



ELISA MOUSINHO GOMES CARVALHO SILVA

**TRAJETÓRIAS DE CRESCIMENTO DE *Cedrela* spp. EM
FLORESTAS NEOTROPICAIS ÚMIDA E SAZONALMENTE
SECA**

LAVRAS - MG

2018

ELISA MOUSINHO GOMES CARVALHO SILVA

**TRAJETÓRIAS DE CRESCIMENTO DE Cedrela spp. EM FLORESTAS
NEOTROPICAIS ÚMIDA E SAZONALMENTE SECA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Ciências Florestais, para a obtenção do título de Mestra.

Profa. Dra. Ana Carolina Maioli Campos Barbosa
Orientadora

**LAVRAS – MG
2018**

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

Carvalho Silva, Elisa Mousinho Gomes.

Trajatórias de crescimento de *Cedrela* spp em florestas
neotropicais úmida e sazonalmente seca / Elisa Mousinho Gomes
Carvalho Silva. - 2018.

48 p. : il.

Orientador(a): Ana Carolina Maioli Campos Barbosa.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2018.

Bibliografia.

1. Dendroecologia. 2. Mudança de crescimento relativo. 3.
Distúrbios de crescimento. I. Barbosa, Ana Carolina Maioli
Campos. . II. Título.

ELISA MOUSINHO GOMES CARVALHO SILVA

**TRAJETÓRIAS DE CRESCIMENTO DE Cedrela spp. EM FLORESTAS
NEOTROPICAIS ÚMIDA E SAZONALMENTE SECA**

**GROWTH TRAJECTORIES OF Cedrela spp. IN NEOTROPICAL MOIST AND
SEASONALLY DRY FORESTS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Ciências Florestais, para a obtenção do título de Mestra.

APROVADA em 26 de setembro de 2018.

Dra. Patrícia Vieira Pompeu

USP

Dr. Marco Aurélio Leite Fontes

UFLA

Profa. Dra. Ana Carolina Maioli Campos Barbosa
Orientadora

**LAVRAS – MG
2018**

À Minha querida avó Maria Lúcia

DEDICO

AGRADECIMENTO

Há um tempo tinha CERTEZA ABSOLUTA (com redundância e tudo!) que não conseguiria escrever esta dissertação. Pensava ser incapaz e fraca e foi um custo, entre quedinhas e quedonas. Hoje, escrevendo esta parte, tenho CERTEZA que a gente não tem certeza de nada. Suponho que o que nos motiva é querer saber e sermos surpreendidos com as hipóteses negadas ou confirmadas ao longo na nossa passagem por aqui.

Meus pais, Laura e Romeu; e meus irmãos, Pedro, João e Tomás; são amor, alegria, força, luz, humor, música, energia e inspiração nessa minha passagem desde de que cheguei, em todo momento. Sou muito grata por tê-los sempre comigo.

Meu amor, chegou há um ano e foi fundamental nessa reta final. Antônio me deu carinho, amor, conselhos e segurança. Muito obrigada, meu Barulindo Bom, pela inspiração e paciência!

Camila Farrapo e Gabriel Assis, amigásssos desde o início do mestrado, foram parceiros para carregar amostras, organizar, lixar, aprender a contar anéis, prosear, medir no lintab, datar, tomar café, analisar, correlacionar, almoçar no RU, fazer gráficos, figuras, escrever, farrear, fazer referências, salada de frutas... Presentes de perto e de longe, foram fundamentais desses 2 anos. Quero muitos outros anos de Luz e Ação! Love you so much, travelling guys!!

Carol, querida orientadora; foi mãe, amiga e professora; dando aulas, ideias, força, puxões de orelha, carinho e compreensão. Muito agradecida por tudo, Ana Carolinda!!

Patrícia e Marco, pesquisadores que admiro muito; agradeço pelas sugestões enriquecedoras, por me fazerem olhar com outros olhos para meu trabalho e pela disponibilidade de participarem da banca.

À toda turma do Laboratório de Dendroecologia. Com destaque ao quarteto: Henrique, Carol, Bruno e Lorena, pelas ajudas, prosas, pelo carinho e por deixarem as coisas mais leves.

Aos companheiros da Ecologia Florestal, com destaque especial aos meus ídolos: Cléber Rodrigo e Carol Njaime, pelo carinho, amizade e exemplo de pessoas e pesquisadores maravilhosos. À eles, junto com Coruja, Wanderley, Wilder, Ravi, os professores, alunos e a turma toda, pela, força, abraços, conselhos e boas prosas com café.

Ao Chaim Lasmar, meu amigo, irmão, marido e grande culpado dessa história de pós; pelas dicas, pela força e pelo cuidado. Ao casal Goula Gourmet, Sabrina e Francis, pelas prosas, cafés, comidinhas maravilhosas e apoio. À Laura Dulce maravilhosda, louca e cabeça boa

demais, pelas conversas, caronas e força. Ao Roberto/Betinho pelas prosas, boas risadas e morangos deliciosos. À toda Chá de Boldo pelo companheirismo e carinho. Amo vocês.

Às migs; Bárbara, Bossnita, Clá, Doce, Esther, Jazz, Julinha, Ju, Lalá, Lelê, Mansa, Maraia, Marina, Mel, Nat, Norminha, Patrica, Sassá e Tisa; mulheres maravilhosas em todos os sentidos, pela união e disposição de dar força, apoio, conselhos, com humor, garra e energia. Vocês são pe-ta-cu-la-res!

Aos amigos que ganhei em Lavras e levarei comigo até ficar velhinha, Diogo, Gi, Fer, Fê, Mandi, Rapha e Sânia.... Sou muito grata por tudo!!

Às minhas cunhadas, em especial à Talita, pela força toda. Aos meus sobrinhos, Teodoro, Ernesto, Teresa e Isadora, por serem tão lindos, amorosos e por me fazerem querer ser melhor. À vovó Lu, que é inspiradora e sempre botou muita fé em mim; pela força, carinho e ótimas acolhidas! Aos meus avós Marina e Edgard, pelo carinho e tanta torcida. Às Tias e aos tios, primas e primos que deram força e torceram por mim. MUITÍSSIMO agradecida pelas energias!

Às bonitas da Serra São José, Biá, Carol, Gabi, Laurinha, Susi, Telminha, Uxy, Xandinha; pelo carinho, torcida, aconchego, força e exemplo!

Aos presentes do universo, Carol, Gabi e Graci, pela existência, gestos e palavras nas horas alegres e difíceis. Amo muito vocês.

Ao Francesco Alejandro, meu gostoso companheiro, mesmo quando mal tocado. Pela companhia, pelo consolo, escape, auxílio para extravasar tudo quanto há, pelo colo, por me aguentar e, às vezes, me ajudar a ser aguentada, pela parceria na alegria, por tudo.

Ao Cello Samba Trio do Jacques Morelenbaum, DiBigode, Bexiga 70, Mazurkas com acordeon, Graveola e o Lixo Polifônico, Luiz Gabriel Lopes, Liniker, Cromossomo Africano, Fela Kuti, Arnaldo Antunes, Secos e Molhados, Mutantes, Marisa Monte, Nação Zumbi, Rita Lee, Zeca Baleiro, Elza Soares, Caetano, Bethânia, Gil, Chico, Belchior e muitos outros e outras que tiveram e têm grande importância em todos os momentos. Gratidão à música!

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pela bolsa que viabilizou meus estudos nesse período. À todos os professores, alunos e funcionários do Departamento de Ciências Florestais pela amizade e pelos ensinamentos.

À NSF, à FAPEMIG e à parceria da UFLA com a Universidade do Arkansas nos projetos “Amazon Tree-Ring Chronologies for Climate and Streamflow reconstruction” e “Dendroclimatologia em Florestas Sazonalmente Secas na Bacia do São Francisco”. Foi muito bacana participar desses projetos.

Ao Fernando Haddad pela criação do Sistema de Seleção Unificada (SiSU) que me possibilitou estudar em Lavras, submersa numa universidade federal tão rica e diversa que é a UFLA.

À Natureza.

RESUMO GERAL

As região neotropical abriga uma das florestas megadiversas mais ameaçadas do globo. Por isso, urge desenvolver estudos que produzam dados confiáveis e argumentos a favor da conservação. A dendrocronologia, ciência dos anéis de crescimento das árvores, é uma ferramenta que permite a reconstrução do histórico da vida das árvores e assim, uma melhor compreensão sobre seus crescimentos. Em vista da grande amplitude de ocorrência nos neotrópicos e a presença de anéis anuais bem distintos, o gênero *Cedrela* é o alvo do nosso estudo. Reconstruímos as trajetórias de crescimento de árvores de *Cedrela* spp. em duas regiões tropicais contrastantes: *Cedrela odorata* em floresta úmida da Amazônia e *Cedrela fissilis* em floresta sazonalmente seca do ecótono Cerrado-Caatinga. Utilizamos secções transversais e amostras obtidas com trado de incremento. Preparamos as amostras seguindo o padrão dos procedimentos dendrocronológicos, incluindo a técnica do gráfico-esqueleto para a datação das séries de anéis de crescimento. Calculamos mudanças relativas de crescimento por indivíduo, detectamos eventos de distúrbios anuais (liberações e supressões) e testamos a correlação climática, utilizando o Índice de Severidade de Seca de Palmer (PDSI) nos dois sítios. Quando sincronizamos as frequências de eventos de distúrbios por ano do calendário, observamos que a população de *Cedrela odorata* da floresta úmida teve uma frequência menor em comparação a da população de *C. fissilis* da floresta seca, onde os eventos de supressão são mais relacionados às influencias climáticas. Quando relacionamos à idade das árvores, a floresta úmida apresentou baixa frequência de eventos de supressão, enquanto a floresta seca apresentou baixa frequência de eventos de supressão e de liberação. O padrão de crescimento radial da floresta tropical seca correlacionou positivamente com o índice derivado do PDSI, ao passo que não foi encontrada correlação com o da floresta tropical úmida, demonstrando que a variação do crescimento pode ser influenciada por uma dinâmica florestal complexa, incluindo competição por luz e outros fatores aclimáticos. Esses resultados fornecem informações sobre o crescimento de espécies nativas neotropicais que podem servir como base para futuras pesquisas e monitoramentos visando a conservação.

Palavras-chave: Dendroecologia. Mudança de crescimento relativo. Distúrbios de crescimento. Floresta Amazônica. Cerrado-Caatinga. Ecologia Florestal.

ABSTRACT

The Neotropical region harbours one among the world's most threatened megadiverse forests. Therefore, the development of studies that produce reliable data and arguments to favour its conservation is urgent. Dendrochronology, the science of tree-rings, is a tool that allows the reconstruction of the tree's life history and thus, a better understanding of tree growth. In view of its widespread distribution in the Neotropics and the formation of very distinct annual growth rings, the genus *Cedrela* is the target for this study. We reconstructed the growth trajectories of *Cedrela* spp. trees in two contrasting regions: *Cedrela odorata* from the Tropical Moist Forest of the Amazon and *Cedrela fissilis* from the Tropical Dry Forest of the Cerrado-Caatinga ecotone. We used cross sections and cores obtained by increment borer. We prepared the samples following standard dendrochronological procedures, including the skeleton-plot method for crossdating tree-ring time series. We calculated relative changes in growth per individual, detected annual disturbance events (releases and suppressions) and tested the climatic correlation using the Palmer Drought Severity Index (PDSI) at both sites. When we synchronized the frequency of the disturbance events per calendar year, we observed that the population of *Cedrela odorata* from the moist forest had a lower frequency compared to the *C. fissilis* population from the dry forest, where suppression events are more related to climatic influence. When related to tree age, the moist forest presented low frequency of suppression events, while the dry forest presented low frequency of suppression and release events. The radial growth pattern of Tropical Dry Forest correlated positively with the index derived from PDSI, whereas no correlation was found for the moist forest, showing that tree growth variation may be influenced by complex forest dynamics, including light competition and other non-climatic factors. These results provide information on the growth of Neotropical native species that can serve as a basis for future research and monitoring for conservation.

Keywords: Dendroecology. Relative growth change. Growth disturbances. Amazonian Forest. Cerrado-Caatinga. Forest Ecology.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

- Figura 1 Distribuições das espécies *Cedrela fissilis* e *C. odorata*. 18

CAPÍTULO 2

- Figura 1 (A) Brazilian map including sampled location in the tropical moist forest site (square) and tropical dry forest (triangle), and *Cedrela odorata* (black dots) and *C. fissilis* (white dots) distribution (Specieslink, 2018); Normal climatological from (B) tropical moist forest (TMF) and (C) tropical dry forest (TDF) areas (1961–2017; INMET 2017). 42
- Figura 2 Interseries correlation among all trees from each site. The black curve represents the mean and the grey shadow represents all the increment series from each site. The TMF shows 86 trees from 1786 to 2016 and the TDF shows 58 trees from 1842 to 2016. The results were above the critical level, with 99 percent of confidence. 43
- Figura 3 Release (green bars) and suppression (red bars) events frequency per calendar year. In the second axis, the *Cedrela* spp. population from tropical moist forest annual increment average. 44
- Figura 4 Release (green bars) and suppression (red bars) events frequency per calendar year. In the second axis, the *Cedrela* spp. population from tropical dry forest annual increment average. 45
- Figura 5 Release (green bars) and suppression (red bars) events frequency per tree age of *Cedrela* spp. population from tropical moist forest. 46
- Figura 6 Release (green bars) and suppression (red bars) events frequency per tree age of *Cedrela* spp. population from tropical dry forest. 47

SUMÁRIO

	CAPÍTULO 1	13
1	INTRODUÇÃO GERAL	14
2	ANTECEDENTES	15
	2.1 Dendrocronologia	15
	2.2 O gênero cedrela	17
	2.3 Este estudo	19
3	OBJETIVO GERAL	20
	Objetivos específicos	20
	Hipóteses e predições	20
4	REFERÊNCIAS	22
	 CAPÍTULO 2	 28
	GROWTH TRAJECTORIES OF <i>Cedrela</i> spp. FROM MOIST AND DRY NEOTROPICAL FORESTS	
	ABSTRACT	29
1	INTRODUCTION	30
2	MATERIAL AND METHODS	31
	2.1 Study site and target species	31
	2.2 Sample collection and Tree-ring Chronologies	32
	2.3 Determination of Relative Growth Change	33
	2.4 Climatic factor	33
3	RESULTS	34
	3.1 Tree-ring Chronologies statistics	34
	3.2 Relative Growth Change by Calendar	34
	3.3 Relative Growth Change by Tree Age	35
	3.4 Climatic factor	35
4	DISCUSSION	35
5	FINAL REMARKS	37
	REFERENCES	38
	 CONCLUSÃO GERAL	 48

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO GERAL E ANTECEDENTES

1 INTRODUÇÃO GERAL

Os ambientes florestais são convertidos em outros tipos de uso do solo há séculos, processo acelerado devido à grande expansão da agricultura e da pecuária, à superexploração madeireira, ao aumento da área urbana e dos resíduos (Venter *et al.*, 2016, Gibson *et al.*, 2011). A região tropical é a que apresenta a maior cobertura e diversidade de espécies arbóreas do globo, que são importantes pelo seu papel no regime hidrológico, na ciclagem de nutrientes e inúmeros processos ecossistêmicos (Pan *et al.*, 2013).

Devido às suas diferentes condições hidro-climáticas, topográficas e edáficas, as florestas neotropicais abrigam milhares de espécies arbóreas (Slik *et al.*, 2015), sendo o Brasil o país mais megadiverso do mundo (DaSilva *et al.*, 2012), abrigando diversas formações florestais. Os biomas Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica, Caatinga, Pantanal e Pampa apresentam complexos de vegetação bem distinto em relação à distribuição e composição de espécies (Coutinho, 2006). Devido à exploração de matéria prima, economia baseada em produção agrícola e pelo próprio crescimento populacional, o Brasil é um dos países que mais sofre pressões florestais (Leblois *et al.*, 2017). Por isso, há urgência em concentrar esforços no desenvolvimento de estudos sobre suas florestas a fim de produzir argumentos favoráveis e que sustentem políticas de conservação.

A grande maioria dos estudos na área florestal que aborda questões de composição florística, distribuição de espécies, mortalidade, recrutamento e crescimento de indivíduos, são feitos empregando dados de parcelas temporárias e permanentes. Porém, para obtermos informações de longo prazo sobre florestas, dados amostrais provenientes de parcelas permanentes apresentam grande importância, mas são considerados insuficientes (Clark; Clark, 2001; Brienen *et al.*, 2006; Schöngart, 2008). De forma complementar, a dendrocronologia permite, através da análise dos anéis de crescimento de uma árvore, a reconstrução do histórico de toda sua vida, como sua trajetória de crescimento e os efeitos climáticos e ambientais na sua formação. Possibilitando obter informação da idade, taxa de crescimento, relação clima-crescimento, manejo e conservação de espécies por área (Schöngart *et al.* 2017).

Na zona temperada, os estudos com anéis anuais de árvores contribuíram com informações climatológicas (Sheppard, 2010), na detecção de eventos de distúrbios florestais para uma melhor compreensão do crescimento das árvores (Rubino; McCarthy, 2004), com o aumento de importantes dados arqueológicos (Čufar, 2007) e se mostraram promissores para

prever o comportamento de florestas após alterações climáticas (Sass-Klaassen *et al.*, 2016). Na região tropical, Dietrich Brandis foi o primeiro a usar dessa técnica para auxiliar no manejo sustentável com *Tectona grandis* no período entre 1850 e 1880 (Worbes, 2002; Schongart *et al.*, 2017). Porém, por décadas acreditou-se que as espécies de florestas tropicais não formavam anéis de crescimento anuais devido à falta de um rigoroso inverno, um mito que acarretou em uma grande lacuna dos estudos de dendrocronologia nos trópicos com efeito até os dias atuais (Worbes, 2002; Schöngart *et al.*, 2017).

Atualmente, há 220 espécies de árvores, de 46 famílias, com a presença de anéis de crescimento anuais comprovada na região neotropical (Schöngart *et al.*, 2017). Villalba *et al.* (1985), estudando a espécie *Cedrela angustifolia* Sessé & Moc. ex DC., publicaram sobre o potencial dos anéis de crescimento do gênero *Cedrela* P. Browne no norte da Argentina. Todavia, apenas a partir do final do século passado que o gênero foi largamente aplicado com sucesso em diversos estudos dendrocronológicos (Villalba *et al.*, 1992; Worbes, 1999; Dünisch *et al.*, 2003; Brienen e Zuidema 2005; Dünisch, 2005; Bräuning *et al.*, 2009; Brienen *et al.*, 2010; Lobão, 2011; Baker *et al.*, 2015; Paredes-Villanueva *et al.*, 2016).

Devido à grande amplitude de ocorrência e à formação de anéis anuais bem distintos, o gênero *Cedrela* é considerado o mais promissor para estudos dendrocronológicos nos Neotrópicos. A fim de aumentar o conhecimento sobre as trajetórias de crescimento de espécies neotropicais, analisamos os ritmos de crescimento de árvores de *Cedrela fissilis* Vellozo e *Cedrela odorata* L., nas florestas tropicais úmidas da Amazônia e secas do ecótono Cerrado-Caatinga, a partir dos seus anéis de crescimento.

2 ANTECEDENTES

2.1 Dendrocronologia

A dendrocronologia é a ciência que busca construir cronologias a partir dos anéis de crescimento das árvores (Cook; Kairiukstis, 1990; Fritts, 1976) que registram informações sobre o ambiente ao longo de suas vidas. Tais informações podem ser decodificadas e apresentadas em resolução anual, datadas conforme os anos do calendário (Fritts, 1976; Tomazello Filho; Botosso; Lisi, 2001). Esta ferramenta transformou as análises temporais e espaciais do clima nas zonas temperadas, onde possibilitou a reconstrução de secas continentais (Cook *et al.*, 1999; Stahle *et al.*, 2016; Stahle *et al.*, 2011a; 2011b; Stahle *et al.*, 2007; Stahle *et*

al., 2000), de variações da temperatura (Briffa *et al.*, 1992; Schippers *et al.*, 2015; YI *et al.*, 2012), de amplitudes dos pulsos de inundação fluvial (Ballesteros-Cánovas *et al.*, 2015; Wertz; George; Zeleznik, 2013), e ampliou o entendimento das dinâmicas ecológicas regionais e locais (Brienen; Zuidema; Martínez-Ramos, 2010; Brienen *et al.*, 2009; Swetnam; Betancourt, 1998; Zhang, 2015).

Os requisitos para a viabilidade de uma espécie arbórea para a construção de cronologias de anéis de crescimento são: i) apresentar ritmo de crescimento radial anual, por meio da dormência cambial induzida por um fator ambiental determinante; ii) formar anéis de crescimento distintos e visíveis macroscopicamente, que permitam clara demarcação das zonas de crescimento formadas a cada ano; iii) consistência da variável medida dentro de uma mesma árvore e entre árvores em determinado sítio. Este último pode ser descrito como sincronismo, que é o que possibilita a construção de cronologias pela codatação, ou datação cruzada (Stahle *et al.*, 1999).

Nas últimas décadas, estudos com espécies tropicais comprovaram a existência de anéis anuais nessa região e evoluíram quanto às suas aplicações na dendroecologia e na dendroclimatologia (Rozendaal; Zuidema, 2011; Brienen Schöngart; Zuidema, 2016). Até o presente, dois mecanismos principais se mostraram capazes de induzir a formação de anéis anuais distintos e sincronizados em espécies tropicais:

- 1) Pulsos anuais de inundação em planícies alagáveis (Brienen; Schöngart; Zuidema, 2016; Schöngart *et al.*, 2002; 2005; Worbes, 1989). As inundações geram condições anaeróbicas na zona radicular das árvores que acarretam em respostas fenológicas como deciduidade das folhas, dormência cambial, e a formação de anéis anuais anatomicamente distintos (Schöngart *et al.*, 2002; Worbes, 1997).
- 2) Sazonalidade bem definida da precipitação (Brienen; Schöngart; Zuidema, 2016; Dünisch *et al.*, 2002; Stahle *et al.*, 1999). No período de seca o estresse hídrico nas árvores resultará na deciduidade das folhas, cessando a atividade cambial e uma camada distinta de madeira é formada (Brienen; Schöngart; Zuidema, 2016; Fritts, 1976).

Os anéis de crescimento, ao serem analisados nos estudos dendrocronológicos, fornecem informações sobre o ambiente possibilitadas pela reconstrução do crescimento de cada árvore. Desta forma, geram dados sobre idade, taxa de crescimento anual e média, trajetória do crescimento, e possibilitam a estimativa de incrementos anuais em altura, volume

e biomassa acima do solo. A diferença nos padrões de crescimento das árvores é essencial para se compreender aspectos ecológicos na dinâmica dos ecossistemas florestais (Brienen; Zuidema; Martinez-Ramos, 2010; Nock; Metcalfe; Hietz, 2016).

As trajetórias de crescimento das árvores ajudam a compreender os efeitos das condições locais e perturbações na floresta (Nock; Metcalfe; Hietz, 2016). Variações nas taxas de crescimento estão relacionadas a diferentes demandas de luz pelas espécies (Baker; Bunyavejchewin, 2006) e disponibilidade de recursos, como a água (Brienen; Zuidema, 2006). Quando o crescimento radial de um indivíduo arbóreo passa por um período de crescimento relativo abaixo da média, devido à condições desfavoráveis, por mais de 5 anos consecutivos, consideramos um evento de supressão. No caso de um período por mais de 5 anos seguidos, em que o crescimento radial relativo da árvore é acima da média, consideramos um evento de liberação (Brienen *et al.*, 2010).

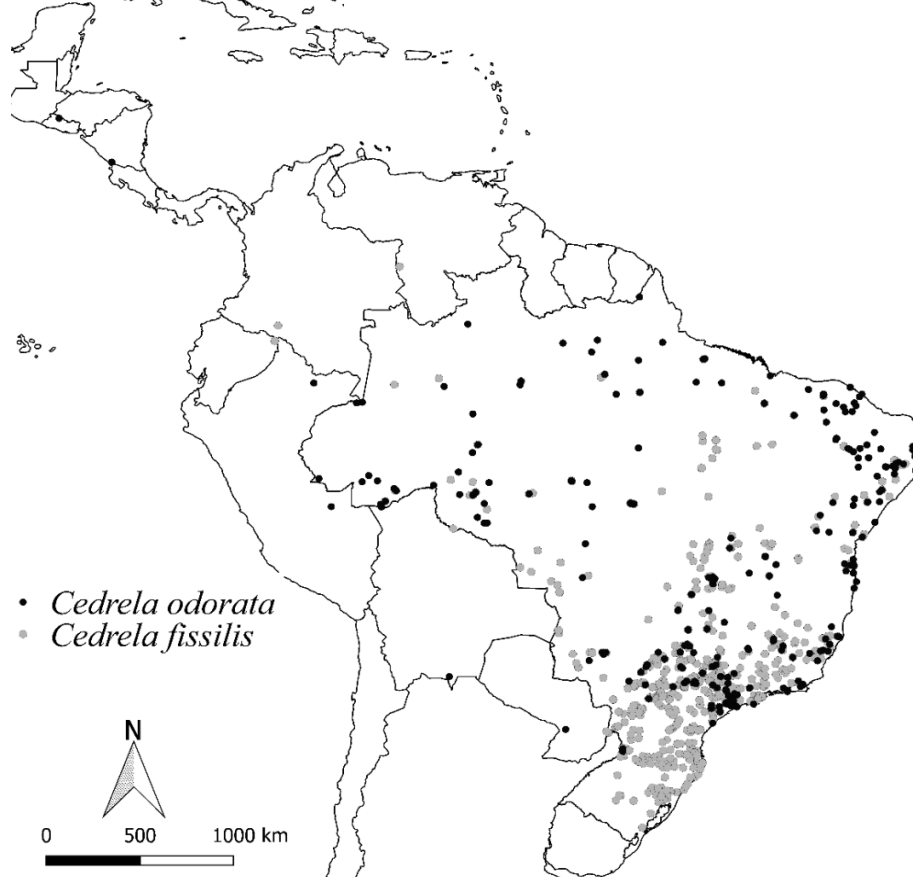
Para o gerenciamento de um manejo sustentável são necessários dados confiáveis sobre o crescimento das espécies arbóreas. Entretanto, a maior parte desses dados é advinda de parcelas permanentes e abrange períodos de tempo curtos em relação ao tempo de vida de uma árvore tropical (Brienen *et al.*, 2006; Schöngart, 2008). Os anéis de crescimento já foram utilizados, de forma auxiliar, para construir e validar modelos de crescimento de árvores e modelos populacionais em florestas tropicais, possibilitando a determinação da idade de povoamentos arbóreos, idade de corte para árvores, tempo necessário para a recuperação das árvores e projeções de crescimento (Rozendaal; Zuidema, 2011; Schöngart *et al.*, 2017).

2.2 O gênero *Cedrela*

O gênero *Cedrela* P. Browne, pertencente à família Meliaceae, inclui 17 espécies distribuídas da América Central à América do Sul (Pennington; Muellner, 2010). O gênero inclui espécies madeireiras de importância econômica global (Cavers *et al.*, 2013). Segundo Lorenzi (1998, 2014), as espécies *Cedrela odorata* L. e *Cedrela fissilis* Vellozo, apresentam ampla ocorrência natural em quase todo o país (Figura 1), sendo que a *C. odorata* ocorre preferencialmente em florestas ombrófilas (Muellner *et al.*, 2010). Ambas são muito apreciadas comercialmente pelas excelentes propriedades físico-mecânicas de suas madeiras, utilizadas na construção civil, naval e aeronáutica; empregadas para a produção de compensados, laminados, móveis, molduras, esculturas, instrumentos musicais e na marcenaria em geral; além de produzir óleo essencial usado em perfumaria (Dávila *et al.*, 2008; Lorenzi, 1998, 2014). São

largamente empregadas no paisagismo e consideradas de grande importância na composição de reflorestamentos heterogêneos para recuperação de áreas degradadas (Lorenzi, 1998, 2014). Devido à excessiva exploração e degradação de seus habitats, as espécies *C. odorata* e *C. fissilis* foram incluídas na Lista Vermelha da União Internacional (IUCN, 2018).

Figura 1 – Distribuições das espécies *Cedrela fissilis* e *C. odorata*.



Legenda: Distribuições das espécies *Cedrela fissilis* e *C. odorata* baseadas em dados de coleções de herbário. Retirado do site SpeciesLink (2017).

Fonte: Da autora (2018).

O gênero *Cedrela* apresenta ampla distribuição, ocorrendo em habitats úmidos e secos da região Neotropical (Lorenzi, 1998, 2014; Muellner *et al.*, 2010). Suas espécies geralmente são decíduas e moderadamente tolerantes à sombra. Elas crescem rapidamente em clareiras florestais em solos e relevos variáveis, mas requerem boa drenagem (Justiniano *et al.*, 2003). Adaptações morfológicas indicaram a origem de *Cedrela* em floresta seca sob climas sazonais (Muellner *et al.*, 2010) e estudos filogenéticos sustentaram que a diversificação do gênero ocorreu na América do Sul com posterior recolonização na América Central antes da formação do Istmo do Panamá (Cavers *et al.*, 2013). O gênero possui também, fenologia foliar decidual, anéis de crescimento anatomicamente distintos e alta taxa de crescimento radial, atributos

importantes para estudos dendrocronológicos (Hietz; Wanek; Dünisch, 2005; Brienens *et al.*, 2012).

O reconhecimento da potencialidade de *Cedrela* spp. para análises dendrocronológicas despertou o interesse de diversos pesquisadores na América do Sul. Um estudo realizado por Volland e colaboradores (2016), demonstrou a possibilidade da reconstrução hidro-climática dos Andes no Equador, através dos anéis de crescimento de *Cedrela montana* Moritz ex Turcz, onde apresentaram alta correlação com a precipitação, frequência de dias chuvosos e cobertura de nuvens sobre a cordilheira. Outros estudos apontam alta sensibilidade do gênero *Cedrela* com variáveis climáticas (Brienens; Zuidema, 2005; Brienens *et al.*, 2012; Dünisch *et al.*, 2002; 2003; Dünisch, 2005; Granato-Souza *et al.*, 2018; Pereira *et al.*, 2018; Tomazello *et al.*, 2000) e como registro para a variabilidade de Oscilação Sul de El Niño (Brienens *et al.*, 2012; Volland; Dünisch *et al.*, 2005; Pucha; Brauning, 2016).

2.3 Este estudo

Com este estudo, pretendemos contribuir para melhorar nossa compreensão do crescimento de árvores neotropicais, usando dados de larguras de anéis datados de *Cedrela odorata* L. e *Cedrela fissilis* Vellozo em duas diferentes regiões do Brasil, Amazônia e Caatinga. As trajetórias de crescimento dos indivíduos foram reconstruídas e permitiram a análise da dinâmica de crescimento das populações de *Cedrela* spp. de cada região, a detecção dos eventos de liberação e supressão de crescimento e os possíveis fatores relacionados.

3 OBJETIVO GERAL

Reconstruir as trajetórias de crescimento de *Cedrela* spp. em florestas tropicais úmida e seca.

3.1 Objetivos específicos

- I. Detectar a ocorrência de eventos de liberação e supressão de crescimento (distúrbios) em populações de *Cedrela* spp. em florestas tropicais úmida e seca.
- II. Analisar os distúrbios identificados nas florestas tropicais úmida e seca em relação à idade das árvores (trajetórias de crescimento).
- III. Verificar a sensibilidade do crescimento anual de *Cedrela* spp. em florestas tropicais úmida e seca em relação ao clima.

3.2 Hipóteses e predições

- I. Os eventos de liberação e supressão do crescimento de *Cedrela* spp. ocorrem de forma aleatória (sem sincronismo entre árvores) na floresta tropical úmida, enquanto são sincronizados na floresta tropical seca.
Premissa: A floresta tropical úmida é caracterizada por uma maior estabilidade climática (Murphy; Lugo, 1986; Wright; Van Schaick, 1994) apresentando estocasticidade dos eventos de supressão e liberação do crescimento relacionados a processos ecológicos da comunidade arbórea. A região do semiárido apresenta maior sincronismo dos eventos de liberação e supressão relacionados com a variação climática interanual marcante (períodos úmidos e secos, Oliveira-Filho *et al.* 1998; Pereira *et al.* 2018).
- II. A população de *Cedrela* spp. de floresta tropical úmida apresenta maiores frequências de eventos supressão na fase inicial da vida e eventos de liberação em idade mais avançada; na floresta tropical seca, as populações de *Cedrela* spp. apresentam eventos de supressão ao longo da vida.

Premissa: Nas florestas tropicais úmidas há grande competição por luz, já na floresta tropical seca existe uma maior dependência pela disponibilidade de água (Baker *et al.*, 2003; Brienen *et al.*, 2010; Rozendaal; Zuidema, 2011).

- III. A sensibilidade climática dos anéis anuais de *Cedrela* spp. é mais baixa na floresta tropical úmida da Amazônia do que na floresta tropical seca do ecótono Cerrado-Caatinga.

Premissa: A floresta tropical úmida é um ambiente limitado por luz (Baker *et al.* 2003, Brienen *et al.* 2010; Clark; Clark, 1999), gerando uma dinâmica mais complexa do que na floresta tropical seca, onde o crescimento é limitado pela disponibilidade de água que varia sazonalmente (Baker *et al.*, 2003; Bullock, 1997; Murphy; Lugo, 1986). Considerando o princípio do fator ambiental mais limitante (Fritts, 1976; Tomazello Filho; Botosso; Lisi, 2001) para a taxa de crescimento radial.

REFERÊNCIAS

- BAKER, J. C. A. et al. Oxygen isotopes in tree rings show good coherence between species and sites in Bolivia. **Global and Planetary Change**, Virginia, v. 133, p. 298-308, 2015.
- BAKER, P. J.; BUNYAVEJCHEWIN, S. Suppression, release and canopy recruitment in five tree species from a seasonal tropical forest in western Thailand. **Journal of Tropical Ecology**, Winchelsea, v. 22, n. 5, p. 521-529, 2006.
- BALLESTEROS-CÁNOVAS, J. A. et al. A review of flood records from tree rings. **Progress in Physical Geography**, Loughborough, v. 39, n. 6, p. 794-816, 2015.
- BRÄUNING, A. et al. Climatic control of radial growth of *Cedrela montana* in a humid mountain rainforest in southern Ecuador. **Erdkunde**, Bonn, v. 39, n. 6, p. 337-345, 2009.
- BRIENEN, R. J. W.; ZUIDEMA, P. A. Relating tree growth to rainfall in Bolivian rain forests: a test for six species using tree ring analysis. **Oecologia**, Marburg, v. 146, n. 1, p. 1, 2005.
- BRIENEN, R. J. W. and ZUIDEMA, P. A. Lifetime growth patterns and ages of Bolivian rain forest trees obtained by tree ring analysis. **Journal of Ecology**, London, v. 94, n. 2, p. 481-493, 2006.
- BRIENEN, R. J. W. et al. The potential of tree rings for the study of forest succession in southern Mexico. **Biotropica**, Gainesville, v. 41, n. 2, p. 186-195, 2009.
- BRIENEN, R. J. W.; ZUIDEMA, P. A.; MARTÍNEZ-RAMOS, M. Attaining the canopy in dry and moist tropical forests: strong differences in tree growth trajectories reflect variation in growing conditions. **Oecologia**, Marburg, v. 163, n. 2, p. 485-496, 2010.
- BRIENEN, R. J. W. et al. Oxygen isotopes in tree rings are a good proxy for Amazon precipitation and El Niño-Southern Oscillation variability. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, v. 109, n. 42, p. 16957-16962, 2012.
- BRIENEN, R. J. W.; SCHÖNGART, J.; ZUIDEMA, P. A. Tree rings in the tropics: insights into the ecology and climate sensitivity of tropical trees. In: GOLDSTEIN, G.; SANTIAGO, L.S. (Eds.) **Tropical tree physiology**. Cham: Ed. Springer, 2016, p. 439-461.
- BRIFFA, K.R. et al. Fennoscandian summers from AD 500: temperature changes on short and long timescales. **Climate Dynamics**, Bologna, v. 7, n. 3, p. 111-119, 1992.
- BULLOCK, S. H. Effects of seasonal rainfall on radial growth in two tropical tree species. **International Journal of Biometeorology**, Sheridan, v. 41, n. 1, p. 13-16, 1997.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**, Colombo: Embrapa Florestas, 2003.
- CAVERS, S. et al. Cryptic species and phylogeographical structure in the tree *Cedrela odorata* L. throughout the Neotropics. **Journal of Biogeography**, Hoboken, v. 40, n. 4, p. 732-746, 2013.

CLARK, D. A.; CLARK, D. B. Assessing the growth of tropical rain forest trees: issues for forest modeling and management. **Ecological Applications**, v. 9, n. 3, p. 981–997, 1999.

CLARK, D. A.; CLARK, D. B. Getting to the canopy: tree height growth in a neotropical rain forest. **Ecology**, Davis, v. 82, n. 5, p. 1460-1472, 2001.

COOK, E.R.; KAIRIUKSTIS, L.A. **Methods of Dendrochronology – Applications in the Environmental Sciences**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1989, 394p.

COOK, E.R. et al. Drought reconstructions for the continental United States. **Journal of Climate**, Berkeley, v. 12, p. 1145-1162, 1999.

COUTINHO, L. M. O conceito de bioma. **Acta botanica brasílica**, Belo Horizonte, v. 20, n. 1, p. 13-23, 2006.

ČUFAR, K. Dendrochronology and past human activity—A review of advances since 2000. **Tree-Ring Research**, Washington, v. 63, n. 1, p. 47-60, 2007.

DA SILVA, D. C. G. et al. Genetic structure and diversity of Brazilian tree species from forest fragments and riparian woods. In: CALISKAN, M. (Eds.), **Genetic Diversity in Plants**, Shangai: InTech, 2012, p. -391-412.

DÜNISCH, O.; BAUCH, J.; GASPAROTTO, L. Formation of increment zones and intraannual growth dynamics in the xylem of *Swietenia macrophylla*, *Carapa guianensis*, and *Cedrela odorata* (Meliaceae). **Iawa Journal**, Leiden, v. 23, n. 2, p. 101-119, 2002.

DÜNISCH, O.; MONTÓIA, V. R.; BAUCH, J.. Dendroecological investigations on *Swietenia macrophylla* King and *Cedrela odorata* L.(Meliaceae) in the central Amazon. **Trees**, Darmstadt, v. 17, n. 3, p. 244-250, 2003.

DÜNISCH, O. Influence of the El-niño southern oscillation on cambial growth of *Cedrela fissilis* Vell. in tropical and subtropical Brazil. **Journal of Applied Botany and Food Quality**, Quedlinburg, v. 79, p. 05-11, 2005.

FAO. Food and Agriculture Organization. **Report of the Fifth Meeting of the FAO Panel of Experts on Forest Gene Resources**. Rome, 1984.

FRITTS, H. C. **Tree rings and climate**. London: Academic Press, 1976.

GIBSON, L. et al. Primary forests are irreplaceable for sustaining tropical biodiversity. **Nature**, London, v. 478, n. 7369, p. 378, 2011.

GRANATO-SOUZA, D. et al. Tree rings and rainfall in the equatorial Amazon. **Climate Dynamics**, Bologna p. 1-13, 2018.

IUCN. **The IUCN Red List of Threatened Species**: Version 2018-1. Cambridge, 2018. Disponível em: <<http://www.iucnredlist.org/details/biblio/33928/0>>. Acesso em 20 de jul. 2018.

JUSTINIANO, M. J. et al. **Guía dendrológica de especies forestales de Bolivia**. Santa Cruz de la Sierra: El País, 2003.

LEBLOIS, A.; DAMETTE, O. ; WOLFERSBERGER, Julien. What has driven deforestation in developing countries since the 2000s? Evidence from new remote-sensing data. **World Development**, Ann Arbor, v. 92, p. 82-102, 2017.

LOBÃO, M. S. **Dendrocronologia, fenologia, atividade cambial e qualidade do lenho de árvores de Cedrela odorata L., Cedrela fissilis Vell. e Schizolobium parahyba var. amazonicum Hub. ex Ducke, no estado do Acre, Brasil**. Tese (Doutorado em Recursos Florestais)-Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

MUELLNER, A. N. et al. Biogeography of Cedrela (Meliaceae, Sapindales) in central and South America. **American Journal of Botany**, Storrs, v. 97, n. 3, p. 511-518, 2010.

MURPHY, P. G.; LUGO, A. E. Ecology of tropical dry forest. **Annual review of ecology and systematics**, Palo Alto, v. 17, n. 1, p. 67-88, 1986.

NOCK, C. A.; METCALFE, D. J.; HIETZ, P.. Examining the influences of site conditions and disturbance on rainforest structure through tree ring analyses in two Araucariaceae species. **Forest Ecology and Management**, Eveleigh, v. 366, p. 65-72, 2016.

PAN, Y. et al. The structure, distribution, and biomass of the world's forests. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, Palo Alto, v. 44, p. 593-622, 2013.

PAREDES-VILLANUEVA, K.; LÓPEZ, L.; CERRILLO, R. M. F. Regional chronologies of Cedrela fissilis and Cedrela angustifolia in three forest types and their relation to climate. **Trees**, Darmstadt, v. 30, n. 5, p. 1581-1593, 2016.

PENNINGTON, T. D.; MUELLNER, A.N. **A monograph of Cedrela (Meliaceae)**. Milborne Port: Dh Books, 2010.

PEREIRA, G. A. et al. The Climate Response of Cedrela Fissilis Annual Ring Width in the Rio São Francisco Basin, Brazil. **Tree-Ring Research**, Washington, v. 74, n. 2, p. 162-171, 2018.

ROZENDAAL, D. M.A.; ZUIDEMA, P. A. Dendroecology in the tropics: a review. **Trees**, Darmstadt, v. 25, n. 1, p. 3-16, 2011.

SASS-KLAASSEN, U. et al. A tree-centered approach to assess impacts of extreme climatic events on forests. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 7, p. 1069, 2016.

SCHIPPERS, P. et al. Tree growth variation in the tropical forest: understanding effects of temperature, rainfall and CO₂. **Global Change Biology**, Champaign-Urbana, v. 21, n. 7, p. 2749-2761, 2015.

SCHÖNGART, J. et al. Phenology and stem-growth periodicity of tree species in Amazonian floodplain forests. **Journal of Tropical Ecology**, Winchelsea, v. 18, n. 4, p. 581-597, 2002.

SCHÖNGART, J. et al. Wood growth patterns of *Macrolobium acaciifolium* (Benth.) Benth.(Fabaceae) in Amazonian black-water and white-water floodplain forests. **Oecologia**, Marburg, v. 145, n. 3, p. 454-461, 2005.

SCHÖNGART, J. Growth-Oriented Logging (GOL): A new concept towards sustainable forest management in Central Amazonian várzea floodplains. **Forest Ecology and Management**, Eveleigh, v. 256, n. 1, p. 46-58, 2008.

SCHÖNGART, J. et al. Dendroecological Studies in the Neotropics: History, Status and Future Challenges. In: AMOROSO, M.M., et al. (Eds.), **Dendroecology**. Cham: Springer, 2017, p. 35-73.

SHEPPARD, P. R. Dendroclimatology: extracting climate from trees. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change**, Cambridge, v. 1, n. 3, p. 343-352, 2010.

SLIK, J. W. F. et al. An estimate of the number of tropical tree species. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, v. 112, n. 24, p. 7472-7477, 2015.

SPECIESLINK. Sistema distribuído de informação que integra dados primários de coleções científicas. São Paulo, 2017. Disponível em: <<http://splink.cria.org.br/>>. Acesso em: 18 ago. 2017.

STAHLE, D. W. et al. Management implications of annual growth rings in *Pterocarpus angolensis* from Zimbabwe. **Forest Ecology and Management**, Eveleigh, v. 124, p. 217-229, 1999.

STAHLE, D. W. et al. Tree-ring data document 16th century megadrought over North America. *Eos*, **Transactions of the American Geophysical Union**, Washington, v. 81, n.12, p. 212-125, 2000.

STAHLE, D. W.; FYE, F.K.; COOK, E.R. Tree-ring reconstructed megadroughts over North America since AD 1300. **Climatic Change**, Princeton, v. 83, p. 133-149, 2007.

STAHLE, D. W. et al. Atlantic and Pacific influences on Mesoamerican climate over the past millennium. **Climate Dynamics**, Bologna, v. 39, n. 6, p. 1431-1446, 2011a.

STAHLE, D. W. et al. Major Mesoamerican droughts of the past millennium. **Geophysical Research Letters**, Stanford, v. 38, n. 5, 2011b.

STAHLE, D.W. et al. The Mexican Drought Atlas: Tree-ring reconstructions of the soil moisture balance during the late pre-Hispanic, colonial, and modern eras. **Quaternary Science Reviews**, Wollongong, v. 149, p. 34-60, 2016.

SWETNAM, T. W.; BETANCOURT, J. L. Mesoscale disturbance and ecological response to decadal climatic variability in the American Southwest. **Journal of Climate**, Berkeley, v. 11, n. 12, p. 3128-3147, 1998.

TOMAZELLO FILHO, M.; BOTOSSO, P. C.; LISI, C. S. Potencialidade da família Meliaceae para dendrocronologia em regiões tropicais e subtropicais. In: ROIG, F. A. **Dendrocronologia em América Latina**. Mendoza: EDIUNC, 2000, p. 381-431.

TOMAZELLO FILHO, M.; BOTOSSO, P. C.; LISI, C. S. Análise e aplicações dos anéis de crescimento das árvores como indicadores ambientais: dendrocronologia e dendroclimatologia. In: MAIA, N. B.; MARTOS, H. L.; BARELLA, W. (Org.). **Indicadores ambientais: conceitos e aplicações**. São Paulo: Educ, 2001. p. 117-143.

VENTER, O. et al. Sixteen years of change in the global terrestrial human footprint and implications for biodiversity conservation. **Nature Communications**, London, v. 7, p. 12558, 2016.

VILLALBA, R.; BONINSEGNA, J. A.; HOLMES, R. L. Cedrela angustifolia and Juglans australis: two new tropical species useful in dendrochronology. **Tree-ring bulletin**, Loveland, 1985.

VILLALBA, R.; HOLMES, R. L.; BONINSEGNA, J. A. Spatial patterns of climate and tree growth variations in subtropical northwestern Argentina. **Journal of Biogeography**, Hoboken, v. 19, n. 6, p. 631-649, 1992.

WRIGHT, S. J.; VAN SCHAIK, C. P. Light and the phenology of tropical trees. **The American Naturalist**, v. 143, n. 1, p. 192-199, 1994.

WORBES, M.; JUNK, W. J. Dating Tropical Trees by Means of ¹⁴C From Bomb Tests. **Ecology**, Davis, v. 70, n. 2, p. 503-507, 1989.

WORBES, M. The forest ecosystems of the Amazonian floodplains. In: Junk W.J. (Eds), **The Amazonian floodplains: Ecology of a pulsing system**. Ecological Studies, 126. Berlin: Springer, 1997, p. 223-265.

WORBES, M. Annual growth rings, rainfall-dependent growth and long-term growth patterns of tropical trees from the Caparo Forest Reserve in Venezuela. **Journal of Ecology**, London, v. 87, n. 3, p. 391-403, 1999.

WORBES, M. One hundred years of tree-ring research in the tropics—a brief history and an outlook to future challenges. **Dendrochronologia**, Birmensdorf, v. 20, n. 1-2, p. 217-231, 2002.

ZHANG, Z. Tree-rings, a key ecological indicator of environment and climate change. **Ecological indicators**, Freiberg v. 51, p. 107-116, 2015.

CAPÍTULO 2

**ARTICLE: GROWTH TRAJECTORIES OF *Cedrela* spp. IN NEOTROPICAL MOIST
AND DRY FORESTS**

1 **Growth trajectories of *Cedrela* spp. in Neotropical Moist and Dry Forests**

2 Elisa Mousinho¹, Ana Carolina Barbosa*¹, Gabriel Assis Pereira^{1,2}, Camila Laís Farrapo¹,
3 Daniela Granato-Souza¹

4

5 ¹ Laboratório de Dendrocronologia, Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal
6 de Lavras (UFLA), PO Box: 3037, Lavras, MG, Zip Code: 37200-000, Brasil.

7 ² Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS), PO Box: 112, Chapadão do Sul, MS,
8 Zip Code 79560-000, Brasil

9 *Corresponding author: anabarbosa@dcf.ufla.br

10

11

12 Nas normas da revista Dendrochronologia.

ABSTRACT

The Neotropical region harbours one among the world's most threatened megadiverse forests. Therefore, the development of studies that produce reliable data and arguments to favour its conservation is urgent. Dendrochronology, the science of tree-rings, is a tool that allows the reconstruction of the tree's life history and thus, a better understanding of tree growth. In view of its widespread distribution in the Neotropics and the formation of very distinct annual growth rings, the genus *Cedrela* is the target for this study. We reconstructed the growth trajectories of *Cedrela* spp. trees in two contrasting regions: *Cedrela odorata* from the Tropical Moist Forest of the Amazon and *Cedrela fissilis* from the Tropical Dry Forest of the Cerrado-Caatinga ecotone. We used cross sections and cores obtained by increment borer. We prepared the samples following standard dendrochronological procedures, including the skeleton-plot method for crossdating tree-ring time series. We calculated relative changes in growth per individual, detected annual disturbance events (releases and suppressions) and tested the climatic correlation using the Palmer Drought Severity Index (PDSI) at both sites. When we synchronized the frequency of the disturbance events per calendar year, we observed that the population of *Cedrela odorata* from the moist forest had a lower frequency compared to the *C. fissilis* population from the dry forest, where suppression events are more related to climatic influence. When related to tree age, the moist forest presented low frequency of suppression events, while the dry forest presented low frequency of suppression and release events. The radial growth pattern of Tropical Dry Forest correlated positively with the index derived from PDSI, whereas no correlation was found for the moist forest, showing that tree growth variation may be influenced by complex forest dynamics, including light competition and other non-climatic factors. These results provide information on the growth of Neotropical native species that can serve as a basis for future research and monitoring for conservation.

Keywords: Dendroecology; Relative growth change; Growth disturbances; Amazonian Forest; Cerrado-Caatinga; Forest Ecology.

41 **1 Introduction**

42 Neotropical forests harbour thousands of tree species (Slik et al., 2015) important for its
43 role in the hydrological regime, in the cycling of nutrients and in numerous ecosystem processes
44 (Pan et al., 2013). Brazil, as the most megadiverse country in the world (DaSilva et al., 2012),
45 sheltering distinct vegetation complexes in relation to species distribution and composition in
46 the biomes: Amazon, Cerrado, Atlantic Forest, Caatinga, Pantanal and Pampa (Coutinho,
47 2006). Due the forest pressure caused by the raw material exploitation, the economy based on
48 agricultural production and the own population growth (Leblois et al., 2017) there is an urgent
49 need to concentrate efforts on the development of environmental studies in order to produce
50 favourable arguments and to support conservation policies.

51 The great majority of studies in the forest area that deals with questions of floristic
52 composition, species distribution, mortality, recruitment and growth of individuals usually use
53 data from temporary and permanent plots. In order to obtain forestry long-term information,
54 despite the permanent plots' great importance, they are considered insufficient comparing with
55 the tropical tree lifespan (Brienen et al., 2006; Schöngart, 2008). The dendrochronology,
56 complementarily, allows the reconstruction of the tree growth history during its entire life.
57 Through the tree-rings analysis it is possible to study the age, growth rate, climate-growth
58 relation, management and conservation of species by area (Schöngart et al., 2017).

59 The genus *Cedrela* P. Browne, belonging to the Meliaceae family, includes 17 species
60 distributed from Central America to South America (Muellner et al., 2010), has timber species
61 of global economic importance (Cavers et al., 2013). Their species are usually deciduous and
62 moderately shade tolerant. They grow rapidly in forest clearings on varying soils and
63 topography, but require good drainage (Justiniano et al., 2003). In consequence of vulnerable
64 status and habitat preferences, *C. odorata* L. and *C. fissilis* Vellozo are listed in Red List of
65 endangered species (IUCN, 2018).

66 Due to that great amplitude of occurrence and the formation of very distinct annual
67 rings, the genus *Cedrela* is considered the most promising for dendrochronological studies in
68 the Neotropics. Studies that present data on the growth of native trees from long time series are
69 still scarce in Brazil. Information on age-based growth and ecological responses that span the
70 tree's entire life can help to understand which environmental factors influence the growth rates
71 of tree formation in plants, as well as provide information on population dynamics,

72 development and ecosystem productivity (Schöngart et al., 2017). In order to increase the
73 knowledge on the conservation of Neotropical species, we analysed *Cedrela* spp. populations
74 from two contrasting sites.

75 We aimed to reconstruct *Cedrela fissilis* and *Cedrela odorata* growth trajectories in the
76 Amazon rainforest and the Cerrado-Caatinga ecotone. In this way, we set out the following
77 hypotheses: (1) The release and suppression events of the *Cedrela* spp. growth occur randomly
78 (without synchrony among trees) in the rainforest while synchronized in the tropical dry forest;
79 (2) The *Cedrela* spp. population from tropical moist forest presents higher suppression events
80 frequencies in the initial phase of life and release events at more advanced ages; in the tropical
81 dry forest, the *Cedrela* spp. population has lifelong suppression events; (3) The climatic
82 sensitivity of the annual *Cedrela* spp. is lower in the Amazon rainforest than in the tropical dry
83 forest of the Cerrado-Caatinga ecotone.

84 Considering the principle of the most limiting environmental factor for the radial growth
85 rate (Fritts, 1976; Tomazello Filho et al., 2001), we know that tropical rainforest, more limited
86 by the light availability (Baker et al., 2003; Brienen et al., 2010; Clark and Clark, 1999) and
87 characterized by greater climatic stability comparing to tropical dry forest (Murphy and Lugo,
88 1986; Wright and Van Schaick, 1994). Therefore, tropical moist forest presents stochastic tree
89 growth disturbances events related to ecological processes as competition among light
90 demanding individuals. In other way, tropical dry forests are limited by the seasonal water
91 availability (Baker et al., 2003; Bullock, 1997; Murphy and Lugo, 1986), so their tree radial
92 growth presents synchronism with climatic variation (dry and wet periods, Oliveira-Filho et al.,
93 1998; Pereira et al., 2008).

94 **2 Material and Methods**

95 **2.1 Study site and target species**

96 We sampled at two different regions in Brazil: Amazon Rainforest (Tropical Moist
97 Forest - TMF) and Cerrado-Caatinga ecotone (Tropical Dry Forest - TDF) (Fig.1). The first
98 site (1.45° S, 54.12° W) is located in Almeirim city, in the state of Pará, within the Paru State
99 Forest, where predominates Submontane Dense Ombrophilous Forest formations (IBGE,
100 2004). Despite an average annual precipitation of 1,970 mm, Almeirim presents seasonal
101 rainfall with precipitation lower than 150 mm in July, August and September (1961–2017;
102 INMET 2017). According to Köppen and Geiger the climate is classified as Am.

103 The second site (14.50° S, 44.17° W) is situated in Juvenilia, Minas Gerais state.
104 Regional vegetation was classified by Pennington (2000) as Tropical Dry Forest. The annual
105 rainfall is 868 mm and during the dry season, from June to August, the average precipitation
106 is lower than 20mm (1961–2017; INMET 2017).

107 The genus *Cedrela* (Meliaceae), considered a habitat generalist, is characterized by
108 relatively light-demanding canopy tree that can tolerate shade (Brienen and Zuidema, 2006).
109 *Cedrela fissilis* and *Cedrela odorata* are present in all Brazilian regions. We chose *Cedrela*
110 spp. (*Cedrela fissilis* and *Cedrela odorata*) for this research due to its wide distribution in
111 South America (Pennington; Muellner, 2010; Banda et al., 2016), deciduous foliar phenology
112 (Santos and Takaki, 2005), anatomically distinct tree-rings and high radial growth rate,
113 important attributes for dendroecological studies (Hietz et al., 2005; Brienen et al., 2012).
114 Additionally, they have a global economic importance (Cavers et al., 2013) and these species
115 are listed in the Red List of endangered species (IUCN, 2018).

116

117 **2.2 Sample collection and Tree-ring Chronologies**

118 We obtained cross sections of *Cedrela odorata* due to an agreement with the company
119 that presents concession for the forest management on the Tropical Moist Forest (TMF) of the
120 Amazon. In the Tropical Dry Forest (TDF) from Cerrado-Caatinga ecotone, we collected
121 increment cores extracted at breast height from *Cedrela fissilis* trees >5 cm DBH in two to four
122 directions to avoid false and missing tree-rings.

123 We selected cross sections from 86 trees from TMF and cores from 58 trees from the
124 TDF. All selected samples were from well-established trees which contained pith. We prepared
125 the samples following standard dendrochronological procedures. Samples were air-dried and
126 sanded until rings were well visible. We marked manually all tree-ring boundaries, defined by
127 marginal parenchyma bands. Ring-width series were crossdating within trees and then among
128 trees using the skeleton plot technique (Stokes and Smiley, 1968). We measured ring-width
129 series with a digital measuring device Lintab (Rinntech, 2017) to the nearest 0.001 mm and a
130 stereomicroscope and we used the program COFECHA (Holmes, 1983) to verify crossdating
131 and measurement accuracy. We considered the average tree-ring width series per sampled
132 individuals to avoid local variability of growth within the stem.

133 **2.3 Determination of Relative Growth Change**

134 We calculated the relative growth changes based on a widely used (Altman et al., 2014;
135 Trotsiuk et al., 2018) method proposed by Nowacki and Abrams (1997). The parameters used
136 for these analyses were: the average growth rate of 10 years prior and 10 years subsequent to
137 the analysed year, to eliminate strong inter-annual influences caused by climate fluctuations
138 (Baker and Bunyavejchewin, 2006) and a length of 5 years of sustained growth change to be
139 considered as a release or suppression event (Brienen et al., 2010). Therefore, we calculated the
140 relative growth change (RGC) in yearly increments across individual tree-ring chronologies
141 using the formula: $RGC = [(M_2 - M_1) / M_1] * 100$. Where RGC = percentage growth change
142 between prior and sequent 10 years means, M_1 = prior 10 years mean, and M_2 = sequent 10 years
143 mean. We defined, as suggested by some Neotropical dendroecological researches, a release
144 event as an increase of 100% or higher in the growth rate (Brienen et al., 2006; 2010; Schöngart,
145 2015) while suppressed events were defined as a decrease of 50% (Schöngart, 2015). This
146 detection based on strong and lasting growth differences it considered quite conservative
147 (Nowacki and Abrams, 1997; Brienen and Zuidema, 2006).

148 After the observation, of those events, we calculated the frequencies of suppressions and
149 releases that started in the same year (Brienen et al., 2010) in the calendar years and in the trees
150 lifespan in the Tropical Moist Forest (TMF) and the Tropical Dry Forest (TDF). We considered
151 a minimum sample number of 10 trees per year to verify the events frequencies.

152

153 **2.4 Climatic factor**

154 To check the climatic effects on tree-ring chronologies, based on Nowacki and Abrams
155 (1997), we used the Palmer drought severity index (PDSI) (Palmer, 1965). This index is one of
156 the most widely used and globally recognized indicators for drought quantification that
157 considers the weather conditions of the previous months are required to maintain the rainfall in
158 an area (Rossato et al., 2017). The PDSI is a measure for soil moisture availability, in which a
159 value of 0 indicates normal moisture conditions, while positive values indicate wet and negative
160 values indicate dry conditions.

161 The CRU 0.5° gridded self-calibrating PDSI version 3.25 data (Harris, 2014) were used
162 to examine the climatic signal in the trees chronologies. We used the growing season PDSI
163 (October–March average) for analysis. According to Nowacki and Abrams (1997), we
164 converted the PDSI data to adequately evaluate climatic trends relative to RGC data in a similar

165 format: $PDSI_{diff} = P_2 - P_1$. Where $PDSI_{diff}$ = difference between prior and sequent 10 years PDSI
 166 means; P_1 = prior 10 years PDSI mean; and P_2 = sequent 10 years PDSI mean. Like RGC
 167 values, calculated $PDSI_{diff}$ were placed at the last year of the preceding 10 years PDSI mean.

168 In order to verify the influence of climatic factors in growth patterns, first, we checked
 169 the data normality with the Shapiro Wilk test and we found not normal data in both sites (TMF:
 170 $W = 0.9606$, p-value = 0.0060; TDF: $W = 0.9536$, p-value = 0.0019). Then, we chose to use the
 171 *Spearman* correlation tests to correlate RGC with $PDSI_{diff}$ (Nowacki and Abrams, 1997). All
 172 analyses were carried on the R software (R Core Team, 2016).

173

174 **3 Results**

175 **3.1 Tree-ring Chronologies statistics**

176 The samples were crossdated and exhibited a common signal between trees from both
 177 sites. Significant inter-series correlation was found for the *Cedrela* spp. species series from
 178 TMF (from 1759 to 2016) with $r = 0.489$ and TDF (from 1842 to 2016) with $r = 0.613$, in both
 179 sites the results were above the critical level (Fig.2). These high inter-series correlations
 180 confirmed the annual nature of tree-rings from *Cedrela* trees from study sites (Stahle, 1999). In
 181 the old years there are fewer sets of increments.

182

183 **3.2 Relative Growth Change by calendar year**

184 We reconstructed the growth of individual tree in the tropical moist and dry forests and
 185 detected events of annual disturbances by calendar years and tree's lifespan. Considering a
 186 minimum sample of 10 trees, we analysed the suppressions and release events frequency per
 187 year.

188 We synchronized the frequencies of annual disturbances events by calendar year and
 189 observed that in TMF the periods with the highest suppression frequencies occurred between
 190 the years 1830 to 1832 (~9%) and 1860 to 1869 (~8%), and the period with the highest release
 191 events was from 1877 to 1882 (~7%). Thereafter, alternating periods of low frequencies of
 192 release and suppression events occurred, some years with both events. (Fig.3). In TDF the
 193 greater release events frequency were detected between the years of 1958 to 1960 (~7%),
 194 however the suppression events with the highest frequencies concentrated between the periods
 195 of 1946 to 1953 (~7%) and 1980 to 1987 (~15,5%), reaching a maximum of 31% of the trees

196 sampled in 1984 in TDF. Different from TMF, events frequencies occurred separately and
197 grouped in few periods (Fig.4).

198

199 **3.3 Relative Growth Change by Tree Age**

200 When analysing events during the tree's lifespan, in order to observe the events since
201 its establishment, we observe no sustained release in the sample trees in the TMF and low
202 altering frequencies of suppression during almost the entire analysed period. The suppression
203 events frequency is greater in the beginning of trees life and after 130 year (Fig.5). The release
204 and suppression frequencies events were low in the TDF. The maximum suppression frequency
205 was around 10% between 36 and 42 years and we did not find well defined patterns during the
206 observed period (Fig.6).

207

208 **3.4 Climatic factor**

209 To verify the influence intensity that climatic factors have above the growth patterns in
210 both forests we correlated the average of Relative Growth Change (RGC) with the difference
211 Palmer Drought Severity Index ($PDSI_{diff}$) in each site. In the TDF we found a correlation
212 between RGC and $PDSI_{diff}$ (p -value < 0.0001 ; $\rho = 0.4604$; $S = 7955$). However, we did not
213 find correlation between RGC and $PDSI_{diff}$ (p -value $= 0.2822$; $\rho = -0.1113$; $S = 1588$) in TMF.

214

215 **4 Discussion**

216 In this research, we analysed temporal growth patterns of *Cedrela* spp. individual trees
217 to detect growth disturbances events using relative growth changes and tested a climatic
218 influence in tropical moist forest (TMF) and tropical dry forest (TDF). We observe that *Cedrela*
219 spp. population from TMF presented more periods with suppression events, but with a much
220 lower frequency of suppressed trees in relation to the TDF population. When we synchronized
221 the frequency of disturbance events with the trees lifespan, the frequencies seem to present a
222 pattern linked to the ecology of the individuals in the TMF and the TDF population did not
223 presented a well-defined pattern. As we expected, the relative growth change (RGC) from TMF
224 population showed no correlation with the index derived from PDSI ($PDSI_{diff}$) and growth
225 pattern variation from TDF population correlated positively.

226 According to Brienen et al. (2010), tree growth trajectories of *Cedrela* spp. are probably
227 governed by temporal oscillations in light availability in TMF. They suppose that *Cedrela*
228 populations would show more and longer suppressions periods in TMF compared to TDF. In
229 fact, the population from TMF had more and longer periods of suppression events than the
230 population from TDF, but the trees frequency in those events were much lower. In the TMF,
231 the population did not show a clear pattern due to random behaviour and therefore are not
232 synchronized among trees. While in the TDF, a suppression events period was highlighted for
233 being aggregated with high frequency in consecutive years, indicating a severe drought that
234 influence a larger number of trees. The *Cedrela fissilis* population synchronism with climatic
235 variation shows that water availability is most likely the largest effect influencing tree radial
236 growth in TDF (Oliveira-Filho et al. 1998; Pereira et al., 2018).

237 When we analysed disturbance event frequencies synchronized by tree ages since its
238 establishment, the events had lower frequencies in both sites. We expected that *Cedrela*
239 population from TMF would have frequencies of suppression events in the early stages of life
240 and high release events frequency at more advanced ages because of a greater light
241 competitiveness in this type of forest (Baker et al., 2003; Brinen et al., 2010) and the population
242 from TDF presents periods of suppression throughout the life because they are more susceptible
243 to extreme climatic conditions (Baker et al., 2003; Bullock, 1997; Murphy and Lugo, 1986).
244 Our results, despite the low frequencies, showed that, in fact, the suppression events frequencies
245 were high in early ages and decreased until around 130 years when it starts to increase in the
246 TMF population and occurred throughout the analysed period in the TDF. These results suggest
247 that suppression events are more related to ecological process (tree age) in moist tropical and
248 disturbances events in TDF does not appear to be related to tree ages, by with the climate.
249 Contrasting with Brienen et al. (2010) results, our analysis using successful trees (all studied
250 trees have reached the canopy) detected no release events occurred in the TMF population. This
251 could be explained by the continuous tree growth caused by an abundance of resources and
252 climate stability (Murphy and Lugo, 1986; Wright and Van Schaick, 1994) in this site, but we
253 need more sampling and research to conclude.

254 We observed a lower signal of the climatic effect in the *Cedrela* spp. series inter-
255 correlation of the TMF which, because it is lower, indicates that the radial growth of the TMF
256 population is less influenced by the climate than the population of the TDF. We correlated the
257 relative growth change (RGC) with $PDSI_{diff}$ to verify if climatic factors influence in the growth

258 patterns in the two *Cedrela* spp. populations. Corroborating with the others results cited above,
259 that climate index had no correlation with the radial growth of the population from TMF, which
260 may show the *Cedrela* spp. growth trajectories are mainly influenced by non-climatic factors
261 affecting the moist closed-canopy collection site (Granato-Souza et al., 2018). The significant
262 positive correlation among PDSI_{diff} and RGC in the TDF demonstrated, as we predicted, that
263 climate has a strong effect on radial growth patterns in this type of forest (Brienen et al., 2010;
264 Pereira et al., 2018; Worbes, 1999).

265 **5. Final Remarks and Conclusions**

266 The recognition periods of release and suppression events in the growth series may
267 improve the understanding of the growth strategies of this Neotropical tree. We saw that
268 *Cedrela* spp. populations from TMF seems to be maintained in a different way than TDF
269 populations, which give rise to variation in trajectories of the same genus in contrasting forest
270 types. Naturally, we suggest a thorough analysis of the *Cedrela* spp. trees life history with more
271 information in all life stages. We expect to contribute to the progress in understanding the
272 dynamics and history of tropical forests. The results of this research provide information on the
273 growth of native species that can serve as a basis for future research and monitoring for
274 conservation.

275

276

277

278 *Acknowledgments*

279 The first author was funded by the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e
280 Tecnológico (CNPQ). This work was funded by Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas
281 Gerais - FAPEMIG project number APQ-02541-14 and NSF P2C2 award number AGS-
282 1501321. We thank to Prof. Rubens dos Santos for all the field support and initiating sample
283 collection from the Dry Forests; D. Stahle and M. Torbenson for the collection and dating
284 support from the Moist Forests. We thank Evandro Delmaso for logistic support and donating
285 cross sections from the Paru site. We thank B. Arley, C. Moura, C. Carvalho, H. Chaves, L.
286 Ramalho, M. Coutinho and JP Oliveira for field and laboratory assistance.

287 **References**

288

289 Altman, J., Fibich, P., Dolezal, J., Aakala, T., 2014. TRADER: A package for tree ring analysis
290 of disturbance events in R. *Dendrochronologia*, 32, 107-112.

291

292 Baker, J.C.A., Hunt, S.F.P, Clerici, S.J., Newton, R.J., Bottrell, S.H., Leng, M.J., Heaton,
293 T.H.E., Helle, G., Argollo, J., Gloor, M., Brien, R.J.W., 2015. Oxygen isotopes in tree rings
294 show good coherence between species and sites in Bolivia. *Global Planet. Change* 133, 298-
295 308.

296

297 Baker, P.J., Bunyavejchewin, S., 2006. Suppression, release and canopy recruitment in five tree
298 species from a seasonal tropical forest in western Thailand. *J. Trop. Ecol.* 22, 521-529.

299

300 Baker, T.R., Burslem, D.F., Swaine, M.D., 2003. Associations between tree growth, soil
301 fertility and water availability at local and regional scales in Ghanaian tropical rain forest. *J.*
302 *Trop. Ecol.* 19, 109-125.

303

304 Bräuning, A., Volland-Voigt, F., Burchardt, I., Ganzhi, O., Nauß, T., Peters, T., 2009. Climatic
305 control of radial growth of *Cedrela montana* in a humid mountain rainforest in southern
306 Ecuador. *Erdkunde* 63, 337-345.

307

308 Brien, R.J.W., Zuidema, P.A., 2005. Relating tree growth to rainfall in Bolivian rain forests:
309 a test for six species using tree ring analysis. *Oecologia* 146, 1-12.

310

311 Brien, R.J.W., Zuidema, P.A., 2006. Lifetime growth patterns and ages of Bolivian rain forest
312 trees obtained by tree ring analysis. *J. Ecol.* 94, 481-493.

313

314 Brien, R.J.W., Zuidema, P.A., Martín-Ramos, M., 2010. Attaining the canopy in dry and
315 moist tropical forests: strong differences in tree growth trajectories reflect variation in growing
316 conditions. *Oecologia* 163, 485-496.

317

318 Brien, R.J.W., Helle, G., Pons, T.L., Guyot, J.P., Gloor, M., 2012. Oxygen isotopes in tree
319 rings are a good proxy for Amazon precipitation and El Niño-Southern Oscillation variability.
320 *P. Natl. Acad. Sci. USA* 109, 16957-16962.

321

322 Bullock, S. H., 1997. Effects of seasonal rainfall on radial growth in two tropical tree species.
323 *Int. J. Biometeorol.* 41, 13-16.

324

325 Cavers, S., Telford, A., Arenal Cruz, F., Pérez Castañeda, A.J., Valencia, R., Navarro, C.,
326 Buonamici, A., Lowe, A.J., Vendramin, G.C., 2013. Cryptic species and phylogeographical
327 structure in the tree *Cedrela odorata* L. throughout the Neotropics. *J. Biogeogr.* 40, 732-746.

328

329 Clark, D.A., Clark, D.B., 1999. Assessing the growth of tropical rain forest trees: issues for
330 forest modeling and management. *Ecol. Appl.* 9, 981-997.

331 Clark, D.A., Clark, D.B., 2001. Getting to the canopy: tree height growth in a neotropical rain
332 forest. *Ecology* 82, 1460-1472.

333

334 Coutinho, L.P., 2006. O conceito de bioma. *Acta Bot. Bras.*, 20, 13-23.

- 335
 336 Da Silva, D.C.G., Carvalho, M.C.C.G., Medri, C., Medri, M.E., Ruas, C.F., Ruas, E.A., Ruas.,
 337 2012. Genetic structure and diversity of Brazilian tree species from forest fragments and
 338 riparian woods. in: Caliskan, M. (Eds.), Genetic Diversity in Plants. InTech, Shangai, 510 pp.
 339
- 340 Dünisch, O., Montóia, V.R., Bauch, J., 2003. Dendroecological investigations on *Swietenia*
 341 *macrophylla* King and *Cedrela odorata* L.(Meliaceae) in the central Amazon. *Trees* 17, 244-
 342 250.
 343
- 344 Dünisch, O., 2005. Influence of the El-niño southern oscillation on cambial growth of *Cedrela*
 345 *fissilis* Vell. in tropical and subtropical Brazil. *J. Appl. Bot. Food Qual.* 79, 05-11.
 346
- 347 Gibson, L. Lee, T.M., Koh, L.P., Brook, B.W., Gardner, T.A., Barlow, J., Peres, C.A.,
 348 Bradshaw, C.J.A., Laurance, W.F., Levejoy, T.E., Sodhi, N.S. 2011. Primary forests are
 349 irreplaceable for sustaining tropical biodiversity. *Nature* 478, 378-381.
 350
- 351 Granato-Souza, D., Stahle, D.W., Barbosa, A.C., Feng, S., Torbenson, M.C.A., Pereira, G.A.,
 352 Schöngart, J., Barbosa, J.P., Griffin, D., 2018. Tree rings and rainfall in the equatorial Amazon.
 353 *Clim. Dyn.*, 1-13.
 354
- 355 Harris, I. P. D. J., Jones, P. D., Osborn, T. J., Lister, D. H. (2014). Updated high-resolution
 356 grids of monthly climatic observations—the CRU TS3. 10 Dataset. *International journal of*
 357 *climatology*, 34(3), 623-642.
 358
- 359 Hietz, P., Wanek, W., Dünisch, O., 2005. Long-term trends in cellulose $\delta^{13}C$ and water-use
 360 efficiency of tropical *Cedrela* and *Swietenia* from Brazil. *Tree physiology*, 25, 745-752.
 361
- 362 Holmes, R.L., 1983. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement.
 363 *Tree-ring Bull.* 43, 69-78.
 364
- 365 INMET, 2017 ‘Séries meteorológicas 460 históricas para o Brasil.’ (Instituto Nacional de
 366 Meteorologia) Available at www.inmet.gov.br.
 367
- 368 IUCN, 2018. The IUCN Red List of Threatened Species. Available at www.iucnredlist.org.
 369
- 370 Justiniano, M.J., Peña-Claros, M., Toledo, M., Jordán, C., Vargas, I., Gutiérrez, M., Monterom
 371 J.C., 2003. Guía dendrológica de especies forestales de Bolivia. Editora El País, Santa Cruz de
 372 la Sierra, 235 pp.
 373
- 374 Leblois, A., Damette, O., Wolfersberger, J., 2017. What has driven deforestation in developing
 375 countries since the 2000s? Evidence from new remote-sensing data. *World Dev.* 92, 82-102.
 376
- 377 Lobão, M.S., 2011. Dendrocronologia, fenologia, atividade cambial e qualidade do lenho de
 378 árvores de *Cedrela odorata* L., *Cedrela fissilis* Vell. e *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*
 379 Hub. ex Ducke, no estado do Acre, Brasil. Thesis, Universidade de São Paulo.
 380
- 381 Muellner, A.N., Pennington, T.D., Koecke, A.V., Renner, S.S., 2010. Biogeography of *Cedrela*
 382 (Meliaceae, Sapindales) in central and South america. *Am. J. Bot.* 97, 511-518.

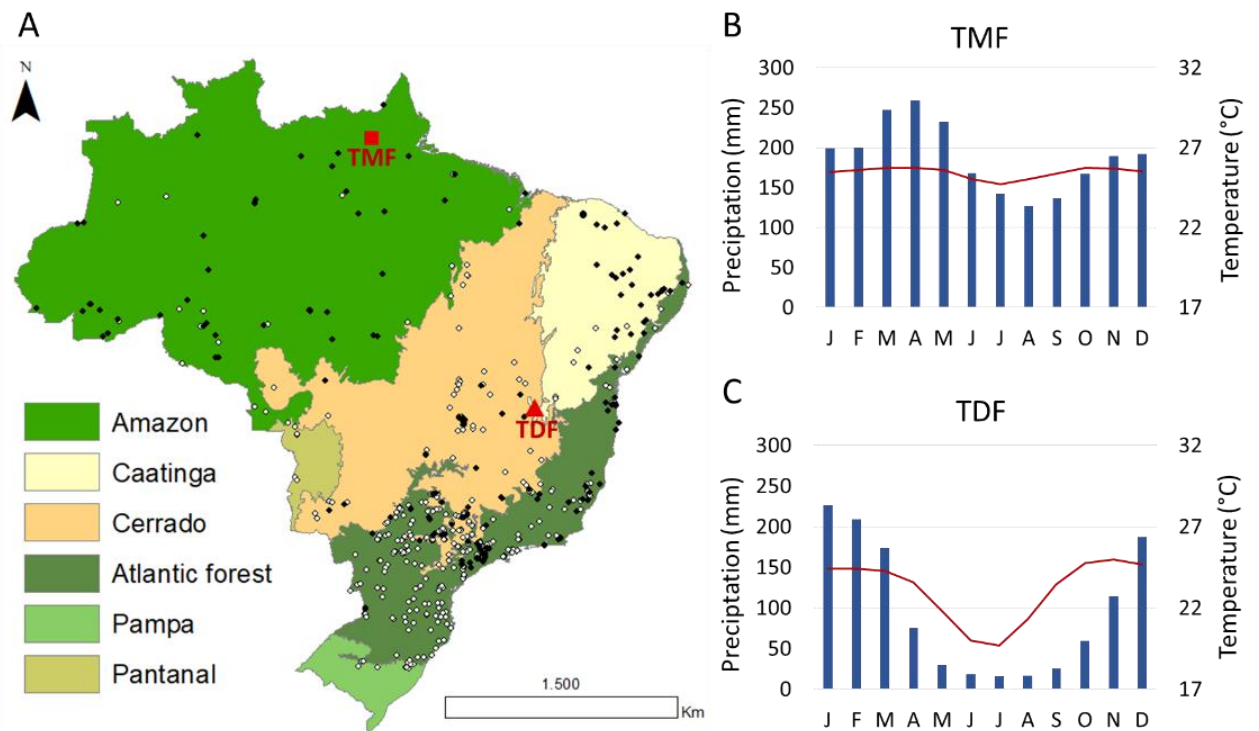
- 383
 384 Nowacki, G.J., Abrams, M.D., 1997. Radial-growth averaging criteria for reconstructing
 385 disturbance histories from presettlement-origin oaks. *Ecol. Monogr.* 2, 225-249.
 386
- 387 Palmer, W.C., 1965. Meteorological drought. In: Weather Bureau Research Paper, 45. US
 388 Department of Commerce, Washington, DC.
 389
- 390 Pan, Y., Birdsey, R.A., Phillips, O.L., Jackson, R.B., 2013. The structure, distribution, and
 391 biomass of the world's forests. *Annu. Rev. Ecol. Evol. S.* 44, 593-622.
 392
- 393 Paredes-Villanueva, K., López, L., Cerrillo, F.R.M., 2016. Regional chronologies of *Cedrela*
 394 *fissilis* and *Cedrela angustifolia* in three forest types and their relation to climate. *Trees* 30,
 395 1581-1593.
 396
- 397 Pennington, T.D., Muellner, A. N., 2010. A monograph of *Cedrela* (Meliaceae). Dh Books,
 398 Milborne Port, 112 pp.
 399
- 400 Pereira, G.A., Barbosa, A.C.M.C., Torbenson, M.C., Stahle, D.W., Granato-Souza, D., Santos,
 401 R.M., Barbosa, J.P.D., 2018. The Climate Response of *Cedrela Fissilis* Annual Ring Width in
 402 the Rio São Francisco Basin, Brazil. *Tree-Ring Res.* 74, 162-171.
 403
- 404 R Core Team, 2016. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation
 405 for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
 406
- 407 Rinntech, 2017. LINTAB: Precision – For Every Single Tree Ring. Heidelberg, Germany.
 408 <http://www.rinntech.de/content/view/16/47/lang,english/index.html>.
 409
- 410 Rubino, D.L., Mccarthy, B.C. Comparative analysis of dendroecological methods used to
 411 assess disturbance events. *Dendrochronologia* 21, 97-115.
 412
- 413 Sass-Klaassen, U., Fonti, P., Cherubini, P., Gričar, J., Robert, E.M., Steppe, K., Bräuning, A.,
 414 2016. A tree-centered approach to assess impacts of extreme climatic events on forests. *Front.*
 415 *Plant. Sci.* 7, 1069-1075.
 416
- 417 Schöngart, J., 2008. Growth-Oriented Logging (GOL): A new concept towards sustainable
 418 forest management in Central Amazonian várzea floodplains. *Forest Ecol. Manag.* 256, 46-58.
 419
- 420 Schöngart, J., Gribel, R., Fonseca-Junior, S.F., Haugaasenm T., 2015. Age and growth patterns
 421 of Brazil nut trees (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) in Amazonia, Brazil. *Biotropica* 47, 550-558.
 422
- 423 Schöngart, J., Bräuning, A., Barbosa, A.C.M.C., Lisi, C.S., Oliveira, J.M., 2017.
 424 Dendroecological Studies in the Neotropics: History, Status and Future Challenges. in:
 425 Amoroso, M.M., Daniels, L.D., Baker, P.J., Camarero, J.J. (Eds.), *Dendroecology*. Springer,
 426 Cham, pp. 35-73.
 427
- 428 Slik, J.W. F. et al., 2015. An estimate of the number of tropical tree species. *Proceedings of the*
 429 *National Academy of Sciences*, v. 112, n. 24, p. 7472-7477.
 430

- 431 Specieslink, 2017. Sistema distribuído de informação que integra dados primários de coleções
432 científicas. Available at www.splink.cria.org.br.
433
- 434 Stahle, D.W., Mushove, P.T., Cleaveland, M.K., Roig, F., Haynes, G.A., 1999. Management
435 implications of annual growth rings in *Pterocarpus angolensis* from Zimbabwe. *Forest Ecol.*
436 *Manag.* 124, 217-229.
437
- 438 Stokes, M. A., Smiley, T.L., 1968. An introduction to tree-ring dating. University of Chicago
439 Press, Illinois, 73 pp.
440
- 441 Toby Pennington, R., Prado, D.E., Pendry, C.A., 2000. Neotropical seasonally dry forests and
442 Quaternary vegetation changes. *J. Biogeogr.* 27, 261-273.
443
- 444 Trotsiuk, V., Pederson, N., Druckenbrod, D.L., Orwig, D.A., Bishop, D.A., Barker-Plotkin, A.,
445 Fraver, S., Martin-Benito, D., 2018. Testing the efficacy of tree-ring methods for detecting past
446 disturbances. *Forest Ecol. Manag.* 425, 59-67.
447
- 448 Venter, O., Sanderson, E.W., Magrath, A., Allan, J.R., Beher, J., Jones, K.R., Possingham,
449 H.P., Laurance, W.F., Wood, P., Fekete, B.M., Levy, M. A., Watson, J.E.M., 2016. Sixteen
450 years of change in the global terrestrial human footprint and implications for biodiversity
451 conservation. *Nature Commun.* 7, 1-11.
452
- 453 Villalba, R., Boninsegna, J.A., Holmes, R.L., 1985. *Cedrela angustifolia* and *Juglans australis*:
454 two new tropical species useful in dendrochronology. *Tree-ring Bull.* 45, 25-36.
455
- 456 Villalba, R., Holmes, R.L., Boninsegna, J.A., 1992. Spatial patterns of climate and tree growth
457 variations in subtropical northwestern Argentina. *J. Biogeogr.* 19, 631-649.
458
- 459 Wright, S.J., Van Schaik, C.P., 1994. Light and the phenology of tropical trees. *Am. Nat.* 143,
460 192-199.
461
- 462 Worbes, M., 1999. Annual growth rings, rainfall-dependent growth and long-term growth
463 patterns of tropical trees from the Caparo Forest Reserve in Venezuela. *J. Ecol.* 87, 391-403.

464 **Figures**

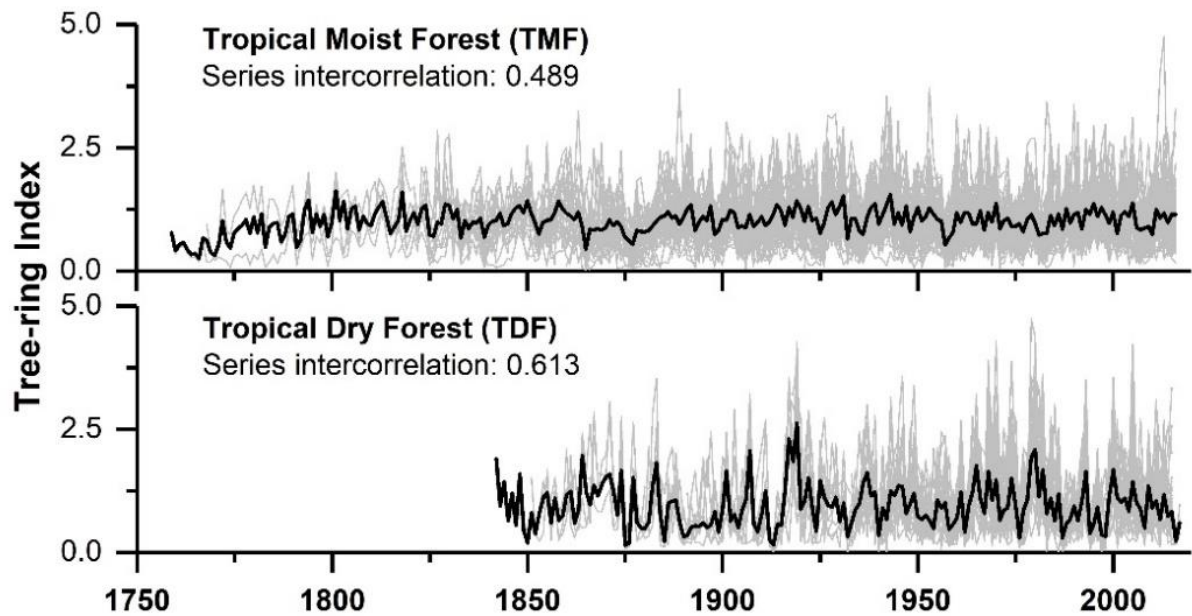
465

466 Figure 1. (A) Brazilian map including sampled location in the tropical moist forest site (square)
 467 and tropical dry forest (triangle), and *Cedrela odorata* (black dots) and *C. fissilis* (white dots)
 468 distribution (*Specieslink*, 2018); Normal climatological from (B) tropical moist forest (TMF)
 469 and (C) tropical dry forest (TDF) areas (1961–2017; INMET 2017).



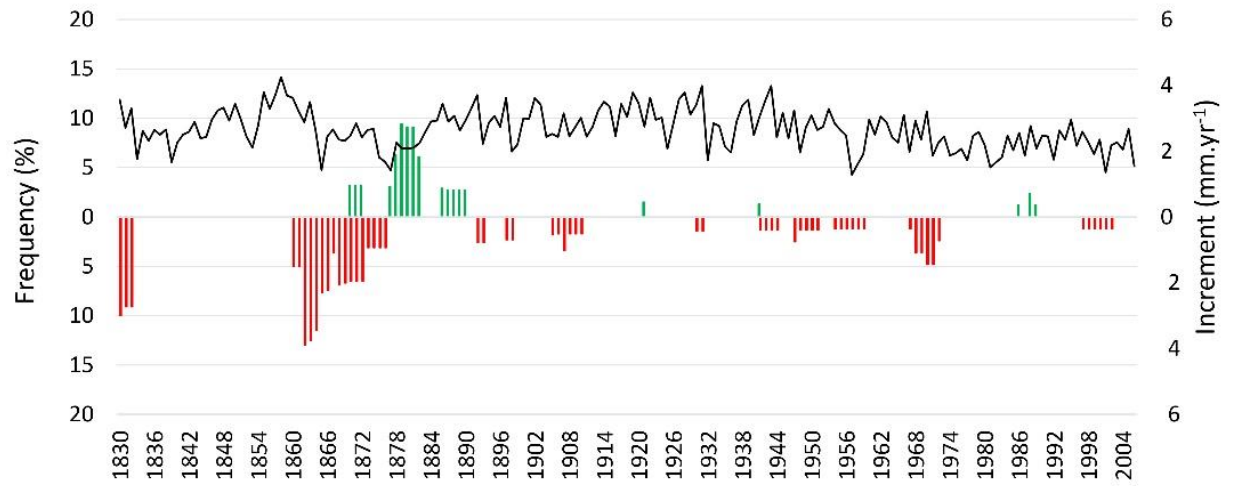
470

471 Figure 2. Interseries correlation among all trees from each site. The black curve represents the
472 mean and the grey shadow represents all the increment series from each site. The TMF shows
473 86 trees from 1786 to 2016 and the TDF shows 58 trees from 1842 to 2016. The results were
474 above the critical level, with 99 percent of confidence.



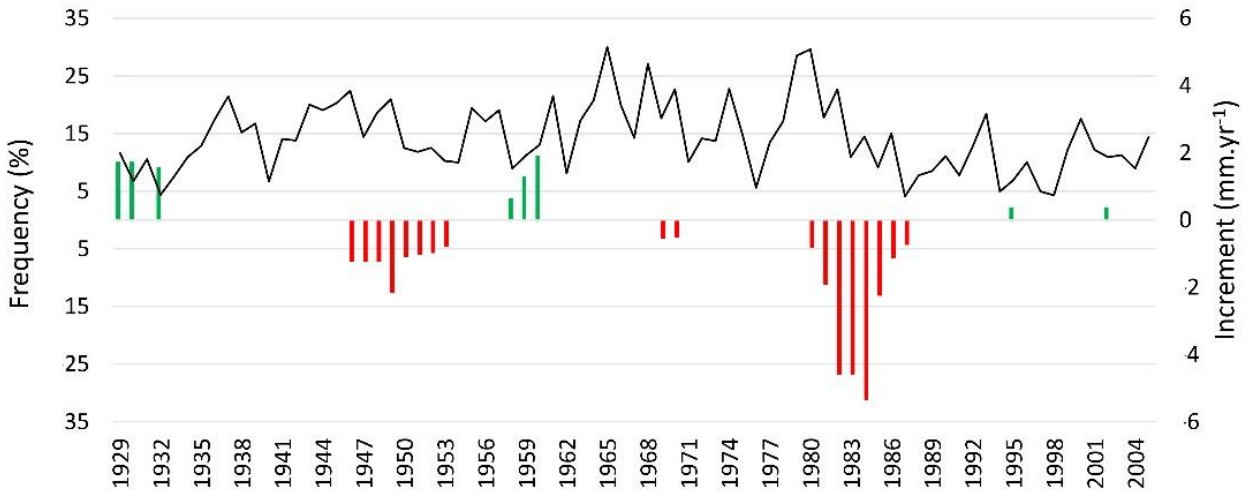
475

476 Figure 3. Release (green bars) and suppression (red bars) events frequency per calendar year.
 477 In the second axis, the *Cedrela* spp. population from tropical moist forest annual increment
 478 average.



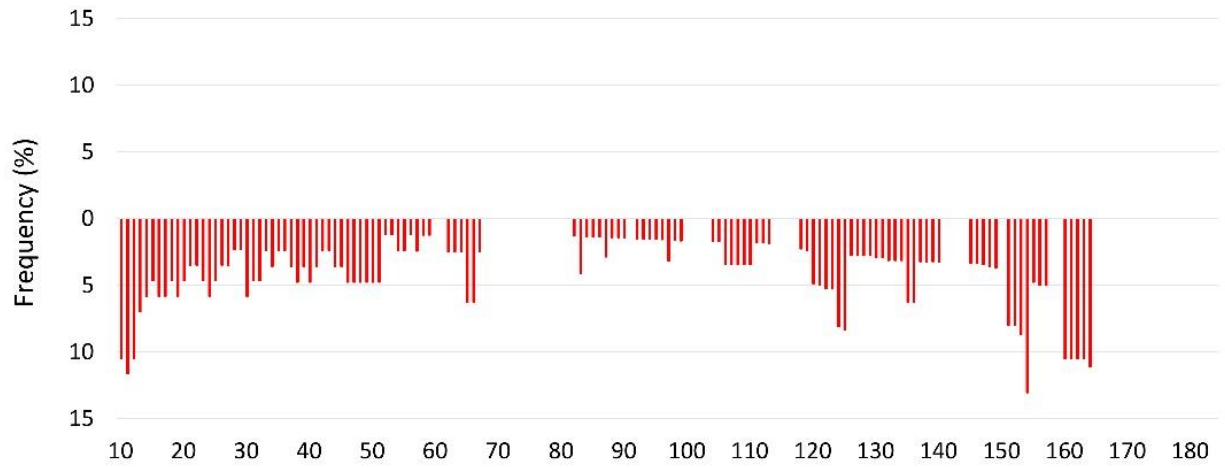
479

480 Figure 4. Release (green bars) and suppression (red bars) events frequency per calendar year.
 481 In the second axis, the *Cedrela* spp. population from tropical dry forest annual increment
 482 average.



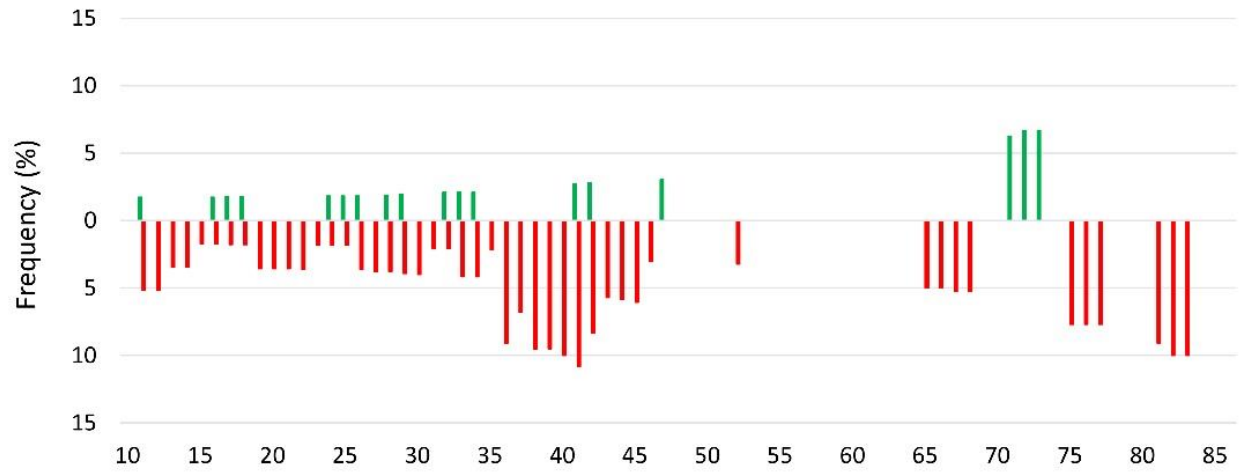
483

484 Figure 5. Release (green bars) and suppression (red bars) events frequency per tree age of
485 *Cedrela* spp. population from tropical moist forest.



486

487 Figure 6. Release (green bars) and suppression (red bars) events frequency per tree age of
 488 *Cedrela* spp. population from tropical dry forest.



489

CONCLUSÃO FINAL

O reconhecimento de períodos com eventos de liberação e supressão na série de anéis de crescimento das árvores de *Cedrela* spp. podem melhorar nosso entendimento sobre as estratégias de crescimento das árvores neotropicais. Vimos que a população de *Cedrela* spp. da floresta úmida parece ser sustentada de forma diferente da população da floresta seca, o que dá origem às variações nas trajetórias do mesmo gênero em tipos de floresta contrastantes. Naturalmente, sugerimos uma análise aprofundada do histórico do crescimento das árvores de *Cedrela* spp. com mais informações durante todas as fases de sua vida. Esperamos contribuir para o progresso no entendimento da dinâmica e história das florestas tropicais. Os resultados desta pesquisa fornecem informações sobre o crescimento de espécies nativas que podem servir de base para pesquisas futuras e monitoramento para conservação.