; FINNEGAN, Patrick M.; FONTANA, Claudia; FRANCISCO, Kainana S.; FU, Pei Li; GALVÃO, Franklin; GEBREKIRSTOS, Aster; GIRALDO, Jorge A.; GLOOR, Emanuel; GODOY-VEIGA, Milena; GUERRA, Anthony; HANECA, Kristof; HARLEY, Grant Logan; HEINRICH, Ingo; HELLE, Gerhard; HERNÁNDEZ-DÍAZ, José Ciro; HORNINK, Bruna; HUBAU, Wannes; INGA, Janet G.; ISLAM, Mahmuda; JIANG, Yu mei; KAIB, Mark; HASSAN KHAMISI, Zakia; KOPROWSKI, Marcin; LAYME, Eva; LEFFLER, A. Joshua; LIGOT, Gauthier; LISI, Claudio Sergio; LOADER, Neil J.; LOBO, Francisco de Almeida; LONGHI-SANTOS, Tomaz; LOPEZ, Lidio; LÓPEZ-HERNÁNDEZ, María I.; LOUSADA, José Luís Penetra

Cerveira; MANZANEDO, Rubén D.; MARCON, Amanda K.; MAXWELL, Justin T.; MENDIVELSO, Hooz A.; MENDOZA-VILLA, Omar N.; MENEZES, Ítallo Romany Nunes; MONTÓIA, Valdinez Ribeiro; MOORS, Eddy; MORENO, Miyer; MUÑIZ-CASTRO, Miguel Angel; NABAIS, Cristina; NATHALANG, Anuttara; NGOMA, Justine; NOGUEIRA, Francisco de Carvalho; OLIVEIRA, Juliano Morales; OLMEDO, Gabriela Morais; ORTEGA-RODRIGUEZ, Daigard Ricardo; ORTÍZ, Carmen Eugenia Rodríguez; PAGOTTO, Mariana Alves; PAREDES-VILLANUEVA, Kathelyn; PÉREZ-DE-LIS, Gonzalo; PONCE CALDERÓN, Laura Patricia; PORTAL-CAHUANA, Leif Armando; PUCHA-COFREP, Darwin Alexander; QUADRI, Paulo; RAHMAN, Mizanur; RAMÍREZ, Jorge Andrés; REQUENA-ROJAS, Edilson Jimmy; REYES-FLORES, Judith; RIBEIRO, Adauto de Souza; ROBERTSON, Iain; ROIG, Fidel Alejandro; ROQUETTE, José Guilherme; RUBIO-CAMACHO, Ernesto Alonso; SÁNCHEZ-SALGUERO, Raúl; SASS-KLAASSEN, Ute; SCHÖNGART, Jochen; SCIPIONI, Marcelo Callegari; SHEPPARD, Paul R.; SILVA, Lucas C.R.; SLOTTA, Franziska; SORIA-DÍAZ, Leroy; SOUSA, Luciana K.V.S.; SPEER, James H.; THERRELL, Matthew D.; TICSE-OTAROLA, Ginette; TOMAZELLO-FILHO, Mario; TORBENSON, Max C.A.; TOR-NGERN, Pantana; TOUCHAN, Ramzi; BULCKE, Jan VAN DEN; VÁZQUEZ-SELEM, Lorenzo; VELÁZQUEZ-PÉREZ, Adín H.; VENEGAS-GONZÁLEZ, Alejandro; VILLALBA, Ricardo; VILLANUEVA-DIAZ, Jose; VLAM, Mart; VOURLITIS, George; WEHENKEL, Christian; WILS, Tommy; ZAVALETA, Erika S.; ZEWUDU, Eshetu Asfaw; ZHANG, Yong Jiang; ZHOU, Zhe Kun; ZUIDEMA, Pieter A. The importance of tropical tree-ring chronologies for global change research. *In: Quaternary Science Reviews*, v. 355, p. 109233, 2025. ISSN: 02773791, DOI: 10.1016/j.quascirev.2025.109233. Disponível em: <<https://research.wur.nl/en/publications/the-importance-of-tropical-tree-ring-chronologies-for-global-chan/>>. Acesso em: 24/mar./26.

HIJMANS, Robert J.; CAMERON, Susan E.; PARRA, Juan L.; JONES, Peter G.; JARVIS, Andy. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *In: International Journal of Climatology*, v. 25, nº 15, p. 1965–1978, 2005. ISSN: 08998418, DOI: 10.1002/JOC.1276;REQUESTEDJOURNAL:JOURNAL:10970088;JOURNAL:JOURNAL:10970088A;WGROU:STRING:PUBLICATION. Disponível em: <[/doi/pdf/10.1002/joc.1276](https://doi/pdf/10.1002/joc.1276)>. Acesso em: 15/jun./25.

HUGHES, Malcolm K. Dendrochronology in climatology – the state of the art. *In: Dendrochronologia*, v. 20, nº 1–2, p. 95–116, 2002. ISSN: 1125-7865, DOI: 10.1078/1125-7865-00011. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1125786504700119>>. Acesso em: 24/jun./25.

IBAMA. INSTRUÇÃO NORMATIVA IBAMA Nº 28, DE 11 DE DEZEMBRO DE 2024 - INSTRUÇÃO NORMATIVA IBAMA Nº 28, DE 11 DE DEZEMBRO DE 2024 - DOU - Imprensa Nacional. 2024. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/web/dou/-/instrucao-normativa-ibama-n-28-de-11-de-dezembro-de-2024-601443686>>. Acesso em: 24/mar./26.

IBGE. Amazônia Legal. *In: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. 2022. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/mapas-regionais/15819-amazonia-legal.html>>. Acesso em: 18/fev./25

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS – MG. IEF - Cobertura vegetal de Minas Gerais. 2006. Disponível em:

<<https://web.archive.org/web/20220619163527/http://www.ief.mg.gov.br/florestas>>. Acesso em: 25/jun./25

IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis | Climate Change 2021: The Physical Science Basis. 2021. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>>. Acesso em: 27/dez./25

LOCOSSELLI, Giuliano Maselli; CAMARGO, Evelyn Pereira De; MOREIRA, Tiana Carla Lopes; TODESCO, Enzo; ANDRADE, Maria de Fátima; ANDRÉ, Carmen Diva Saldiva De; ANDRÉ, Paulo Afonso De; SINGER, Julio M.; FERREIRA, Luciana Schwandner; SALDIVA, Paulo Hilário Nascimento; BUCKERIDGE, Marcos Silveira. The role of air pollution and climate on the growth of urban trees. *In: Science of The Total Environment*, v. 666, p. 652–661, 2019. ISSN: 18791026, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.02.291. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969719307892>>. Acesso em: 03/fev./26.

MAGDOFF, Fred. Late Victorian Holocausts: El Niño Famines and the Making of the Third World. By Mike Davis 2001. Verso, London and New York. US\$27, ISBN 1-85984-739-0, cloth. *In: Renewable Agriculture and Food Systems*, v. 20, n° 3, p. 190–192, 2005. ISSN: 1742-1705, DOI: 10.1079/RAF2005109. Acesso em: 15/jan./26.

MARCOS PIVETTA. Área no norte de Minas Gerais está no período mais seco dos últimos sete séculos : Revista Pesquisa Fapesp. *In: Edição 338*. 2024. Disponível em: <<https://revistapesquisa.fapesp.br/area-no-norte-de-minas-gerais-esta-no-periodo-mais-seco-dos-ultimos-sete-seculos/>>. Acesso em: 15/jan./26

MARENGO, J. A.; ESPINOZA, J. C. Extreme seasonal droughts and floods in Amazonia: causes, trends and impacts. *In: INTERNATIONAL JOURNAL OF CLIMATOLOGY*, v. 36, n° 3, p. 1033, 2016. ISSN: 0899-8418, DOI: 10.1002/JOC.4420. Disponível em: <<https://bv.fapesp.br/pt/publicacao/117171/extreme-seasonal-droughts-and-floods-in-amazonia-causes-tr/>>. Acesso em: 21/jul./25.

MARENGO, J. A.; LIEBMANN, B.; GRIMM, A. M.; MISRA, V.; SILVA DIAS, P. L.; CAVALCANTI, I. F.A.; CARVALHO, L. M.V.; BERBERY, E. H.; AMBRIZZI, T.; VERA, C. S.; SAULO, A. C.; NOGUES-PAEGLE, J.; ZIPSER, E.; SETH, A.; ALVES, L. M. Recent developments on the South American monsoon system. *In: International Journal of Climatology*, v. 32, n° 1, p. 1–21, 2012. ISSN: 08998418, DOI: 10.1002/JOC.2254. Disponível em: <https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/collection/paper/document/paper_08998418_v32_n1_p1_Marengo>. Acesso em: 24/jun./25.

MARTINELLI, Marcello. Clima do Estado de São Paulo. *In: Confins*, v. 8, n° 8, p. [16], 2010. ISSN: 1958-9212, DOI: 10.4000/confins.6348. Disponível em: <<https://journals.openedition.org/confins/6348>>. Acesso em: 15/jun./25.

MELLO, Carlos Rogério De; VIOLA, Marcelo Ribeiro. Mapeamento de chuvas intensas no estado de Minas Gerais. *In: Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 37, n° 1, p. 37–44, 2013. ISSN: 0100-0683, DOI: 10.1590/S0100-06832013000100004. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832013000100004&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em: 17/jul./25.

MORELLATO, L. Patricia C.; TALORA, Daniela C.; TAKAHASI, Adriana; BENCKE, Cinara C.; ROMERA, Eliane C.; ZIPPARRO, Valescka B. Phenology of Atlantic rain forest trees: A comparative study. *In: Biotropica*, v. 32, n° 4 B, p. 811–823, 2000. ISSN: 00063606, DOI: 10.1111/J.1744-7429.2000.TB00620.X. Acesso em: 05/maio/25.

MURAJA, Daniela Oliveira Silva; KLAUSNER, Virginia; PRESTES, Alan; SILVA, Iuri Rojahn DA. Ocean–atmosphere interaction identified in tree-ring time series from southern Brazil using cross-wavelet analysis. *In: Theoretical and Applied Climatology 2023 153:3*, v. 153, n° 3, p. 1177–1189, 2023. ISSN: 1434-4483, DOI: 10.1007/S00704-023-04456-7. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s00704-023-04456-7>>. Acesso em: 15/jan./26.

MURAJA, Daniela Oliveira Silva; LEITE, Cecília Lemes; PRESTES, Alan; KLAUSNER, Virginia. COMPARISON OF EL NIÑO-SOUTHERN OSCILLATION MEASUREMENT PARAMETERS THROUGH ITS INFLUENCES ON TREE GROWTH RINGS. *In: Anais do XXVII INIC, XXIII EPG, XVII INIC Jr, XIII INID, III ENEXUN*, 2023, São José dos Campos. São José dos Campos: Universidade do Vale do Paraíba. 2023. p. 1–6. Disponível em: <https://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2023/anais/arquivos/1016_0930_01.pdf>. Acesso em: 04/fev./26.

NAVARRO, Carlos; WARD, Sheila; HERNÁNDEZ, Marvin. A árvore *Cedrela odorata* (Meliaceae): Uma família morfologicamente espécies subdivididas na Costa Rica. *In: Revista de Biologia Tropical*, v. 50, n° (1), p. 21–29, 2002. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/11125734_The_tree_Cedrela_odorata_Meliaceae_A_morphologically_subdivided_species_in_Costa_Rica>. Acesso em: 29/maio/25.

NERES, Douglas Roberto; SANTOS, João Paulo Pereira; VICENTE, Marcelo Rossi; SANTOS, Ronaldo Medeiros Dos; LUCAS, Patricia de Oliveira e. Efeitos das mudanças climáticas na região norte de Minas Gerais. *In: Revista Mineira de Recursos Hídricos*, v. 6, p. e025001–e025001, 2025. ISSN: 2675-3359, DOI: 10.59824/RMRH.V6.329. Disponível em: <<https://periodicos.meioambiente.mg.gov.br/NM/article/view/329>>. Acesso em: 15/jan./26.

OBERHUBER, Walter; GRUBER, Andreas. Climatic influences on intra-annual stem radial increment of *Pinus sylvestris* (L.) exposed to drought. *In: Trees*, v. 24, n° 5, p. 887–898, 2010. ISSN: 0931-1890, DOI: 10.1007/s00468-010-0458-1. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s00468-010-0458-1>>. Acesso em: 13/jul./25.

ORTEGA RODRIGUEZ, Daigard Ricardo; SÁNCHEZ-SALGUERO, Raúl; HEVIA, Andrea; GRANATO-SOUZA, Daniela; ASSIS-PEREIRA, Gabriel; ROIG, Fidel A.; TOMAZELLO-FILHO, Mario. Long- and short-term impacts of climate and dry-season on wood traits of *Cedrela fissilis* Vell. in southern Brazilian Amazon. *In: Agricultural and Forest Meteorology*, v. 333, n° 5–6, p. 109392, 2023. ISSN: 01681923, DOI: 10.1016/j.agrformet.2023.109392. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s00382-018-4285-1>>. Acesso em: 25/mar./26.

PEREIRA, Gabriel de Assis; BARBOSA, Ana Carolina Maioli Campos; TORBENSON, Max Carl Arne; STAHLER, David William; GRANATO-SOUZA, Daniela; SANTOS, Rubens Manoel Dos; BARBOSA, João Paulo Delfino. The Climate Response of *Cedrela Fissilis*

Annual Ring Width in the Rio São Francisco Basin, Brazil. *In: Tree-Ring Research*, v. 74, nº 2, p. 162–171, 2018. ISSN: 1536-1098, DOI: 10.3959/1536-1098-74.2.162. Disponível em: <<http://www.bioone.org/doi/10.3959/1536-1098-74.2.162>>. Acesso em: 19/jun./25.

PETERS, Richard L.; GROENENDIJK, Peter; VLAM, Mart; ZUIDEMA, Pieter A. Detecting long-term growth trends using tree rings: A critical evaluation of methods. *In: Global Change Biology*, v. 21, nº 5, p. 2040–2054, 2015. ISSN: 13652486, DOI: 10.1111/gcb.12826. Disponível em: </doi/pdf/10.1111/gcb.12826>. Acesso em: 03/fev./26.

PIAO, Shilong; NAN, Huijuan; HUNTINGFORD, Chris; CIAIS, Philippe; FRIEDLINGSTEIN, Pierre; SITCH, Stephen; PENG, Shushi; AHLSTRÖM, Anders; CANADELL, Josep G.; CONG, Nan; LEVIS, Sam; LEVY, Peter E.; LIU, Lingli; LOMAS, Mark R.; MAO, Jiafu; MYNENI, Ranga B.; PEYLIN, Philippe; POULTER, Ben; SHI, Xiaoying; YIN, Guodong; VIOVY, Nicolas; WANG, Tao; WANG, Xuhui; ZAEHLE, Soenke; ZENG, Ning; ZENG, Zhenzhong; CHEN, Anping. Evidence for a weakening relationship between interannual temperature variability and northern vegetation activity. *In: Nature Communications 2014 5:1*, v. 5, nº 1, p. 5018–, 2014. ISSN: 2041-1723, DOI: 10.1038/ncomms6018. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/ncomms6018>>. Acesso em: 12/jan./26.

PIRES, Gilmara; PALERMO, Moura; VICENTE DE FIGUEIREDO LATORRACA, João; DOS, Heber; ABREU, Santos. MÉTODOS E TÉCNICAS DE DIAGNOSE DE IDENTIFICAÇÃO DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO DE ÁRVORES TROPICAIS. *In: Floresta e Ambiente*, v. 9, nº 1, p. 165–175, 2023. ISSN: 2179-8087. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/floram/a/Dd9779WVX3h5rhZwjYgRWgL/>>. Acesso em: 03/jun./25.

REBOITA, Michelle Simões; KRUSCHE, Nisia; AMBRIZZI, Tércio; ROCHA, Rosmeri Porfírio Da. Entendendo o tempo e o clima na América do Sul. *In: Terrae Didactica*, v. 8, nº 1, p. 34, 2015. ISSN: 1980-4407, DOI: 10.20396/td.v8i1.8637425. Disponível em: <<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/td/article/view/8637425>>. Acesso em: 15/jun./25.

REBOITA, Michelle Simões; RODRIGUES, Marcelo; SILVA, Luiz Felipe; ALVES, Maria Amélia. ASPECTOS CLIMÁTICOS DO ESTADO DE MINAS GERAIS (CLIMATE ASPECTS IN MINAS GERAIS STATE). *In: Revista Brasileira de Climatologia*, v. 17, 2015. ISSN: 2237-8642, DOI: 10.5380/ABCLIMA.V17I0.41493. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/41493>>. Acesso em: 15/jun./25.

REGO, G. M. Fenologia: ferramenta para conservação, melhoramento e manejo de recursos vegetais arbóreos. 2008. Acesso em: 25/mar./26

RINN, Frank. TSAP—Time Series Analysis and Presentation for WIN." TSAP WIN—Professional version. Time series analysis and presentation for dendrochronology and related applications. RinnTech, Heidelberg. 1996. Disponível em: <<https://rinntech.info/products/tsap-win/>>. Acesso em: 26/maio/25

RODRIGUEZ-CATON, Milagros; ANDREU-HAYLES, Laia; DAUX, Valérie; VUILLE, Mathias; VARUOLO-CLARKE, Arianna M.; OELKERS, Rose; CHRISTIE, Duncan A.; D'ARRIGO, Rosanne; MORALES, Mariano S.; PALAT RAO, Mukund; SRUR, Ana M.; VIMEUX, Françoise; VILLALBA, Ricardo. Hydroclimate and ENSO Variability Recorded

by Oxygen Isotopes From Tree Rings in the South American Altiplano. *In: Geophysical Research Letters*, v. 49, n° 4, p. e2021GL095883, 2022. ISSN: 19448007, DOI: 10.1029/2021GL095883. Disponível em: <doi/pdf/10.1029/2021GL095883>. Acesso em: 04/fev./26.

ROQUETTE, José Guilherme; LOBO, Francisco de Almeida; CURADO, Leone Francisco Amorim. Dendroclimatologia na Amazônia: aplicações e potencialidades. *In: Ciência Florestal*, v. 29, n° 1, p. 451–462, 2019. ISSN: 1980-5098, DOI: 10.5902/1980509831995. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/31995>>. Acesso em: 13/jul./25.

ROSA, Sejana Artiaga; SCHÖNGART, Jochen. Estudos dendroecológicos e dendroclimáticos de espécies arbóreas ocorrendo em diferentes tipologias de áreas úmidas, Brasil. 2010. Disponível em: <https://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-11/projeto_350_2011.pdf>. Acesso em: 29/jan./26.

ROSENZWEIG, Cynthia; MBOW, Cheikh; BARIONI, Luis G.; BENTON, Tim G.; HERRERO, Mario; KRISHNAPILLAI, Murukesan; LIWENGA, Emma T.; PRADHAN, Prajal; RIVERA-FERRE, Marta G.; SAPKOTA, Tek; TUBIELLO, Francesco N.; XU, Yinlong; MENCOS CONTRERAS, Erik; PORTUGAL-PEREIRA, Joana. Climate change responses benefit from a global food system approach. *In: Nature Food 2020 1:2*, v. 1, n° 2, p. 94–97, 2020. ISSN: 2662-1355, DOI: 10.1038/s43016-020-0031-z. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/s43016-020-0031-z>>. Acesso em: 27/dez./25.

ROZENDAAL, Danaë M.A.; ZUIDEMA, Pieter A. Dendroecology in the tropics: A review. *In: Trees - Structure and Function*, v. 25, n° 1, p. 3–16, 2011. ISSN: 09311890, DOI: 10.1007/S00468-010-0480-3. Acesso em: 21/maio/25.

SÁ JÚNIOR, Arionaldo. Aplicação da classificação de Köppen para o zoneamento climático do estado de Minas Gerais. 2009. Disponível em: <<http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/3076>>. Acesso em: 15/jun./25.

SANTOS, Larissa da Silva Bueno Dos; CARVALHO, Leticia Seles De; ROQUETTE, José Guilherme; SOUZA, Matheus Marcos Xavier De; AGOSTINI, Gabriel Bazanela De; DRESCHER, Ronaldo; MILANI, Jaçanan Eloisa de Freitas; FAVALESSA, Cyro Matheus Cometti. Dendroclimatology of *Cedrela fissilis* Vell. and *Copaifera langsdorffii* Desf. in an Urban Forest Under Cerrado Domain. *In: Forests 2025, Vol. 16*, v. 16, n° 2, 2025. ISSN: 19994907, DOI: 10.3390/f16020289. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/1999-4907/16/2/289>>. Acesso em: 04/fev./26.

SCHAUB, M; KAISER, K F; KROMER, B. Lateglacial tree-ring chronologies-A high resolution archive of the past. 2003. Acesso em: 26/maio/25.

SCHEUERER, Michael; BYERMOEN, Emilie; RIBEIRO DE OLIVEIRA, Julia; ROKSVÅG, Thea; VIKHAMAR SCHULER, Dagrun. Multi-decadal Streamflow Projections for Catchments in Brazil based on CMIP6 Multi-model Simulations and Neural Network Embeddings for Linear Regression Models. 2025. DOI: 10.5194/egusphere-2025-1603. Disponível em: <<https://egusphere.copernicus.org/preprints/2025/egusphere-2025-1603/>>. Acesso em: 02/fev./26.

SCHIKOWSKI, A. B.; MATTOS, P. P. De; ROSOT, N. C.; EMEREMCIANO, D. G.; FERNANDES, A. dos M.; SOTO, S. J. Potencial dendrocronológico de espécies arbóreas de Moçambique. *In: Embrapa Florestas. Comunicado técnico*, 264, p. 4, 2010. ISSN: 1517-5030. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/882102>>. Acesso em: 26/maio/25.

SCHÖNGART, Jochen; JUNK, Wolfgang J.; PIEDADE, Maria Teresa F.; AYRES, José Marcio; HÜTTERMANN, Aloys; WORBES, Martin. Teleconnection between tree growth in the Amazonian floodplains and the El Niño-Southern Oscillation effect. *In: Global Change Biology*, v. 10, n° 5, p. 683–692, 2004. ISSN: 13541013, DOI: 10.1111/J.1529-8817.2003.00754.X;PAGE:STRING:ARTICLE/CHAPTER. Disponível em: <<doi/pdf/10.1111/j.1529-8817.2003.00754.x>>. Acesso em: 15/jan./26.

SCHONS, Cristine Tagliapietra; NOTHDURFT, Arne; RITTER, Tim; FLEIG, Frederico Dimas. Climate sensitive tree growth modelling of *Myrcarpus frondosus* in Southern Brazil using tree-ring time series and distributed generalized additive lag models. *In: Forestry: An International Journal of Forest Research*, v. 98, n° 2, p. 278–292, 2025. ISSN: 0015-752X, DOI: 10.1093/FORESTRY/CPAE031. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.1093/forestry/cpae031>>. Acesso em: 18/jan./26.

SCHWEINGRUBER, Fritz Hans. Tree rings and environment. Dendroecology. *In: Tree rings and environment. Dendroecology*. [no place]: Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, WSL/FNP; Paul Haupt, 1996. 113–114 p. ISBN: 978-3-258-05458-2. Disponível em: <<https://www.dora.lib4ri.ch/wsl/islandora/object/wsl%3A10290/>>. Acesso em: 21/maio/25.

SHEPPARD, Paul R. Dendroclimatology: Extracting climate from trees. *In: Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, v. 1, n° 3, p. 343–352, 2010. ISSN: 17577799, DOI: 10.1002/wcc.42. Disponível em: <<doi/pdf/10.1002/wcc.42>>. Acesso em: 02/fev./26.

SILVA, Esmeraldo David Da; REBOITA, Michelle Simões. ESTUDO DA PRECIPITAÇÃO NO ESTADO DE MINAS GERAIS-MG. *In: Revista Brasileira de Climatologia*, v. 13, p. 2237–8642, 2013. ISSN: 2237-8642, DOI: 10.5380/ABCLIMA.V13I0.33345. Disponível em: <<https://ojs.ufgd.edu.br/rbclima/article/view/13731>>. Acesso em: 24/jun./25.

SILVA, José Maria Cardoso DA; LEAL, Inara Roberta; TABARELLI, Marcelo. Caatinga: The largest tropical dry forest region in South America. *In: Caatinga: The Largest Tropical Dry Forest Region in South America*, p. 1–482, 2018. ISBN: 9783319683393, DOI: 10.1007/978-3-319-68339-3/COVER. Acesso em: 09/jan./26.

SILVA, Luciano José Da; REBOITA, Michelle Simões; ROCHA, Rosmeri Porfírio Da. RELAÇÃO DA PASSAGEM DE FRENTES FRIAS NA REGIÃO SUL DE MINAS GERAIS (RSMG) COM A PRECIPITAÇÃO E EVENTOS DE GEADA. *In: Revista Brasileira de Climatologia*, v. 14, n° 1, p. 2237–8642, 2014. ISSN: 2237-8642, DOI: 10.5380/ABCLIMA.V14I1.36314. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/36314>>. Acesso em: 15/jun./25.

SILVA, Renato Candido Da. Vegetação de Minas Gerais - Geografia - InfoEscola. 2016. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/geografia/vegetacao-de-minas-gerais/>>. Acesso em: 25/jun./25.

SOUZA, Amaury; MEDEIROS, Elias Silva; OLINDA, Ricardo Alves; OLIVEIRA-JÚNIOR, José Francisco; POBOCIKOVA, Ivana; ABREU, Marcel Carvalho; CAVAZZANA, Guilherme Henrique; PANSERA, Wagner Alessandro. Trends and Hydroclimatic Variability in Brazil. In: *Earth Systems and Environment*, v. 8, n° 4, p. 1877–1892, 2024. ISSN: 2509-9426, DOI: 10.1007/s41748-024-00434-9. Disponível em: <<https://link.springer.com/10.1007/s41748-024-00434-9>>. Acesso em: 02/fev./26.

STAHLE, David W.; COOK, Edward R.; BURNETTE, Dorian J.; VILLANUEVA, Jose; CERANO, Julian; BURNS, Jordan N.; GRIFFIN, Daniel; COOK, Benjamin I.; ACUÑA, Rodolfo; TORBENSON, Max C.A.; SZEJNER, Paul; HOWARD, Ian M. The Mexican Drought Atlas: Tree-ring reconstructions of the soil moisture balance during the late pre-Hispanic, colonial, and modern eras. In: *Quaternary Science Reviews*, v. 149, p. 34–60, 2016. ISSN: 0277-3791, DOI: 10.1016/J.QUASCIREV.2016.06.018. Disponível em: <<https://experts.umn.edu/en/publications/the-mexican-drought-atlas-tree-ring-reconstructions-of-the-soil-m>>. Acesso em: 21/jul./25.

STEFANO, MV; CALAZANS, LS; SAKURAGUI, CM. Meliaceae. JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO. In: . *Lista de Espécies da Flora do Brasil. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro*, 2011.

STOKES, Marvin A.; SMILEY, Terah L. An Introduction to Tree-Ring Dating. [no place]: Chicago, IL: University of Chicago Press, 1968. Disponível em: <<https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=2652233>>. Acesso em: 02/ago./25.

THERRELL, Matthew D.; STAHLE, David W.; RIES, Lydia P.; SHUGART, Herman H. Tree-ring reconstructed rainfall variability in Zimbabwe. In: *Climate Dynamics*, v. 26, n° 7–8, p. 677–685, 2006. ISSN: 09307575, DOI: 10.1007/S00382-005-0108-2. Acesso em: 06/out./24.

TIAN, Hanqin; MELILLO, Jerry M.; KICKLIGHTER, David W.; DAVID MCGUIRE, A.; HELFRICH, John V.K.; MOORE, Berrien; VÖRÖSMARTY, Charles J. Effect of interannual climate variability on carbon storage in Amazonian ecosystems. In: *Nature*, v. 396, n° 6712, p. 664–667, 1998. ISSN: 00280836, DOI: 10.1038/25328. Acesso em: 12/jan./26.

TOMAZELLO FILHO, M.; BOTOSSO, Paulo; LISI, Claudio. Potencialidade da família Meliaceae para Dendrocronologia em regiões tropicais e subtropicais. 2000. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/280738500_Potencialidade_da_familia_Meliaceae_para_Dendrocronologia_em_regioes_tropicais_e_subtropicais>. Acesso em: 16/dez./24.

VALDEZ-HERNÁNDEZ, Mirna; ANDRADE, José Luis; JACKSON, Paula C.; REBOLLEDO-VIEYRA, Mario. Phenology of five tree species of a tropical dry forest in Yucatan, Mexico: Effects of environmental and physiological factors. In: *Plant and Soil*, v. 329, n° 1, p. 155–171, 2010. ISSN: 0032079X, DOI: 10.1007/S11104-009-0142-7/FIGURES/5. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-009-0142-7>>. Acesso em: 16/jul./25.

VEIGA, Milena de Godoy. Impacto das mudanças climáticas nos últimos 500 anos por meio de estudos dendroclimatológicos e isotópicos de árvores na região do Parque Nacional Cavernas do Peruaçu. São Paulo, 2023. DOI: 10.11606/T.41.2023.TDE-12092023-115305. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/41/41132/tde-12092023-115305/>>. Acesso em: 15/jan./26.

VENEGAS-GONZÁLEZ, Alejandro; CHAGAS, Matheus Peres; ANHOLETTO JÚNIOR, Claudio Roberto; ALVARES, Clayton Alcarde; ROIG, Fidel Alejandro; TOMAZELLO FILHO, Mario. Sensitivity of tree ring growth to local and large-scale climate variability in a region of Southeastern Brazil. *In: Theoretical and Applied Climatology 2015 123:1*, v. 123, nº 1, p. 233–245, 2015. ISSN: 14344483, DOI: 10.1007/s00704-014-1351-4. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s00704-014-1351-4>>. Acesso em: 04/fev./26.

VERA, Carolina; HIGGINS, W.; AMADOR, J.; AMBRIZZI, T.; GARREAUD, R.; GOCHIS, D.; GUTZLER, D.; LETTENMAIER, D.; MARENGO, J.; MECHOSO, C. R.; NOGUES-PAEGLE, J.; SILVA DIAS, P. L.; ZHANG, C. Toward a Unified View of the American Monsoon Systems. *In: Journal of Climate*, v. 19, nº 20, p. 4977–5000, 2006. ISSN: 0894-8755, DOI: 10.1175/JCLI3896.1. Disponível em: <<https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/19/20/jcli3896.1.xml>>. Acesso em: 24/jun./25.

VOGADO, Nara Oliveira; MORELLATO, Leonor Patrícia Cerdeira; CECCANTINI, Gregório Cardoso Tápias. Fenologia e dendrocronologia de duas espécies de Fabaceae em uma área de cerrado no sudeste do Brasil. 2014. DOI: 10.17616/R31N39. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/123935>>. Acesso em: 21/maio/25.

WIGLEY, T. M. L.; BRIFFA, K. R.; JONES, P. D. On the Average Value of Correlated Time Series, with Applications in Dendroclimatology and Hydrometeorology. *In: Journal of Climate and Applied Meteorology*, v. 23, nº 2, p. 201–213, 1984. ISSN: 0733-3021, DOI: 10.1175/1520-0450(1984)023<0201:OTAVOC>2.0.CO;2. Disponível em: <[http://journals.ametsoc.org/doi/10.1175/1520-0450\(1984\)023<0201:OTAVOC>2.0.CO;2](http://journals.ametsoc.org/doi/10.1175/1520-0450(1984)023<0201:OTAVOC>2.0.CO;2)>. Acesso em: 15/jan./26.

WIMMER, Rupert. Wood anatomical features in tree-rings as indicators of environmental change. *In: Dendrochronologia*, v. 20, nº 1–2, p. 21–36, 2002. ISSN: 1125-7865, DOI: 10.1078/1125-7865-00005. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1125786504700053>>. Acesso em: 13/jul./25.

WORBES, Martin. How to Measure Growth Dynamics in Tropical Trees a Review. *In: IAWA Journal*, v. 16, nº 4, p. 337–351, 1995. ISSN: 0928-1541, DOI: 10.1163/22941932-90001424. Disponível em: <https://brill.com/view/journals/iawa/16/4/article-p337_4.xml>. Acesso em: 01/jan./26.

XU, Kai; WANG, Xiangping; LIANG, Penghong; AN, Hailong; SUN, Han; HAN, Wei; LI, Qiaoyan. Tree-ring widths are good proxies of annual variation in forest productivity in temperate forests. *In: Scientific Reports 2017 7:1*, v. 7, nº 1, p. 1945–, 2017. ISSN: 20452322, DOI: 10.1038/s41598-017-02022-6. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/s41598-017-02022-6>>. Acesso em: 26/mar./26.

YAMAGUCHI, David K.; COOK, Edward R.; KAIRIUKSTIS, Leonardas A. Methods of Dendrochronology, Applications in the Environmental Sciences. *In: Arctic and Alpine Research*, v. 23, n° 1, p. 120, 1991. ISSN: 00040851, DOI: 10.2307/1551446. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/1551446?origin=crossref>>. Acesso em: 20/jun./25.