



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

GINO COELHO DE SOUZA

EFEITO DOS FATORES AMBIENTAIS SOBRE A ATIVIDADE CAMBIAL EM
Commiphora leptophloeos – BURSERACEAE

FORTALEZA

2022

GINO COELHO DE SOUZA

EFEITO DOS FATORES AMBIENTAIS SOBRE A ATIVIDADE CAMBIAL EM

Commiphora leptophloeos – BURSERACEAE

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de graduação em Ciências Biológicas do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharelado em Ciências Biológicas.

Orientadora: Prof. Dr. Arlete Aparecida Soares.

FORTALEZA
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S238e Souza, Gino Coelho de.
Efeito dos fatores ambientais sobre a atividade cambial em *Commiphora leptophloeos* – Burseraceae /
Gino Coelho de Souza. – 2022.
24 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências,
Curso de Ciências Biológicas, Fortaleza, 2022.
Orientação: Profa. Dra. Arlete Aparecida Soares.

1. Atividade cambial. 2. Fenologia. 3. Fatores abióticos. 4. Semiárido. I. Título.

CDD 570

GINO COELHO DE SOUZA

EFEITO DOS FATORES AMBIENTAIS SOBRE A ATIVIDADE CAMBIAL EM

Commiphora leptophloeos – BURSERACEAE

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de graduação em Ciências Biológicas do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharelado em Ciências Biológicas.

Aprovado em 12/12/2022

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Arlete Aparecida Soares (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Rafael Carvalho da Costa
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Bruno Souza de Menezes
Universidade Federal do Ceará (UFC)

FORTALEZA
2022

Dedico esse trabalho primeiramente a mim, a Deus e a minha família por todo apoio durante minha graduação.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) durante os anos de 2019 a 2022.

Aos professores participantes da banca examinadora Rafael Carvalho da Costa e Bruno Souza de Menezes pelas valiosas avaliações e sugestões para o melhoramento do trabalho.

A Prof. Dr. Arlete Aparecida Soares por toda a dedicação e ótima orientação durante o período de Iniciação Científica. Grato também pelas importantes lições de vida e conselhos que me foram dados.

A Andrieli Lima da Silva que ajudou durante as análises estatísticas, na interpretação dos resultados e na preparação das amostras.

Aos meus amigos por todo o apoio nos momentos difíceis, pelos conselhos maravilhosos e por fazerem parte de minha vida.

RESUMO

As plantas exibem adaptações para sobreviverem as alterações que ocorrem onde crescem. Mudanças ambientais não afetam somente a fenologia, mas também o crescimento, que em espécies lenhosas é promovido pela ação de meristemas secundários. Os meristemas envolvidos no crescimento secundário são o câmbio vascular, que produz xilema e floema secundário, e o felogênio, que produz feloderme e súber. Em regiões tropicais sazonalmente secas ainda é preciso elucidar quais fatores afetam a atividade cambial para muitas espécies, que tende a não ser contínua devido a variações hídricas. O objetivo do trabalho foi avaliar a atividade cambial e a fenologia em relação aos fatores abióticos em uma espécie decídua com baixa densidade de madeira. Mensalmente foi coletado amostras do caule de 10 indivíduos de *Commiphora leptophloeos*, durante fevereiro de 2019 a janeiro de 2020 na Fazenda Experimental do Vale do Curu, da UFC. As observações fenológicas aconteceram no mesmo período das coletas. As amostras foram desidratadas, incluídas em historesina, seccionadas em micrótomo rotatório e coradas. Toda a análise estatística e gráficos foram feitos no RStudio. O maior número de células cambiais esteve presente no período chuvoso, assim como as folhas maduras. O pico de maior atividade cambial ocorreu no mês de maio, estação chuvosa, e também corresponde ao de menor valor do fotoperíodo. Nos meses secos, houve grande queda foliar e a atividade cambial diminuiu. A estação de seca foi marcada pela diminuição gradativa no número de células, ausência de folhas, temperatura e fotoperíodo elevados. A brotação foliar e floração ocorreram em novembro e dezembro, acompanhados pelo aumento da quantidade de células cambiais. As variáveis com efeito no número de células cambiais foi a precipitação, com efeito negativo ($Estimates = -0,65$), e folhas maduras ($Estimates = 0,97$). A disponibilidade de água é importante para as folhas maduras e o mês onde começa a rebrota foliar tem elevada luminosidade, que pode estar atuando como fator iniciador. O armazenamento de água caulinar provavelmente é responsável pela diminuição lenta no número de células cambiais durante os meses de estiagem. Concluímos que o aumento da atividade cambial possui relação com a presença de folhas maduras e a água armazenada auxiliar na manutenção do número de células cambiais.

Palavras-chave: atividade cambial; fenologia; fatores abióticos; semiárido.

ABSTRACT

Plants exhibit adaptations to survive the changes that occur where they grow. Environmental changes not only affect phenology, but also growth, which in woody species is promoted by the action of secondary meristems. The meristems involved in secondary growth are the vascular cambium, which produces secondary xylem and phloem, and the phellogen, which produces phelloderm and suber. In seasonally dry tropical regions, it is still necessary to elucidate which factors affect cambial activity for many species, which tends not to be continuous due to hydric variations. The objective of this work was to evaluate cambial activity and phenology in relation to abiotic factors in a deciduous species with low wood density. Monthly stem samples were collected from 10 individuals of *Commiphora leptophloeos*, during February 2019 to January 2020 at the Fazenda Experimental do Vale do Curu (UFC). The phenological observations took place during the same collection period. The samples were dehydrated, embedded in historesin, sectioned with a rotary microtome and stained. All statistical analysis and graphics were done in RStudio. The highest number of cambial cells was present in the rainy season, as well as the mature leaves. The peak of greatest exchange rate activity occurred in the month of May, the rainy season, and also corresponds to the lowest value of the photoperiod. In the dry months, there was a large leaf fall and exchange rate activity decreased. The dry season was marked by a gradual decrease in the number of cells, absence of leaves, high temperature and photoperiod. Leaf sprouting and flowering occurred in November and December, accompanied by an increase in the number of cambial cells. The variables with an effect on the number of cambial cells were precipitation, with a negative effect (*Estimates* = -0.65), and mature leaves (*Estimates* = 0.97). Water availability is important for mature leaves and the month in which leaf regrowth begins has high luminosity, which may be acting as an initiating factor. The storage of stem water is probably responsible for the slow decrease in the number of cambial cells during the dry months. We conclude that the increase in cambial activity is related to the presence of mature leaves and the stored water helps to maintain the number of cambial cells.

Keywords: cambial activity; phenology; abiotic factors; semiarid.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	11
2.1 Espécie.....	11
2.2 Local de coleta.....	12
2.3 Anatomia e fenologia.....	13
2.4 Dados meteorológicos.....	14
2.5 Análise estatística.....	14
3. RESULTADOS.....	15
3.1 Anatomia do câmbio de <i>Commiphora leptophloeos</i>.....	15
3.2 Quantidade de células no período chuvoso e seco.....	16
3.3 Atividade cambial e fatores abióticos.....	17
3.4 Fenologia.....	18
3.5 Relação entre atividade cambial, fenologia e condições abióticas.....	19
3.6 Fenologia e atividade cambial em função da precipitação.....	20
4. DISCUSSÃO.....	21
5. CONCLUSÃO.....	23
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	23

1. Introdução

As plantas, em resposta às adversidades bióticas e abióticas, exibem plasticidade em sua fenologia e anatomia (Srivastava, 1964; Pooter *et al.*, 2013). Em seu ciclo de vida, algumas plantas podem apresentar crescimento secundário pela ação do câmbio vascular (Begum *et al.*, 2017; Deslauriers *et al.*, 2008) e do felogênio (Campilho *et al.*, 2020; Crang *et al.*, 2018). O câmbio vascular produz xilema secundário para o interior e floema secundário mais externamente (Evert, 2006). Por outro lado, o felogênio forma súber (casca) para a parte mais externa do corpo da planta e feloderme mais internamente (Srivastava, 1964; Leite e Pereira, 2017). O conjunto de súber, felogênio e feloderme constituem a periderme (Campinho *et al.*, 2020). Esses dois meristemas secundários respondem, na maioria das vezes, de maneira diferente às mudanças no ambiente e as condições internas (Arzee *et al.*, 1970).

Espécies lenhosas encontradas em regiões temperadas apresentam sazonalidade do câmbio durante as estações do ano, entrando em dormência no inverno (Li *et al.*, 2021; Begum *et al.*, 2015). Isso permite sobreviverem durante estações menos favoráveis, retomando a atividade cambial em condições propícias (Marcati *et al.*, 2016). Alguns fatores envolvidos na sazonalidade do câmbio, para regiões temperadas, são principalmente a temperatura e o fotoperíodo (Borchert, 1999; Delpierre *et al.*, 2015). Entretanto, para regiões tropicais, que não possuem as estações do ano tão bem demarcadas, ainda não se sabe quais fatores são responsáveis por essa variação na atividade cambial (Callado *et al.*, 2013). Alguns autores, como Borchert (1999), Worbes (1995) e De Micco (2016), afirmam que a atividade cambial não é contínua em algumas regiões tropicais por conta de flutuações hídricas. Estudos envolvendo o acompanhamento da atividade cambial utilizando métodos histológicos ainda são poucos para a maioria das regiões trópicas (Callado *et al.*, 2013).

Em florestas temperadas, o desenvolvimento de gemas está principalmente condicionado pela temperatura e fotoperíodo (Delpierre *et al.*, 2015). A temperatura também é um fator que possui efeito na quebra da dormência cambial (Begum *et al.*, 2008), na fenologia de órgãos vegetativos (Delpierre *et al.*, 2015; Li *et al.*, 2021; Borchert, 1994), na diferenciação do xilema (Dünisch, 2010; Deslauriers *et al.*, 2008) e no armazenamento de substâncias de reserva (Begum *et al.*, 2010). Begum e colaboradores examinaram o efeito controlado das altas e baixas temperaturas em seus diversos

trabalhos, chegando à conclusão que ela é importante na quebra da dormência, inibição ou aumento da atividade cambial e na maturação dos elementos traqueais (Begum *et al.*, 2012; Begum *et al.*, 2009; Begum *et al.*, 2008). Worbes (1995) aponta que o principal determinante da formação de anéis, que são padrões na madeira onde se pode inferir as condições ambientais que a planta estava exposta, em espécies de clima tropical são as estações de seca, marcadas por altas temperaturas e déficit hídrico. Espécies tropicais que crescem em regiões sazonalmente secas conseguem minimizar os efeitos negativos dos déficits hídricos com reservas de água no caule, apresentando associações entre os raios parênquimáticos, fibras septadas ou gelatinosas e os elementos de vasos, o que pode ocasionar a diminuição da densidade da madeira (Carvalho *et al.*, 2023).

A atividade do câmbio vascular em espécies tropicais em relação às condições ambientais, principalmente em função da disponibilidade hídrica, ainda necessita ser avaliada para muitas espécies (De Lara e Marcati, 2016; Callado *et al.*, 2013; Borchert, 1999). Sabendo disso, expomos a seguinte pergunta: Como as condições abióticas e a fenologia se relacionam com a atividade cambial em uma espécie decídua com baixa densidade de madeira presente no semiárido? A brotação foliar, floração, atividade cambial e muitos outros processos que envolvem expansão celular podem ser inibidos por déficits hídricos (Borchert, 1994). A presença de folhas também pode contribuir para o aumento da atividade do câmbio devido a liberação de fitohormônios (Begum *et al.*, 2017; Marcati *et al.*, 2016). Com base nisso, nossa hipótese é de que a atividade cambial será menor devido as baixas precipitações durante o período seco e a perda das folhas, retomando a atividade durante a estação chuvosa e rebrota foliar. Esperamos que o início da atividade cambial de espécies lenhosas com baixa densidade de madeira independa dos pulsos hídricos, enquanto o aumento das divisões celulares é modulado pela fenologia foliar e maior aporte hídrico.

2. Material e métodos

2.1 Espécie

A espécie utilizada pertence a família Burseraceae de nome científico *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J. B. Gillet. É conhecida popularmente como “Imburana” ou

“Imburana-de-espinho” (Pessoa *et al.*, 2021; Carvalho, 2008). É uma espécie arbórea decídua de ampla distribuição geográfica cujo domínio fitogeográfico abrange a floresta Amazônica, Cerrado e Caatinga (Flora e Funga do Brasil, 2022). A espécie é heliófila, não tolerando ambientes com baixas temperaturas (Carvalho, 2008). Na fase adulta pode atingir até 12 m de altura e 60 cm de DAP (diâmetro à altura do peito, medido a 1,30 m do solo), o tronco é tortuoso, esgalhado, dotado de espinhos agudos e fortes. As folhas compostas são alternas, imparipinadas, com três a nove folíolos ovais, medindo de 1,5 cm a 3,5 cm de comprimento (Carvalho, 2008). As flores são pequenas, com fruto drupóide do tipo filotrimídio e semente rígida ou rugosa (Carvalho, 2008). A baixa densidade da madeira em *C. leptophloeos* é devido principalmente a grande quantidade de fibras septadas em seu xilema secundário, o que permite armazenar água em seu caule (Carvalho *et al.*, 2023).

2.2 Local de coleta

A coleta de dados foi realizada na Fazenda Experimental Vale do Curu FEVC/UFC, localizada no município de Pentecoste, a 91 km de Fortaleza, capital do Ceará. A FEVC possui uma área de 823 hectares com 142 ha de floresta de Caatinga conservada e com clima tropical quente semiárido (IPECE, 2012). A temperatura média anual é de 26,6 °C e 770,5 mm de precipitação média, com chuvas concentradas nos meses de janeiro a junho (Agui *et al.*, 2002).

O déficit hídrico em Pentecoste é bem marcante ao longo do ano, com “inputs” hídricos iniciando em fevereiro, com concentração em março e abril (Figura 1). Os “outputs”, perda de água no ambiente, começam em maio e finaliza em julho, mês de início do período de seca. Ao longo dos demais meses o déficit hídrico é intenso.

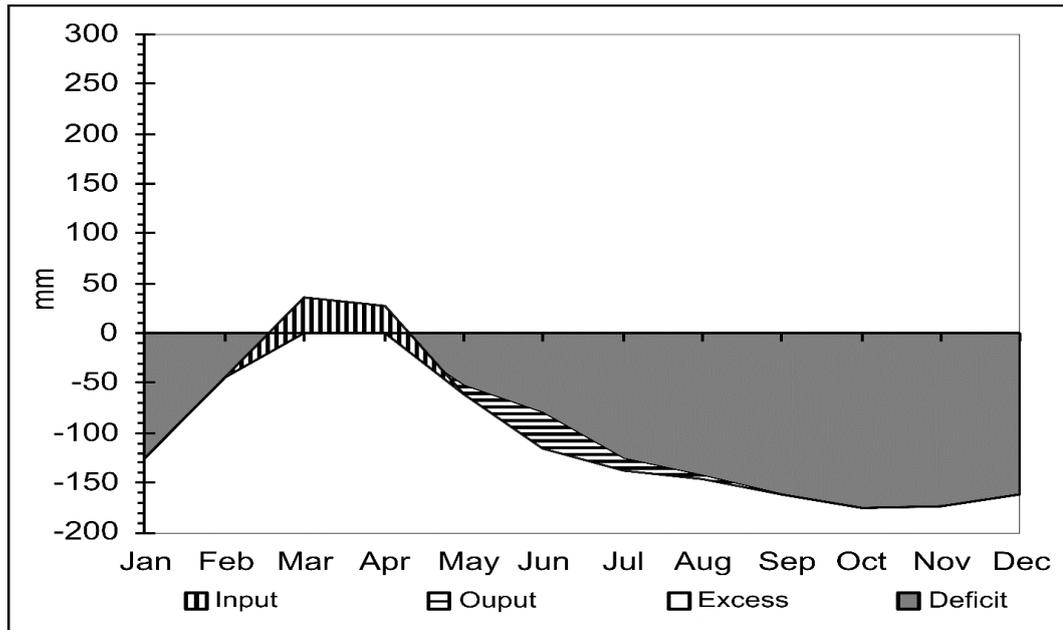


Figura 1 – Balanço hídrico de Pentecoste-CE.

As chuvas se concentraram nos meses de fevereiro até maio, com o maior volume em março (Figura 2). A estação de seca inicia em julho, exibido no gráfico quando a linha vermelha (temperatura) sobrepõe a linha azul (precipitação). Os meses com a temperatura mais alta foram outubro e novembro, superior a 30 °C.

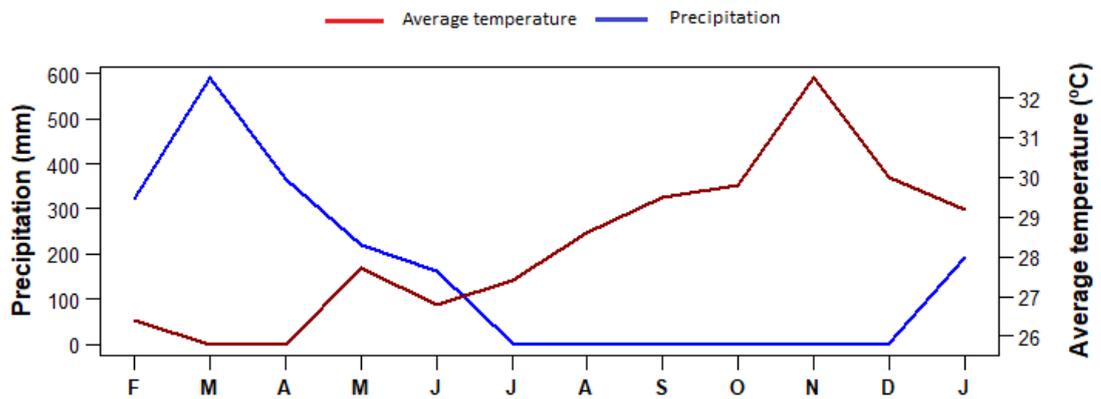


Figura 2 – Gráfico Ombrotérmico de Pentecoste-CE.

2.3 Anatomia e fenologia

As coletas das amostras de tronco foram realizadas no período de fevereiro de 2019 a janeiro de 2020. Para isso, utilizamos Treffor (Rossi *et al.*, 2006) para a extração de fragmentos do caule, a altura do diâmetro do peito, de 10 indivíduos de *C. leptophloeos*. As amostras incluíam periderme, floema secundário, câmbio vascular e xilema secundário, fixadas em solução Karnosvisk, glutaraldeído (2,5%) e paraformaldeído (4%) em tampão fosfato 0,1 pH 7,3 (Karnovsky, 1965). Posteriormente, as amostras foram lavadas com tampão fosfato, desidratadas em série etílica crescente e incluídas em Historessin Leica. Secções transversais de 5 µm foram feitas em um micrótomo rotatório (Leica 2065) e as lâminas coradas com azul de toluidina (O'Brien e McCully, 1964) e safranina-azul de astra (Roeser, 1972). O laminário foi analisado em um microscópio de campo claro modelo LeicaDM 4000 com sistema de captura de imagens e para a contagem de células presentes na zona cambial das amostras coletadas (Rossi *et al.*, 2006).

As observações fenológicas foram feitas concomitante às coletas das amostras do caule. Foram atribuídos classes de valores de 0%, 25%, 50%, 75% e 100% para as características vegetativas (brotamento foliar, folha completamente expandida e queda foliar) e reprodutivas (flor, botão floral, fruto verde e fruto maduro) de acordo com a metodologia proposta por Tovar (1976).

2.4 Dados meteorológicos

Os dados de temperatura e precipitação foram obtidos da estação meteorológica instalada na Fazenda Experimental da UFC/Pentecoste. Os dados de fotoperíodo ao longo do ano foram calculados através de coordenadas geográficas da região aplicadas no pacote “*meteor*” no RStudio.

2.5 Análise estatística

Todas as análises e gráficos foram feitos no RStudio (R CORE TEAM, 2020). Primeiro foi testada a colinearidade dos dados, sendo retirados da análise todas as variáveis com correlação aproximada de 0.8, valor estabelecido após a observação dos

dados. A análise de correlação das variáveis ambientais (temperatura média, precipitação e fotoperíodo), fenologia (folha madura, flor e fruto verde) e o crescimento (número de células cambiais) foi realizada usando um modelo linear generalizado misto (GLMM), onde o efeito aleatório é dado pela variável “indivíduos”, que se repetem a cada coleta (Crawley, 2015). A distribuição usada no modelo foi a Gaussiana, com função de ligação (*link*) “*identity*”. O Teste de Wilcoxon para amostras independentes e não pareadas foi usado para avaliar a ocorrência de variação no número de células cambiais durante o período seco e chuvoso.

3. Resultados

*3.1 Anatomia do câmbio de *Commiphora leptophloeos**

Em *C. leptophloeos* verificamos que o período de maior atividade do câmbio ocorreu durante o período chuvoso enquanto o período de quiescência desse meristema se deu no período seco (Figura 3). O câmbio apresentou aproximadamente 7 camadas de células com paredes delgadas e irregulares, assim como xilema e floema em diferenciação (Figura A e B). Na figura A é possível notar a ampla zona do floema secundário (PZ), com uma pequena faixa de xilema secundário recém formado (EW). Quando quiescente, o número de células do câmbio foi aproximadamente 5, com as células apresentando paredes retas, com xilema e floema diferenciados (Figura C e D).

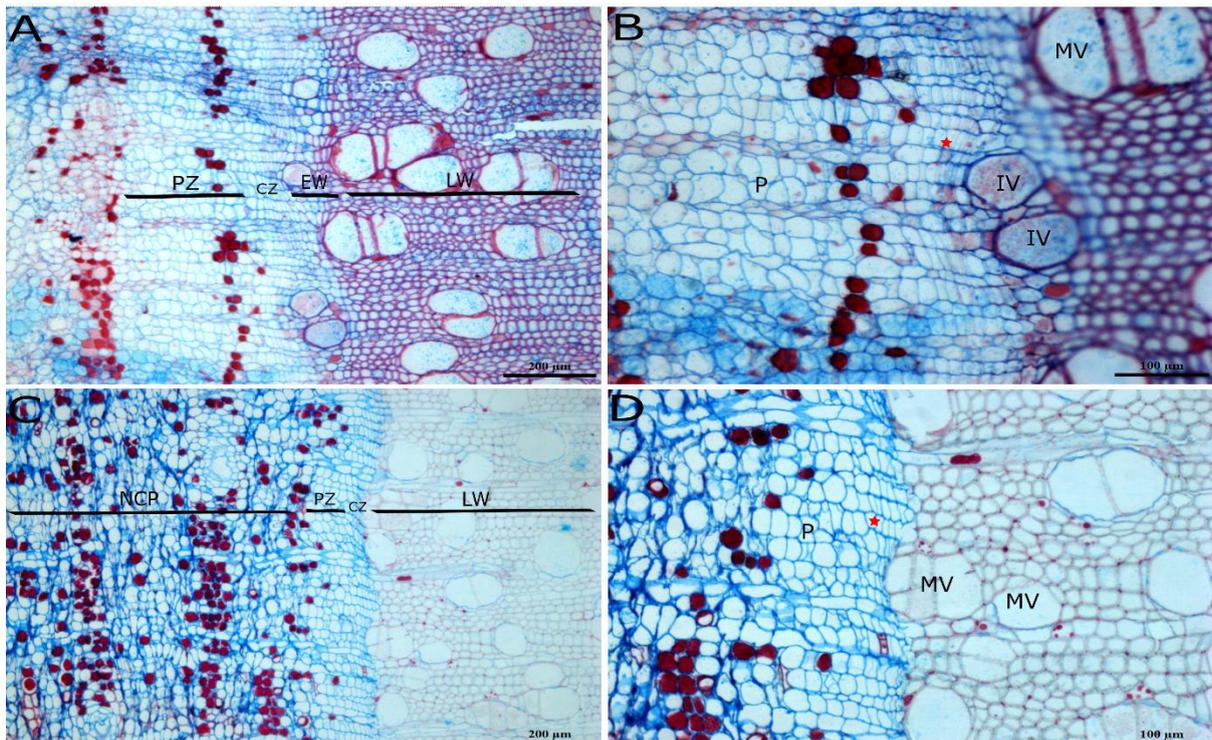


Figura 3 – Variação da atividade cambial em abril, período chuvoso, e novembro, período seco. **A** – Visão geral do câmbio, com amplo floema secundário (**PZ**), zona cambial (**CZ**) e xilema recém-formado (**EW**). **B** – Células do câmbio com paredes delgadas. **C** – Câmbio no período seco, com reduzida zona cambial, floema secundário e apenas xilema maduro (**LW**). **D** – Câmbio com poucas células e com paredes retas. **Label: PZ** - Phloem zone; **CZ** – Cambial zone; **EW** – Early wood; **LW** – Late wood; **P** – Phloem; **IV** – Immature vase; **MV** – Mature vase; **NCP** – Non-conducting phloem; (★) – Cambial cells.

3.2 Quantidade de células no período chuvoso e seco

O número de células cambiais nos meses chuvosos e secos foram significativamente diferentes (Teste de Wilcoxon, $p = 0.0003243$ e $w = 836.5$). O crescimento mais vigoroso é observado na estação chuvosa, com densidade elevada de indivíduos apresentando cerca de 8 células (Figura 4). Durante o período de seca, a densidade de indivíduos apresentando aproximadamente 6 células cambiais foi elevada. No período de seca, a amplitude na quantidade de células que os indivíduos podem alcançar é baixa em relação ao período chuvoso.

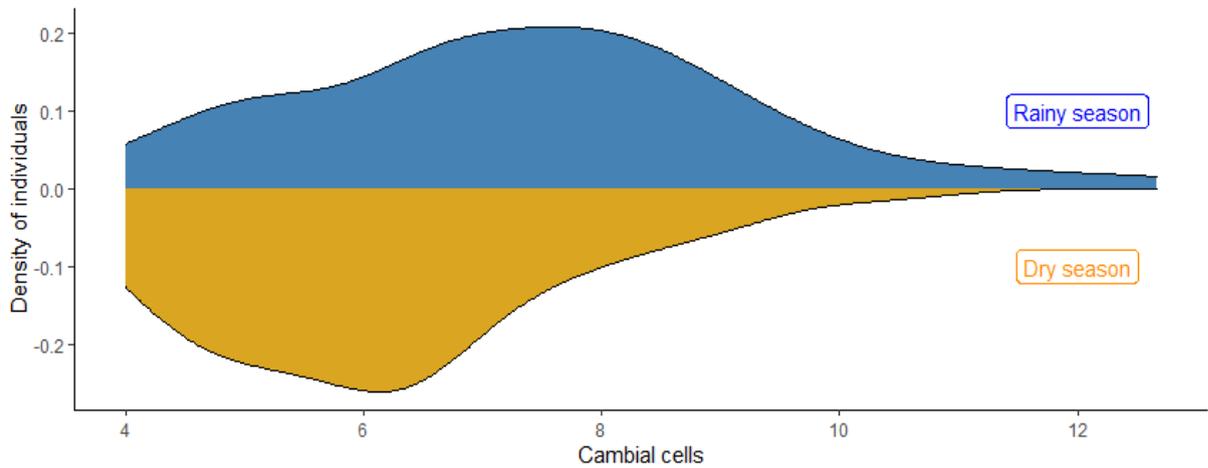


Figura 4 – Número de células cambiais no período de seca (Dry season) e período chuvoso (Rainy season).

3.3 Atividade cambial e fatores abióticos

Nos meses de fevereiro a maio, quadra chuvosa, o aumento das camadas de células do câmbio foi gradual, atingindo seu pico em maio quando o número de células cambiais foi superior a 7 células. A partir de junho, as precipitações são mais escassas e cessam completamente em julho. Nesse mesmo período o fotoperíodo atinge seu menor valor, com menos de 12 horas. Os meses com alta temperatura média são outubro e novembro, com valores acima de 30 °C (Figura 5). Esses meses foram os que tiveram a menor quantidade de células do câmbio, sendo em média abaixo de 6 células cambiais. O início das divisões celulares se inicia em novembro, quando o fotoperíodo está acima de 12 horas, e a temperatura média próxima de 30 °C. A precipitação em dezembro é em torno de 50 mm, evidenciando o início da pré-estação chuvosa, quando as divisões células se tornam mais acentuadas.

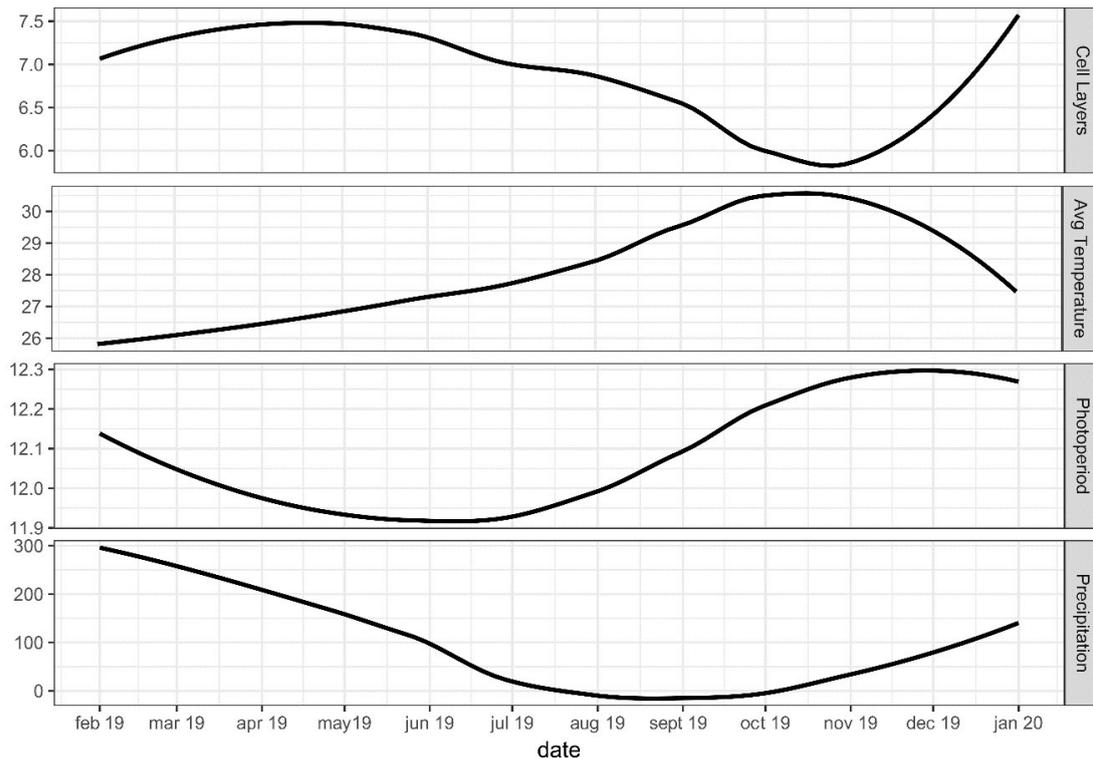


Figura 5 – Atividade cambial de *Commiphora leptophloeos* e as variáveis ambientais durante o período de coleta. Linha de tendência obtidas através da função “smooth” do pacote “ggplot2”, R Program.

3.4 Fenologia

Durante os meses de fevereiro e maio de 2019 há predominância de folhas maduras nos indivíduos, com alguns contendo nesse intervalo fruto verde (Figura 6). A queda foliar aumenta durante toda a estação seca, sendo acentuada nos meses de outubro e novembro. As primeiras brotações acontecem no mês de novembro, perto do início da pré-estação chuvosa que geralmente é entre os meses de dezembro e janeiro. A floração também ocorre nesse período e ambas as fases vão até dezembro, onde atingem os maiores valores. Em janeiro do ano seguinte, a presença de folhas verdes já podia ser visível em alguns indivíduos, assim como o fruto verde.

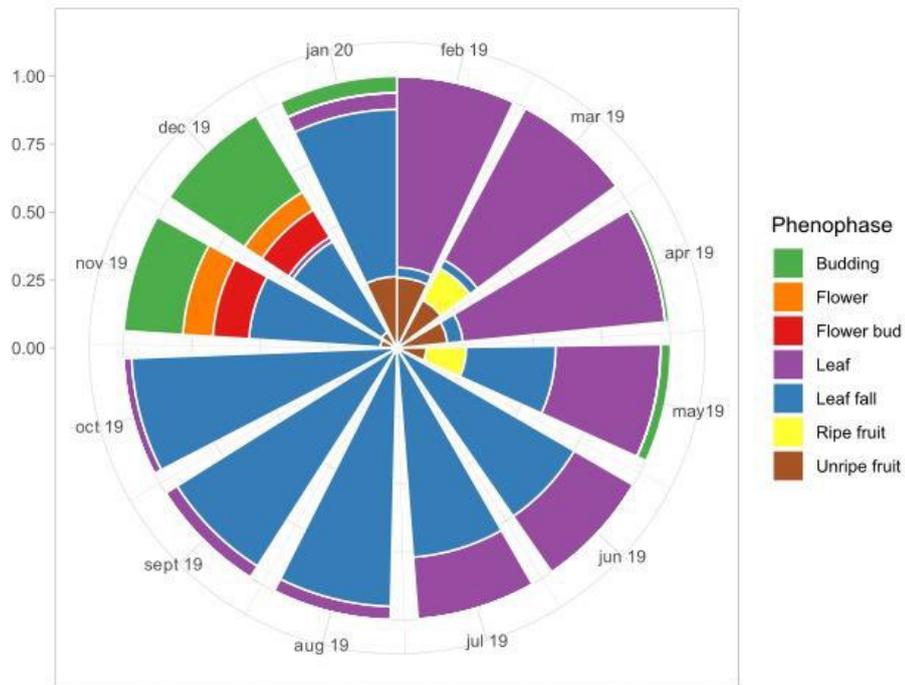


Figura 6 – Variação fenológica de *Commiphora leptophloeos*.

3.5 Relação entre atividade cambial, fenologia e condições abióticas

As variáveis de folha totalmente expandida têm forte efeito positivo e precipitação efeito negativo na atividade cambial (Tabela 1). As demais variáveis testadas não apresentaram efeito significativo na atividade cambial, ou seja, $p > 0.05$.

Effect of environmental and fenological variables on growth			
Predictors	Estimates *	CI **	P ***
(Intercept)	6.66	6.11 – 7.21	<0.001
Leaf	0.97	0.35 – 1.60	0.002
Photoperiod	-0.27	-0.67 – 0.13	0.186
Precipitation	-0.65	-1.18 – -0.12	0.016
Flower	-0.20	-0.60 – 0.19	0.316
Average temperature	-0.19	-0.75 – 0.37	0.514
Unripe fruit	-0.09	-0.53 – 0.34	0.666

Leaf + precipitation	-0.18	-0.61 – 0.25	0.415
N ind	10		
Observations	105		

Tabela 1 – Resultados do modelo linear generalizado misto (GLMM). * Efeito da variável preditora sobre a variável resposta (crescimento em número de camadas de células cambiais) ** Intervalo de confiança. *** Quanto os valores do efeito se aproximam de zero.

3.6 Fenologia e atividade cambial em função da precipitação

Quando a precipitação é ausente, boa parte dos indivíduos não apresentam folhas e alguns mantêm uma quantidade pequena, nesse momento existe uma tendência de diminuição da atividade cambial (primeiro quadrante da Figura 7). A atividade se inicia logo após as primeiras chuvas, quando a precipitação chega a aproximadamente 56 mm (segundo quadrante Figura 7). Enquanto, quando a faixa de precipitação é de 100 mm até quase 300 mm, os indivíduos tem sua copa completa e as camadas de células cambiais ficam concentradas entre 6-8 células, com alguns indivíduos podendo ultrapassar 10 células cambiais (terceiro quadrante Figura 7).

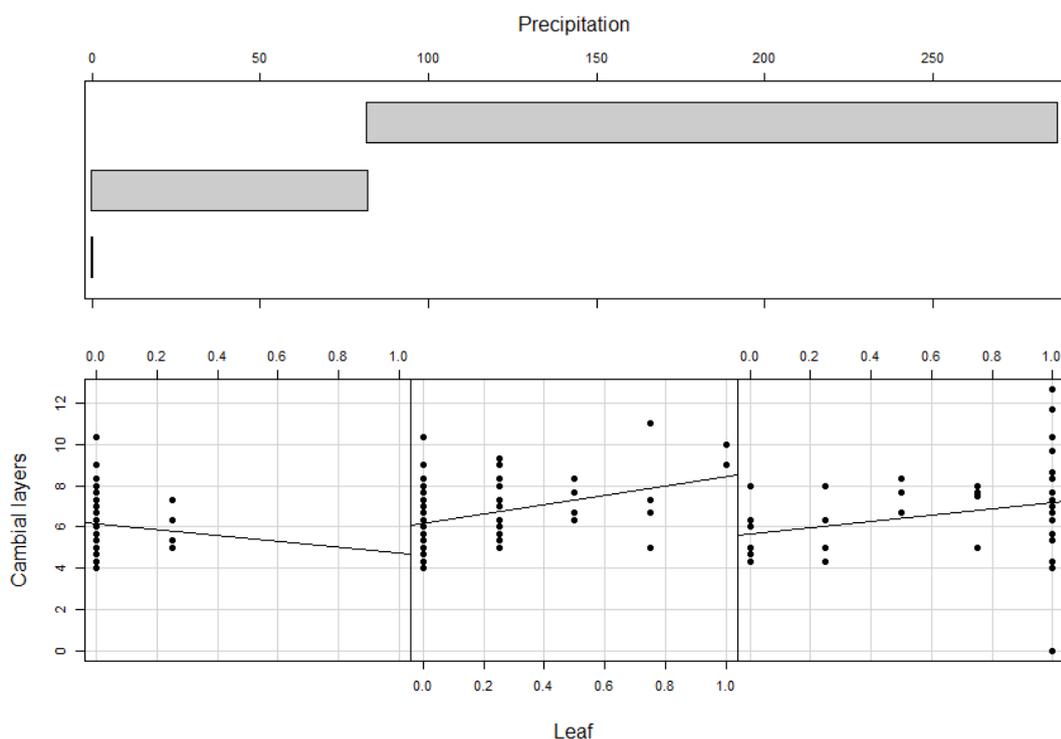


Figura 7 – Gráfico de dispersão condicional entre as variáveis folha e atividade cambial condicionado à precipitação mensal.

4. Discussão

A disponibilidade hídrica e a presença de folhas adultas em conjunto mostraram ser importantes no aumento da atividade cambial de *C. leptophloeos*. Nossos resultados mostram que há assincronia na fenologia e na cambial dos indivíduos, principalmente durante a estação chuvosa. O câmbio vascular responde aos fatores abióticos, porém em alguns casos pode não ser ritmado em resposta a essas condições (Srivastava, 1964; De Micco et al., 2016). Em *Tectona grandis*, o câmbio e o crescimento radial mais vigoroso ocorreram no ápice da estação chuvosa (Dié et al., 2012), o que está de acordo com os resultados obtidos para *C. leptophloeos*. Em muitos casos a atividade cambial não é contínua ao longo do ano devido às variações sazonais nas condições pluviométricas (De Micco et al., 2016; Pumijumnong e Buajan, 2012; Marcati et al., 2007). No entanto, para *C. leptophloeos* a atividade do câmbio é afetada por outros fatores além das precipitações, como a presença de folhas maduras. A relação da atividade cambial com folhas maduras também já foi observada por Marcati et al. (2007) em *Schizolobium parahyba* (Fabaceae).

Em *C. leptophloeos* não foi encontrado efeito da temperatura, do fotoperíodo e da brotação com a atividade cambial. Entretanto, o início das primeiras divisões celulares do câmbio ocorre no mesmo período da brotação e do florescimento, que se estendem até dezembro. O fotoperíodo, a temperatura e a brotação foliar também são apontados como moduladores da sazonalidade na atividade cambial (Begum et al., 2015; De Lara et al., 2017; Borchert, 1999). A partir de janeiro as plantas se encontram com folhas, evidenciando que os eventos fenológicos e a atividade do câmbio são síncronos com o aumento da disponibilidade hídrica, mas não com a temperatura e o fotoperíodo. Os fitohormônios, como a auxina, liberados durante a brotação podem atuar no início da atividade cambial (Espinosa et al., 2010; De Lara e Marcati, 2016). A partir do mês de novembro verificamos pequena elevação da disponibilidade hídrica, início da brotação foliar e aumento do número de células cambiais, reforçando que o início da atividade cambial em *C. leptophloeos* exibi relação com a fenologia foliar.

Para espécies de regiões tropicais, a resposta do câmbio ao fotoperíodo tem

recebido pouca atenção (De Lara e Marcati, 2016). A resposta à mudança do fotoperíodo, notado primeiramente pelas gemas apicais, é um indicador de variações ambientais (Yáñez-Espinosa *et al.*, 2010; Li *et al.*, 2021), que no caso do semiárido tropical coincide com o período pré-chuvoso. Marcati *et al.* (2016) estudando 10 espécies de cerrado, com hábitos (árvore ou arbusto) e padrão de queda foliar diferentes, chegou à conclusão de que existe relação entre brotação, duração do dia e atividade cambial para as plantas analisadas. Para *C. leptophloeos*, o mês onde houve maior número de células cambiais foi o de menor fotoperíodo, em contraposição, o brotamento da espécie ocorreu quando o fotoperíodo estava alto, em novembro. Isso sugere que um fotoperíodo maior que 12 horas pode ser um fator promotor dos primeiros eventos de floração e brotação, o que pode estar interrelacionado com o início da atividade cambial. No entanto, o período de maior atividade do câmbio ocorreu quando houve aporte hídrico suficiente e as plantas com folhas expandidas.

A queda foliar e a baixa atividade cambial em *C. leptophloeos* foi bem proeminente durante a estação seca, quando as temperaturas estavam mais altas e a precipitação baixa. Borchert (1994) comenta que para plantas expostas a grandes temperaturas e baixo aporte hídrico, a melhor solução é a perda de folhas, pois evita a transpiração e preserva a água armazenada nos tecidos internos, especialmente as espécies com baixa densidade de madeira. *C. leptophloeos* possui baixa densidade de madeira e armazena água e carboidratos no xilema. Isso pode ter favorecido a lenta queda da atividade cambial no período seco e a parada da atividade apenas no fim dessa estação. Esses resultados podem explicar o efeito positivo da presença das folhas e não com o período chuvoso. No entanto, a maior atividade do câmbio coincide com o período de maior disponibilidade hídrica e de formação de folhas.

Em uma floresta tropical perene, Pumijumnon e Buajan (2012) encontraram para *Canarium euphyllum*, *Toona ciliata* e *Spondias axillares* que a quantidade de chuva entre os meses de novembro a janeiro foi suficiente para aumentar a atividade cambial dessas três espécies. Nossos dados corroboram esses resultados, no entanto a atividade do câmbio de *Commiphora leptophloeos* também inicia com a brotação foliar. É possível que o início da atividade cambial seja disparado pelo aumento da produção de auxina devido ao início de produção de novas folhas ou pelo aporte de fotoassimilados e carbono.

5. Conclusão

A maior atividade cambial em *Commiphora leptophloeos* ocorre no período chuvoso, entretanto, possui efeito negativo da precipitação e positivo com a presença de folhas maduras. A água armazenada no caule permitiu a diminuição gradativa da atividade cambial durante parte da estação seca.

REFERÊNCIAS

ARZEE, T.; WAISEL, Y.; LIPHSCHITZ, N. Periderm development and phellogen activity in the shoots of *Acacia raddiana* Savi. **New Phytologist**, v. 69, n. 2, p. 395–398, abr. 1970.

BEGUM, S. et al. Temperature responses of cambial reactivation and xylem differentiation in hybrid poplar (*Populus sieboldii* x *P. grandidentata*) under natural conditions. **Tree Physiology**, v. 28, n. 12, p. 1813–1819, 1 out. 2008.

BEGUM, S. et al. Cambial sensitivity to rising temperatures by natural condition and artificial heating from late winter to early spring in the evergreen conifer *Cryptomeria japonica*. **Trees**, v. 24, n. 1, p. 43–52, 27 ago. 2009.

BEGUM, S. et al. A rapid decrease in temperature induces latewood formation in artificially reactivated cambium of conifer stems. **Annals of Botany**, v. 110, n. 4, p. 875–885, 26 jul. 2012.

BEGUM, S. et al. Localized cooling of stems induces latewood formation and cambial dormancy during seasons of active cambium in conifers. **Annals of Botany**, v. 117, n. 3, p. 465–477, 24 dez. 2015.

BORCHERT, R. Water status and development of tropical trees during seasonal drought. **Trees**, v. 8, n. 3, p. 115–125, fev. 1994.

BEGUM, Shahanara; KUDO, Kayo; RAHMAN, Md Hasnat; et al. Climate change and the regulation of wood formation in trees by temperature. **Trees**, v. 32, n. 1, p. 3–15, 2017.

BEGUM, Shahanara; NAKABA, Satoshi; ORIBE, Yuichiro; et al. Changes in the localization and levels of starch and lipids in cambium and phloem during cambial reactivation by artificial heating of main stems of *Cryptomeria japonica* trees. **Annals of Botany**, v. 106, n. 6, p. 885–895, 2010.

Burseraceae in **Flora e Funga do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB16657>>. Acesso em: 16 abr. 2022.

BORCHERT, Rolf. Climatic Periodicity, Phenology, and Cambium Activity in Tropical Dry Forest Trees. **IAWA Journal**, v. 20, n. 3, p. 239–247, 1999.

CAMPILHO, A.; NIEMINEN, K.; RAGNI, L. The development of the periderm: the final frontier between a plant and its environment. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 53, p. 10–14, fev. 2020.

CRANG, R.; LYONS-SOBASKI, S.; WISE, R. Periderm. **Plant Anatomy**, p. 553–575, 2018.

CARVALHO, Paulo Ernani Ramalho. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, v. 3. 2008.

CALLADO, Cátia Henriques; ROIG, Fidel Alejandro; TOMAZELLO-FILHO, Mário; et al. CAMBIAL GROWTH PERIODICITY STUDIES OF SOUTH AMERICAN WOODY SPECIES – A REVIEW. **IAWA Journal**, v. 34, n. 3, p. 213–230, 2013.

CRAWLEY, M. J. **Statistics an introducing using R**. [s.l: s.n.]. 2015.

CARVALHO, E. C. D. et al. Xylem anatomical traits determine the variation in wood density and water storage of plants in tropical semiarid climate. **Flora**, v. 298, p. 152185, jan. 2023.

DE LARA, N. O. T. et al. Duration of cambial activity is determined by water availability while cambial stimulus is day-length dependent in a Neotropical evergreen species. **Environmental and Experimental Botany**, v. 141, p. 50–59, set. 2017.

DE LARA, Natália Oliveira Totti ; MARCATI, Carmen Regina. Cambial dormancy lasts 9 months in a tropical evergreen species. **Trees**, v. 30, n. 4, p. 1331–1339, 2016.

DELPPIERRE, N. et al. Temperate and boreal forest tree phenology: from organ-scale processes to terrestrial ecosystem models. **Annals of Forest Science**, v. 73, n. 1, p. 5–25, mar. 2015.

DESLAURIERS, A. et al. Cambial phenology, wood formation and temperature thresholds in two contrasting years at high altitude in southern Italy. **Tree Physiology**, v. 28, n. 6, p. 863–871, 1 jun. 2008.

DIÉ, A. et al. Fluctuations of cambial activity in relation to precipitation result in annual rings and intra-annual growth zones of xylem and phloem in teak (*Tectona grandis*) in Ivory Coast. **Annals of Botany**, v. 110, n. 4, p. 861–873, 17 jul. 2012.

DÜNISCH, O. Low night Temperatures cause reduced tracheid expansion in *Podocarpus Latifolius*. **IAWA Journal**, v. 31, n. 3, p. 245–255, 2010.

KARNOVSKY, M.J. A formaldehyde-glutaraldehyde fixative of high osmolality for use in electron-microscopy. **Journal of Cell Biology**, 27, 137-138^a, 1965.

O'BRIEN, T. P.; FEDER, N. ; MCCULLY, M. E. Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue O. **Protoplasma**, v. 59, n. 2, p. 368–373, 1964.

LEITE, C.; PEREIRA, H. Cork-Containing Barks—A Review. **Frontiers in Materials**, v. 3, 19 jan. 2017.

LI, J. et al. Critical temperatures controlling the phenology and radial growth of *Pinus sylvestris* var. *Mongolica* on the southern margin of a cold temperate coniferous forest. **Ecological Indicators**, v. 126, n. 1000-0933, p. 107674, jul. 2021.

MARCATI, C. R. et al. Cambial activity in dry and rainy season on branches from woody species growing in Brazilian Cerrado. **Flora**, v. 223, n. 0367-2530, p. 1–10, ago. 2016.

MARCATI, C. R.; MILANEZ, C. R. D.; MACHADO, S. R. Seasonal development of secondary xylem and phloem in *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake (Leguminosae: Caesalpinioideae). **Trees**, v. 22, n. 1, p. 3–12, 10 out. 2007.

POORTER, L. et al. Bark traits and life-history strategies of tropical dry- and moist forest trees. **Functional Ecology**, v. 28, n. 1, p. 232–242, 10 set. 2013.

PUMIJUMNONG, N.; BUAJAN, S. Seasonal cambial activity of five tropical tree species in central Thailand. **Trees**, v. 27, n. 2, p. 409–417, 23 out. 2012.

PESSOA, Rayane Fernandes; DUARTE FIGUEIREDO, Indyra Alencar; DANTAS FERREIRA, Sarah Rebeca; et al. Investigation of ethnomedicinal use of *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J. B. Gillett (Burseraceae) in treatment of diarrhea. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 268, n. JEP 113564, p. 113564, 2021.

RAY FRANKLIN EVERT. **Anatomia das plantas de Esau meristemas, células e tecidos do corpo da planta: sua estrutura, função e desenvolvimento**. [s.l.]: São Paulo Blucher, 2013.

ROSSI, Sergio; ANFODILLO, Tommaso ; MENARDI, Roberto. Trephor: A New Tool for Sampling Microcores from tree stems. **IAWA Journal**, v. 27, n. 1, p. 89–97, 2006.

ROSSI, S., DESLAURIERS, A., ANFODILLO, T. Assessment of Cambial Activity and Xylogenesis By 463 microsampling tree species: an example at the alpine timberline. **IAWA Journal**, Vol. 27, 2006: 383–394. 2006.

R CORE TEAM, 2020. R: A language and environment for statistical computing. [WWW Document]. R Proj. Stat. 450 Comput. URL <https://www.r-project.org>

Roeser, K.R. Die Nadei der Schwarzkiefer - Massenprodukt und Kunstwerk der Natur. **Mikrokosmos**, 61: 33-36. 1972.

SRIVASTAVA, L. M. Anatomy, Chemistry, and Physiology of Bark. **International Review of Forestry Research**, p. 203–277, 1964.

TOVAR, Luís Venegas. **Metodologia para observaciones fenológicas**. Bogotá, D. E, Agosto, 1976.

WORBES, Martin. How to Measure Growth Dynamics in Tropical Trees a Review. **IAWA Journal**, v. 16, n. 4, p. 337–351, 1995.

YÁÑEZ-ESPINOSA, L.; TERRAZAS, T.; LÓPEZ-MATA, L. Phenology and radial stem growth periodicity in evergreen subtropical rainforest trees. **IAWA Journal**, v. 31, n. 3, p. 293–307, 2010.