

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta tese/dissertação será disponibilizado somente a partir de 31/01/2022.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Campus de Botucatu

ÍCARO RENÃ ALVES MOUREIRA NERY

**EFEITO DA DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO XILEMA SECUNDÁRIO E
LATICÍFEROS EM PLANTAS JOVENS DE SERINGUEIRA [*Hevea brasiliensis*
(Willd. ex A. Juss.) Müell. Arg.]**

Botucatu
2020

ÍCARO RENÃ ALVES MOUREIRA NERY

**EFEITO DA DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO XILEMA SECUNDÁRIO E
LATICÍFEROS EM PLANTAS JOVENS DE SERINGUEIRA [*Hevea brasiliensis*
(Willd. ex A. Juss.) Müell. Arg.]**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Ciência Florestal.

Orientador: Carmen Regina Marcati

Coorientador: Matheus Peres Chagas

Botucatu

2020

N456e

Nery, Ícaro Renã Alves Moureira

Efeito da disponibilidade de água no xilema secundário e laticíferos em plantas jovens de seringueira [*Hevea brasiliensis* (Wild. ex A. Juss.) Müell. Arg.] / Ícaro Renã Alves Moureira Nery. -- Botucatu, 2020
65 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu

Orientadora: Carmen Regina Marcati

Coorientador: Matheus Peres Chagas

1. Anatomia Vegetal. 2. Madeira Anatomia. 3. Seringueira. I. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

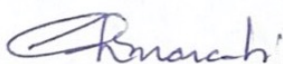
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: EFEITO DA DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO XILEMA SECUNDÁRIO E LATICÍFEROS EM PLANTAS JOVENS DE SERINGUEIRA [*Hevea brasiliensis* (Wild. ex Adr. de Juss.) Muell Arg.]

AUTOR: ÍCARO RENÃ ALVES MOUREIRA NERY

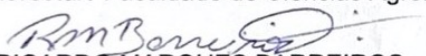
ORIENTADORA: CARMEN REGINA MARCATI

COORDENADOR: MATHEUS PERES CHAGAS

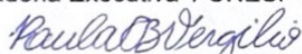
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em CIÊNCIA FLORESTAL, pela Comissão Examinadora:



Prof.^a Dr.^a CARMEN REGINA MARCATI
Ciência Florestal / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu - UNESP



Prof. Dr. RICARDO MARQUES BARREIROS
Coordenadoria Executiva / UNESP - Campus de Itapeva



Dr.^a PAULA CRISTINA BENÉTTON VERGILIO
Bauru/SP / .

Botucatu, 31 de janeiro de 2020

Agradecimentos

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos concedida.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), em especial ao Departamento de Ciências Florestais e ao Laboratório de Anatomia da Madeira, pela estrutura física que permitiu o desenvolvimento desta pesquisa.

À Professora Dra. Carmen Regina Marcati, que me acolheu em um momento difícil e me orientou durante esta caminhada. *Carmen, serei sempre grato, meu mais sincero obrigado!*

Ao Professor Dr. Matheus Peres Chagas, da Universidade Federal de Goiás, que coorientou este trabalho e sanou várias dúvidas. *Muito obrigado!*

Ao Professor Dr. Rafael Tassinari, da Universidade Federal de Goiás, que auxiliou na parte estatística deste trabalho. *Agradeço!*

Aos meus pais, Altamiro e Dalcy, pela força, suporte e amor incondicionais.

Aos meus irmãos, Glauber e Lucas.

Ao Lucas B. Viégas, pelas plantas utilizadas neste estudo.

À Liliane, técnica do Laboratório de Anatomia da Madeira, pelos ensinamentos durante o processamento do material e confecção das lâminas histológicas.

Aos amigos que o Laboratório de Anatomia me trouxe e que tanto me ajudaram. *Ricardo e Paula, sem vocês tudo teria sido mais difícil. Muito obrigado pelos ensinamentos, pela paciência e pelo companheirismo.*

Aos amigos que a cidade de Botucatu me deu: Cristiane, Laryssa, Jéssica, Letícia e Danielle. Obrigado por cada momento em que estivemos juntos.

À minha mais que amiga, Anny Mery, a quem conheci em 2014 nos Estados Unidos, e nos reencontramos novamente em 2017, como estudantes de pós-graduação na mesma universidade. *Migs, caminhamos juntos nessa jornada e foi lindo, muito obrigado por tudo!*

Ao meu namorado, Francisco, que também esteve comigo nessa jornada e eu não poderia deixar de agradecer.

A todos que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigado!

Ícaro Renã Alves Moureira Nery

RESUMO

A anatomia dos tecidos vasculares secundários e das estruturas secretoras, tais como os laticíferos, varia em função de fatores ambientais e genéticos. Restrições na disponibilidade de água para as plantas podem acarretar alterações nas características anatômicas do xilema secundário e na estrutura e densidade dos laticíferos. Em um cenário de mudanças climáticas e diante de previsões de intensificação dos períodos de seca, entender o efeito da falta de água no xilema secundário e em laticíferos, torna-se importante para compreender os mecanismos de adaptação e sobrevivência das plantas frente a essas variações. Desta forma, tivemos como objetivo responder como diferentes tratamentos de disponibilidade de água poderiam afetar as características anatômicas do xilema secundário, e características estruturais, de densidade e proporção de laticíferos em *Hevea brasiliensis*, espécie nativa da Amazônia brasileira, importante econômica e culturalmente. Estudamos 24 plantas jovens de *Hevea brasiliensis* (clone GT1), seis por tratamento, com aproximadamente três meses e meio de idade. Estas cresceram por cerca de 10 meses sob influência de quatro diferentes tratamentos, onde foram aplicadas, diariamente, as seguintes lâminas d'água: T1 = 7,7 mm; T2 = 10,7 mm; T3 = 14,2 mm e T4 = 16,9 mm. Destas plantas, coletamos seções do caule a 5 cm de altura de seu colo. Processamos o caule de cada uma das plantas segundo técnicas usuais em anatomia vegetal, as quais possibilitaram estudar as diferenças nas características anatômicas do xilema secundário e de laticíferos em *Hevea brasiliensis*. Utilizamos análise de variância e teste Tukey com alfa de 5% para comparar as variáveis quantitativas entre os tratamentos. Em uma segunda abordagem dos dados, realizamos análise de correlação de Pearson, considerando apenas as variáveis significativas pelo teste Tukey. Das 23 características avaliadas, seis variaram com os tratamentos de disponibilidade de água, a saber: comprimento das fibras libriformes, proporção de fibras libriformes e gelatinosas, densidade e agrupamento de vasos e densidade de laticíferos. Com maior lâmina d'água observamos maior comprimento de fibras libriformes, as quais estavam presentes em menor proporção, maior proporção de fibras gelatinosas, menor densidade e agrupamento de vasos e maior densidade de laticíferos. A maior disponibilidade de água favoreceu o comprimento das fibras libriformes, pois as células iniciais cambiais

do câmbio vascular estavam em maior turgor hídrico. A maior proporção de fibras libriformes observada no xilema secundário das plantas de tratamentos de menor lâmina d'água forma um mecanismo de resistência contra a implosão de vasos, permitindo maior segurança da condução de água. A presença de fibras gelatinosas em *H. brasiliensis* é uma característica comum à espécie, e como estas desempenham função de armazenamento de água, sua maior proporção nos tratamentos de maior disponibilidade hídrica indica maiores reservas para suprimento de necessidades do vegetal relacionadas ao crescimento. A maior densidade e agrupamento de vasos, observados em tratamentos de menor disponibilidade de água, permite vias de transporte de água, mesmo em casos de falhas hidráulicas. A presença de parênquima com septos é uma característica nunca antes descrita para a espécie. A maior densidade de laticíferos com aumento do recurso hídrico pode indicar mecanismo de defesa da espécie contra herbivoria e também maior produção em látex. As características qualitativas também foram avaliadas, entretanto, não variaram, sendo idênticas estatisticamente, entre os tratamentos. As variações ou ajustes anatômicos observados são respostas das plantas em função das diferentes lâminas d'água aplicadas, refletindo as tendências ecológicas que ocorrem nos diferentes ambientes. Características anatômicas que não variaram significativamente entre os tratamentos são conservativas para as plantas jovens de *H. brasiliensis*.

Palavras-chave: Anatomia da madeira de *H. brasiliensis* (seringueira). Adaptações anatômicas. Proporção celular. Parênquima septado. Densidade de laticíferos. Produção de látex.

ABSTRACT

The anatomy of the secondary plant tissues and secretory structures such as laticifers, may vary as a function of genetic and environmental factors. Water limitation to plants may result in anatomical changes in the secondary xylem and in the structure, density and proportion of laticifers. In a scenario of recent environmental changes, with the prediction of intensification of drought periods, to understand the effects of lack of water in the plant's secondary xylem and laticifers becomes important because these changes represent the mechanisms of adaptation and adjustments adopted by the plants to keep themselves functional and alive. Thus, our objective was to investigate if different treatments of water availability would have effect on the anatomical characteristics of the secondary xylem and on the structural characteristics, density and proportion of laticifers of *Hevea brasiliensis*, an Amazonian native species that carries great economic and cultural value. We have studied 24 young plants of *Hevea brasiliensis* (GT1 clone), six plants by treatment, with approximately three and half months of age. The plants grew for approximately 10 months under the influence of four different treatments, where we daily applied the following water laminas: T1 = 7,7 mm; T2 = 10,7 mm; T3 = 14,2 mm and T4 = 16,9 mm. From these plants, we collected steam samples, respecting 5 cm from plant lap. We processed the material according to usual techniques in wood anatomy, which has allowed us to study the differences between the anatomical characteristics of the secondary xylem and laticifers in *Hevea brasiliensis*. A variance analysis followed by a Tukey test at 5% of probability was conducted as a mean to compare the anatomical characteristics of the plants between treatments. In a second data approach we performed a Pearson correlation test taking in consideration only the significant variables to the Tukey test. From the 23 evaluated variables, six of them has shown significant variation with the water availability treatments, they are: the length of libriform fibres, proportion of libriform and gelatinous fibres, vessel density and grouping and laticifer's density. With the largest water lamina applied (16,9 mm) we observed greater length on libriform fibres, which were present, in the secondary xylem, in smaller proportion; greater proportion of gelatinous fibres; lower vessel density and grouping and greater laticifers' density. The greater water availability has favored the length of the libriform fibres, because

the cambial initial cells were in great water turgor. The higher proportion of libriform fibres, observed in the secondary xylem of plants of the treatments with smaller water lamina, seem to mold a mechanism of resistance against vessel's implosion, allowing greater safety in water conduction. The presence of libriform fibres in *Hevea brasiliensis* is a common specie characteristic, their function is to store water, and its greater proportion in the treatments of higher water availability, indicates more water reservoirs which are used to supply plant's necessities in peaks of growth. The greater vessel density and grouping observed on treatments of lower water availability grant viable waterways, even in cases of hydraulic fails. The presence of septate parenchyma is a characteristic never described before for *Hevea brasiliensis*. The greater laticifers' density observed with the increase in water availability indicates a mechanism of defense used by this specie against herbivory and also higher latex yield. The qualitative characteristics have also been evaluated, however, they did not vary among the treatments. The observed anatomical variations or adjustments are the responses of our plants as a function of different water laminas, and they reflect the ecological tendencies that would normally occur in different environments. The anatomical characteristics that did not varied, under the optics of the statistical test, are conservative for the young plants of *Hevea brasiliensis*.

Key-words: Wood anatomy of *Hevea brasiliensis*. Anatomical adaptations. Septate parenchyma. Cellular proportion. Laticifer's density. Latex yield.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	13
2	REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1	Água na planta	18
2.2	O xilema secundário	19
2.3	Estruturas secretoras: laticíferos, anatomia, látex e funções	22
2.4	A seringueira (<i>Hevea brasiliensis</i>)	25
3	MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1	Experimento em viveiro	27
3.2	Coleta do material	29
3.3	Estudo anatômico do xilema secundário	30
3.4	Obtenção dos dados do xilema secundário	31
3.5	Estudo anatômico dos laticíferos	32
3.6	Obtenção dos dados para os laticíferos	33
3.7	Análise estatística	33
4	RESULTADOS	35
4.1	Características comuns entre os tratamentos de disponibilidade hídrica	35
4.2	Características que variaram com os tratamentos de disponibilidade hídrica	40
5	DISCUSSÃO	45
5.1	Comprimento das fibras libriformes	45
5.2	Proporção de tipos celulares: fibras libriformes e fibras gelatinosas	45
5.3	Densidade e agrupamento de vasos	47
5.4	Densidade de laticíferos	47
5.5	Presença de parênquima com septos	48
6	CONCLUSÃO	49
	REFERÊNCIAS	50
	ANEXOS – Tabelas complementares e teste Tukey	59

1 INTRODUÇÃO GERAL

A anatomia dos tecidos vasculares secundários pode ser alterada em função da especificidade genética de cada espécie e pelas condições ambientais (LIBERATO, et al., 2006; LECHNER et al., 2008; CARVALHO et al., 2015), uma vez que a diversidade estrutural encontrada no xilema secundário e nas estruturas secretoras das plantas têm explicação funcional e adaptativa, podendo ser uma resposta a diferentes condições impostas ao vegetal (BAAS, 1973; ALVES; ANGYALOSSY-ALFONSO, 2000; 2002; LENS et al., 2004).

Os principais mecanismos evolutivos do xilema secundário estão relacionados, dentre outros fatores, à adaptação a disponibilidade de água dos ambientes (CARQUIST, 2001).

O xilema secundário, ou lenho, é composto por diversos tipos celulares, como fibras libriformes e/ou gelatinosas, parênquima axial e radial e elementos de vasos. Este tecido atua, dentre outras funções, no suporte mecânico do vegetal, no armazenamento de substâncias e na translocação de solutos pelo corpo da planta (COSMO et al., 2010). Alterações nas características anatômicas das células do xilema secundário, em função da disponibilidade hídrica, são comuns e possibilitam que a espécie ocupe ambientes com condições ambientais variadas (BOSIO, 2008).

Diversos estudos têm demonstrado forte correlação entre os caracteres anatômicos do lenho com as condições ambientais em que as espécies se desenvolvem, principalmente sob a ótica da disponibilidade de água nestes ambientes (ALVES; ANGYALOSSY-ALFONSO, 2000; CARLQUIST, 2001; HACKE et al., 2001). Características como a distribuição e arranjo do parênquima axial; diâmetro, comprimento e densidade de vasos; comprimento, espessura, diâmetro total e do lume das fibras; altura e largura dos raios, bem como as características estruturais das pontoações inter e radiovasculares, podem sofrer alterações de acordo com o grau de xeromorfismo ou mesomorfismo, a qual as plantas estão submetidas (ALVES; ANGYALOSSY-ALFONSO, 2000; 2002; CARLQUIST, 1977; BAAS et al., 1983; BARAJAS-MORALES, 1985; MARCATI et al., 2001; SONSIN et al., 2012).

O grau xeromórfico de um ambiente é indicado por características como a alta densidade de vasos, vasos agrupados, elementos de vaso mais estreitos e curtos,

tipo de placa de perfuração, maior espessura da parede das fibras libriformes, pontoações intervasculares pequenas e raios mais curtos (CARLQUIST, 1985; CARLQUIST; HOEKMAN, 1985; NASCIMENTO, 2017). Portanto, a estrutura do xilema secundário está intimamente relacionada à maior ou menor capacidade de absorção e transporte hídrico, que, por sua vez, influencia o crescimento e desenvolvimento das espécies arbóreas (CHAVE et al., 2009; COSMO, 2012).

A sobrevivência das plantas está condicionada a um fornecimento ideal de água (FARIAS et al., 2003). Além de essencial à vida, a água atua nos processos de crescimento anatômico e de desenvolvimento dos vegetais, através da manutenção da turgescência celular e da integridade funcional das células, da formação e diferenciação de tecidos (LARCHER, 2006; VIEIRA et al., 2010; TAIZ; ZEIGER, 2013), da produção de estruturas secretoras como laticíferos (GOMEZ et al., 1972) e da capacidade produtiva da secreção destas estruturas (FAY et al., 1989).

Reduções na disponibilidade de água, seja por elevada demanda evaporativa e/ou por limitação em seu suprimento, podem acarretar inúmeras alterações morfofisiológicas na planta e nas características anatômicas dos tecidos vasculares secundários (QUEIROZ, 2018). Essa limitação de água pode levar à redução ou paralisação do crescimento vegetal; falhas hidráulicas relacionadas à obstrução dos vasos do xilema secundário causadas pela formação de bolhas (cavitação) e/ou interrupção da condução ascendente de água (embolismo) (SEVANTO, 2014; ANDEREGG, 2015); e às modificações estruturais nas células secretoras do floema secundário, o que pode afetar a capacidade produtiva de sua secreção (FAY et al., 1989).

Características da arquitetura hidráulica das plantas, tais como o arranjo, a densidade, o comprimento, o diâmetro e as características das pontoações das células condutoras do xilema, não apenas regulam a eficiência do transporte de água, mas influenciam também a margem de segurança das células contra falhas no sistema hidráulico da planta (FONTI, 2010; SEVANTO, 2014), como exemplo, o diâmetro e o comprimento dos elementos de vasos são parâmetros que determinam a eficiência e a segurança na condução hídrica (COSMO, 2012).

A densidade de vasos (vasos/mm^2) é também uma característica sensível à xeromorfia (COSMO, 2012). A alta densidade de vasos é típica de espécies adaptadas ao xeromorfismo, enquanto que baixa densidade normalmente ocorre em

espécies de florestas tropicais úmidas, ou seja, ambientes com maior disponibilidade de água (CARQUIST, 2001).

Limitações e/ou escassez no suprimento hídrico desafiam a planta quanto à manutenção de um bom *status* de água em suas células. No xilema, a falta de água pode causar falhas hidráulicas, o que prejudica o transporte de água do solo para as folhas, e pode levar a planta à morte. Ainda, modificações na arquitetura hidráulica das plantas podem refletir na maneira como as mesmas se ajustam à variabilidade ambiental, sendo capazes de fornecer informações sobre a plasticidade de uma espécie em relação às mudanças nas condições ambientais (FONTI, 2010; SEVANTO, 2014).

Apesar dos vários estudos sobre escassez hídrica e seus efeitos no xilema secundário de espécies arbóreas, pouco se tem estudado as estruturas secretoras, especialmente quanto a informações que relacionem o efeito da disponibilidade de água em suas características estruturais, como o diâmetro e a densidade, visto que estas características podem se relacionar com a capacidade produtiva de sua secreção (FAY et al., 1989).

Os laticíferos são estruturas secretoras internas especializadas que contém um fluido denominado látex (EVERT, 2006). Podem ser encontrados em todos os órgãos do vegetal; sendo que no tronco estão localizados especialmente na região do floema secundário. O número de laticíferos é influenciado, dentre outros fatores, pela taxa de crescimento da planta: quanto mais rápido o crescimento, maior a densidade dessas estruturas (GOMEZ et al., 1972); enquanto que o crescimento e desenvolvimento anatômico do vegetal está diretamente relacionado com um fornecimento ideal de água (FARIAS et al. 2003).

A água, por sua vez, está essencialmente associada com a capacidade produtiva de estruturas secretoras, como os laticíferos (FAY et al., 1989). Deste modo, é possível inferir que a disponibilidade de água poderá também influenciar a densidade e as características estruturais, como o diâmetro e a proporção de laticíferos em plantas que possuem estas estruturas.

A adaptabilidade das plantas a ambientes xéricos e o efeito da escassez hídrica em estruturas secretoras são importantes especialmente em espécies de plantas que apresentam valor econômico na produção, por exemplo, de óleos, resinas ou látex. Logo, a planta lactescente [*Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss.) Müell Arg.], da família Euphorbiaceae, atrai a atenção devido ao seu valor e

importância econômica pela produção do látex, uma vez que o Brasil não supre a demanda interna por borracha natural e depende de importações de países asiáticos, onde a produção mundial de borracha natural está fortemente concentrada (ABRABOR, 2017).

Frente a importância da espécie *H. brasiliensis* na produção de borracha natural e estando os laticíferos relacionados à produção de látex, matéria prima utilizada na produção da borracha, a interpretação do efeito da escassez hídrica, especialmente no âmbito das mudanças climáticas, nos faz questionar a forma como as plantas se ajustam à limitação do recurso hídrico. Lima *et al.*, (2002), trabalhando com *H. brasiliensis*, notaram que a maior produção de látex ocorreu no mês de maior disponibilidade hídrica, ou seja, nos meses de maior precipitação, indicando que os fatores ambientais influenciaram no fluxo e afetaram a biossíntese de látex positivamente.

Diante das previsões de intensificação dos períodos de seca, em um contexto de mudanças climáticas e aquecimento global, entender o efeito da falta de água no xilema secundário e nos laticíferos em *Hevea brasiliensis*, torna-se importante, pois as possíveis variações na estrutura do xilema secundário são de grande relevância para o entendimento dos processos de transporte de água através de seus elementos condutores e em laticíferos, podendo representar menor ou maior produção destas células e de látex. Estes dados nos ajudarão a compreender como a limitação do recurso hídrico no ambiente natural, previsto pela intensificação dos períodos de seca em consequência do aquecimento global, afetará plantas em florestas produtivas.

JUSTIFICATIVA

Baseando-nos no cenário descrito e em dados da literatura científica, não se têm informações que relacionem o efeito da água na densidade e no diâmetro de laticíferos em *Hevea brasiliensis* (Euphorbiaceae), mesmo conhecendo-se que a densidade destas estruturas é um dos fatores mais importantes que pode influenciar o rendimento de látex (GOMEZ, 1982). Ainda, são escassas as informações na literatura científica que caracterizam anatomicamente o xilema secundário da espécie.

Desta forma, neste trabalho relacionamos o efeito de restrições na quantidade de água recebida por plantas jovens de *Hevea brasiliensis* sob quatro diferentes

tratamentos em casa de vegetação, com mesma intensidade luminosa, temperatura e substrato. Modificações nas características anatômicas das células do xilema secundário da espécie são esperadas, como por exemplo, no comprimento, espessura da parede e diâmetro de fibras libriformes; densidade, diâmetro e agrupamento de vasos; proporção de fibras libriformes, fibras gelatinosas, vasos, parênquima axial e parênquima radial; e na densidade, diâmetro e proporção de laticíferos localizados no floema secundário da espécie. Estas modificações podem afetar o crescimento e desenvolvimento do vegetal, além de favorecer um transporte seguro ou eficiente nestes indivíduos. Além do mais, as modificações nas características estruturais dos laticíferos como, por exemplo, a sua maior ou menor densidade podem afetar a sua produção de látex, influenciando o rendimento em borracha natural e alterando mecanismos de defesa contra herbívoros e outros organismos. Isto, associado às variações nas condições ambientais, especialmente a baixa disponibilidade de água nos ambientes e a irregularidade de precipitações, podem representar perdas financeiras aos heveicultores no Brasil e no mundo.

OBJETIVOS

- (I) Avaliar e entender o efeito dos tratamentos de disponibilidade de água nas características anatômicas das células do xilema secundário de plantas jovens de *Hevea brasiliensis*.
- (II) Avaliar e entender as alterações causadas pelos tratamentos de disponibilidade de água no diâmetro, densidade e proporção de laticíferos em plantas jovens de *Hevea brasiliensis*.

REFERÊNCIAS

ABRABOR. Associação Brasileira de Produtores e Beneficiadores de Borracha Natural. 2017. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-setoriais/borracha-natural/2017/38a-ro/app-abrabor-38ro-borracha.pdf>> Acesso em: 5 jul. 2018.

ALVES, E. S.; ANGYALOSSY-ALFONSO, V. Ecological trends in the wood anatomy of some Brazilian species. 1. Growth rings and vessels. **IAWA Journal**, v. 21, p. 3 - 30, 2000.

ALVES, E. S.; ANGYALOSSY-ALFONSO, V. 2002. Ecological trends in the wood anatomy of some Brazilian species. 2. Axial parenchyma, rays and fibres. **IAWA Journal**, v. 23, p. 391 – 418, 2002.

AGRAWAL, A. A. & KONNO, K. Latex: a model for understanding mechanisms, ecology, and evolution of plant defense against herbivory. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 40, p. 311 – 331, 2009.

ANGYALOSSY, V.; PACE, M. R.; EVERT, R. F.; MARCATI, C. R.; OSKOLSKI, A. A.; TERRAZAS, T.; KOTINA, E.; LENS, F.; MAZZONI-VIVEIROS, S. C.; ANGELES, G.; MACHADO, S. R.; CRIVELLARO, A.; RAO, K. S.; JUNIKKA, L.; NICOLAEVA, N.; BAAS, P. IAWA List of Microscopic Bark Features. **IAWA Journal**, v. 37, p. 517 – 615, 2016.

ANDEREGG, W. R. L. Spatial and temporal variation in plant hydraulic traits and their relevance for climate change impacts on vegetation. **New Phytologist**, v. 205, p. 1008-1014, 2015.

APPEZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M.; Anatomia vegetal. 2ª edição. **Editora da Universidade Federal de Viçosa**, Viçosa-MG. 2006.

ARRUDA, A. S.; FARIA, R. Q.; PEIXOTO, N.; MOREIRA, A. S. F. P.; FLORIANO, J. F.; GRAEFF, C. F. O.; GONÇALVES, P. J.; ALMEIDA, L. M. Avaliação da produção de látex em Mangabeira do Cerrado Goiano. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 3, p. 939-948, jul.-set., 2016.

ASCENSÃO, L. Estruturas secretoras em plantas: uma abordagem morfo-anatômica, 2007. In: FIGUEIREDO, A. C.; BARROSO, J. G.; PEDRO, L.G. Potencialidades e aplicações das plantas aromáticas e medicinais. Curso teórico-prático, Edição da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa – Centro de Biotecnologia Vegetal, Lisboa, Portugal, 3 ed., p. 19-28, 2007.

BAAS, P. The wood anatomical range in *Ilex* (Aquifoliaceae) and its ecological and phylogenetic significance. **Blumea**, v. 21, p. 193 – 258, 1973.

BAAS, P. Systematic, phylogenetic and ecological wood anatomy: History and perspectives. In: New perspectives in wood anatomy. Bass, P. (ed.) **The Hanguer Martinus Nijhof Publishers**. p. 23 – 58, 1982.

BAAS, P. WERKER, E. FAHN, A. 1983. Some ecological trends in vessel characters. **IAWA BULL.**, n. s., v. 4, n. 2-3, p.141-159, 1983.

BECKER, P.; TYREE, M. T. T.; TSUDA, M. Hydraulic conductance of angiosperms versus conifers: Similar transport sufficiency at the whole-plant level. **Tree Physiology**. v. 19, p. 445-452, 1999.

BARAJAS – MORALES, J. Wood structural differences between trees of two tropical forests in Mexico. **IAWA Bulletin**, n.s. v. 6, p. 355 – 364, 1985.

BENNET, H. S.; WYRICK, A. D.; LEE, S. W.; MCNEIL, J. H. Science and art in preparing tissues embedded in plastic for light microscopy, with special reference to glycol methacrylate, glass knives and simple stains. **Stain Technology** v.51, p. 71–97, 1976.

BONNER, J.; GALSTON, A. W. The physiology and biochemistry of rubber formation in plants. **Bot. Rev.** v. 13, p. 543-596, 1947.

BOSIO, F. Variações no xilema secundário de *Miconia sellowiana* (DC.) Naudin (Melastomataceae) em três fitofisionomias do estado do Paraná, Brasil. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Paraná, 2008.

BOSIO, F.; SOFFIATTI, P.; BOEGER, M. R. T. Ecological wood anatomy of *Miconia sellowiana* (Melastomataceae) in three vegetation types of Paraná state, Brazil. **IAWA Journal**, v. 31, p. 179 – 190, 2010.

BRAGA, C. Indicadores econômicos da produção de borracha natural no Brasil. **CNA BRASIL**, 2015. Disponível em <http://portal-integradocna.hom.dotgroup.com.br/assets/arquivos/artigostecnicos/artigo-07_0.91037400_1514912077.pdf> Acesso em: Abril de 2019.

BUKATSCH, F. Bermerkungen zur Doppelfärbung Astrablau-Safranin. **Mikrokosmos** v. 61, p. 255, 1972.

BUTERRY, B. R.; BOATMAN, S. G. Déficit hídrico e fluxo de látex. Campinas, SP: **Fundação Cargill**, 1985. 120 p.

CARDOSO, P. R. Estruturas secretoras em plantas. **Instituto de Botânica- IBt** de São Paulo. out. 2011.

CARLESSO, R. Absorção de água pelas plantas: água disponível versus extraível e a produtividade das culturas. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 183 – 188, 1995.

CARLQUIST, S. Wood anatomy of Compositae: a summary, with comments on factors controlling wood evolution. **Aliso**. v. 6, p. 25 – 44, 1966.

CARLQUIST, S. Ecological factors in wood evolution, a floristic approach. **American Journal of Botany**, v. 6, p. 887 – 896, 1977.

CARLQUIST, S. Further concepts in ecological wood anatomy, with comments on recent work in wood anatomy and evolution. **Aliso**, v. 9, p. 499 – 553, 1980.

CARLQUIST, S. Vasicentric tracheids as a drought survival mechanism in the woody flora of southern California and similar regions; review of vasicentric tracheids. **Aliso**, v. 11, p. 37 – 68, 1985.

CARLQUIST, S.; HOEKMAN, D. A. Ecological wood anatomy of the woody southern Californian flora. **IAWA Bulletin**, v. 6, p. 319 – 347, 1985.

CARLQUIST, S. Comparative wood anatomy: systematic, ecological and evolutionary aspects of dicotyledonous wood. **Springer-Verlag**, New York. 384 p. 1988.

CARLQUIST, S. Comparative wood anatomy: systematic, ecological and evolutionary aspects of dicotyledon wood. New York: **Spring-Verlag**, 446p. 2001.

CARVALHO, P. R.; DAVIDE, C. M. L.; BORGES, G. L. F. DAVIDE, C. A., DANIEL, O. Respostas morfofisiológicas entre procedências de canafístula submetidas a diferentes condições hídrica e nutricionais. **Pesq. flor. bras.**, Colombo, v. 35, n. 83, p. 179-188, jul./set. 2015.

CARVALHO, C. J. R. Respostas de plantas de *Schizolobium amazonicum* (S. *parahyba* var. *amazonium*) e *Schizolobium parahyba* (*Schizolobium parahybum*) à deficiência hídrica. **Revista Árvore**. v. 29, n. 6, p. 907-914, 2005.

CHAVE, J.; COOMES, D.; JANSEN, S.; LEWIS, S. L.; SWENSON, N. G.; ZANNE, A. E. Towards a worldwide wood economics spectrum. **Ecology letters**, v. 12, p. 251-366, 2009.

CHATTAWAY, M. The wood of the Sterculiaceae I. Specialization of the vertical wood parenchyma within the sub-family Sterculieae. **New Physiologist**, vol. 31, n. 2, p. 119-132, 1932.

COELHO JÚNIOR, L. M.; REZENDE, J. L. P.; BORGES, L. A. C.; OLIVEIRA, A. D. Análise temporal da borracha natural brasileira. **Cerne**, v. 15, n. 1, p. 19-26, 2009.

COSMO, N. L. Ecologia do lenho de 19 espécies nativas do estado do Paraná. 2012. 55 p. Tese (doutorado) – Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Porto Alegre, 2012.

COSMO, N. L.; KUNIYOSHI, Y. S.; BOTOSSO, P. C. Anatomia da madeira de *Sebastiania commersoniana* (Baillon) Smith & Downs (Euphorbiaceae): aspectos funcionais e ecológicos. **Acta Botânica Brasileira**, v. 24, n.3, p. 747-755, 2010.

COSTA, A. R. As relações hídricas das plantas vasculares. Editora da Universidade de Évora. Évora, Portugal, 75 p. 2001.

DÉJARDIN, A.; LAURANS, F.; ARNAUD, D.; BRETON, C.; PILATE, G.; LEPLÉ, J. C. Wood formation in Angiosperms. **Comptes Rendus Biologies**, n. 333, p. 325-334, 2010.

DENARDI, L.; MARCHIORI, J. N. C. Anatomia ecológica da madeira de *Blepharocalyx salicifolius*. **Ciência Florestal**, v. 15, p. 119 - 127, 2005.

DÓRIA, L. C. Anatomia comparada do lenho de *Tabebuia aurea* (Bignoniaceae) e *Tocoyena formosa* (Rubiaceae) que ocorrem no cerrado e na caatinga. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual Paulista – Unesp. Botucatu, São Paulo, 2014.

DUSSOURD, D. E.; EISNER, T. Vein-cutting behavior: insect counter ploy to the latex defense of plants. **Science**, v. 237, p. 898-901, 1987.

DUSSOURD, D. E. Foraging with finesse: caterpillar adaptations for circumventing plant defenses, 1993. In: Stamp, N. E., Casey, T. M. (Eds.), Caterpillars. **Chapman and Hall**, New York, p. 92-131, 1993.

DUSSOURD, D. E. Entrapment of aphids and whiteflies in lettuce latex. **Ecol. Popul. Biol.** v. 88, p. 163-172, 1995.

ESAU, K. Anatomy of seed plants. **John Wiley & Sons Inc.**, New York, 1977.

EVERT, R. F. Esau's plant anatomy, 3ed. **Wiley-Interscience**: New York, 2006.

FAHN, A.; LESHEM, B. Wood fibres with living protoplasts. Israel, The Hebrew University of Jerusalem, 1963.

FAHN, A. Secretory tissues in plantas. London, **Academic Press**. 1979.

FAHN, A. Secretory tissues in vascular plants. **New Phytol.** v. 108, p. 229-257, 1988.

FAHN, A. Plant anatomy. 4th ed., Oxford, **Pergamon Press**. 1990.

FARIAS, C. H. A.; SOBRINHO, J. E.; MEDEIROS, J. F.; COSTA, M.; NASCIMENTO, I. B.; SILVA, M. C. C. Crescimento e desenvolvimento da cultura do melão sob diferentes lâminas de irrigação e salinidade da água. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 3, p. 445-450, 2003.

FARRELL, B. D.; DUSSOURD, D. E. & MITTER, C. Escalation of plant defense: do latex/resin canals sput plant diversification? **American Naturalist**, v. 138, n. 4, p. 881 – 900, 1991.

FAY, E.; SANIER, C.; HEBANT, C. The distribution of plasmodesmata in the phloem of *Hevea brasiliensis* in relation to laticifer loading. **Protoplasma**, v. 149, p. 155 – 162, 1989.

FONTI, P. Studying global change through investigation of the plastic responses of xylem anatomy in tree rings. **New Phytologist**, v. 185, p. 42-53, 2010.

FRANKLIN, G. L. Preparation of thin sections of synthetic resins and wood-resins composites, and a new macerating method for wood. **Nature**, v. 155, n. 51, 1945.

GOULART, S. L.; MARCATI, C. R. Anatomia comparada do lenho em raiz e caule de *Lippia salviifolia* Cham. (Verbenaceae). **Revista Brasil. Bot.**, v. 31, n. 2, p. 263 – 275, abr.-jun. 2008.

GOMEZ, J. B.; NARAYANAN, R.; CHEN, K. T. Some structural factors affecting the productivity of *Hevea brasiliensis*: I. Quantitative determination of the laticiferous tissue. *J. Rubb. Res.* **Inst. Malasya**, v. 23, n. 3, p. 193 – 203, 1972.

GOMEZ, J. B. Anatomy of *Hevea* and its influence on latex production. Kuala Lumpur: **Malasya Rubber Research and Development Board**. 1982.

GONÇALVES, P. S.; MARTINS, A. L. M.; BORTOLETTO, N.; UTIDA, R. C. Variabilidade dos caracteres estruturais do sistema laticífero da casca em plantas jovens de seringueira. **Pesq. agropec. bras**, Brasília, v. 30, n. 5, p. 649-656, maio 1995.

HACKE, U. G.; SPERRY, J. S.; POCKMAN, W. T.; DAVIS S. D.; MCCULLOH, K. A. Trends in wood density and structure are linked to prevention of xylem implosion by negative pressure. **Oecologia**, v. 126, p. 457 – 461, 2001.

HO, C. Y.; NARAYANAN, R.; CHEN, K. T. 1973. Clonal nurse studies in *Hevea*: I. Nurse yields and associated structural characteristic and their variations. **Journal of the Rubber Research Institute of Malaya**, v. 4, n. 23, p. 305 – 316, 1973.

HÖLL, W. 2000. Distribution, fluctuation and metabolism of food reserves in the wood trees, 2000. In: SAVIDGE, R. A.; BARNET, J. R.; NAPIER, R. *Cell and Molecular Biology of Wood Formation*, eds. **BIOS Scientific**, Oxford, p. 347 – 362, 2000.

HOPKINS, W. G. Introduction to plant physiology. **John Wiley & Sons**, New York. 464p. 1995.

IAWA COMMITTEE. 1989. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bulletin**, n. s. v.10, n.3, p. 219 – 332, 1989.

JACOBSEN, A. L.; EWERS, F. W.; PRATT, R. B.; PADDOCK, W. A.; DAVIS, S. D. Do xylem fibers affect vessel cavitation resistance? **Plant physiology**, v. 139, p. 546 – 560, 2005.

JALANI, B. S.; RAMLI, O. Production systems and Agronomy, Rubber. In: Thomas, B.; Murphy, D. J.; Murray, B. G. (eds) *Encyclopedia of applied plant sciences*, Tree volume set. **Elsevier Academic Press**, London, p. 970-978, 2003.

JOHANSEN, D. A. *Plant Microtechnique*. New York: **McGraw Hill**, 528 p. 1940.

KEKWICK, R. G. Latex and laticifers. *Encyclopedia of life sciences*. University of Birmingham, Birmingham, UK. 2001.

KRAUS, J. E. & ARDUIN, M. 1997. Manual básico de métodos em morfologia vegetal. Seropédica, Rio de Janeiro. EDUR. 198p.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. Klimate der Erde. **Gotha: Verlag Justus Perthes**. 1928.

KONNO, K. Plant látex and other exudates as plant defense systmes: Roles of various defense chemicals and proteins contained therein: a review. **Phytochemistry**, v. 72, p. 1510 - 1530, 2011.

LADJAL, M.; HUC, R.; DUCREY, M. Drought effects on hydraulic conductivity and xylem vulnerability to embolism in diverse species and provenances of Mediterranean cedars. **Tree Physiology**, v. 25, p. 1109 – 1117, 2005.

LARCHER, W. Ecofisiologia vegetal. São Carlos, SP: **Rima Artes e Textos**, 531 p. 2006.

LECHNER, L.; PEREYRA-IRUJO, G. A.; GRANIER, C.; AGUIRREZÁBAL, L. A. N. Rewatering plants after long waterdeficit treatment reveals that leaf epidermal cells retain their ability to expand after the leaf has apparently reached its final size. **Annals of Botany**. v. 101, p. 1007-1015, 2008.

LENS F.; LUTEYN, J. L.; SMETS, E.; JANSEN, S. Ecological trends in the wood anatomy of Vaccinioideae (*Ericaceae* s. l.) **Flora**, v. 199, p. 309 – 319, 2004.

LEVITE, J. Responses of plants to environmental stress. **Academic Press**, New York, 697p. 1972.

LIBERATO, M. A. R.; GONÇALVES, J. F. C.; CHEVREUIL, L. R.; NINA JUNIOR, A. R.; FERNANDES, A. V.; SANTOS JÚNIOR, U. M. Leaf water potential, gas exchange and chlorophyll a fluorescence in acariquara seedlings (*Minquartia guianensis* Aubl.) under water stress and recovery. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 18, p. 315-323, 2006.

LIMA, D. U.; OLIVEIRA, L. E. M.; SOARES, A. M.; DELÚ-FILHO, N. Avaliação sazonal da produção de borracha e da dinâmica de carboidratos solúveis em plantas de seringueira (*Hevea brasiliensis* Mull. Arg.) cultivadas em Lavras, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 26, n. 3, p. 377-383, 2002.

LUDLOW, M. M.; MUCHOW, R. C. A critical evaluation of traits for improving crop yields in water-limited. **Advances in Agronomy**, v.43, p. 107-153, 1990.

LUCHI, A. E. Anatomia do lenho de *Croton urucurana* Baill. (Euphorbiaceae) de solos com diferentes níveis de umidade. **Revista Brasil. Bot.** v. 27, n. 2, p. 271-280, abr.-jun. 2004.

LÜTTGE, U. Structure and function of plant glands. Annu. Ver. **Pl. Physiol.** v. 22, p. 23-44, 1971.

MARCATI, C. R.; ANGYALLOSSI-ALFONSO, V.; BENETATI, L. Anatomia comparada do lenho de *Copaifera langsdorfii* Desf. (Leguminosae-Caesalpinoideae) de floresta e cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 24, p. 311 – 320, 2001.

- MARTINS, M. B. G.; ZIEIRI, R. Anatomia foliar de clones de seringueira. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 60, n. 4, p. 709-713, out./dez/ 2003.
- MARTINS, A. L. M.; de LUCA, A. C.; GONÇALVES, E. C. P.; de BRITO, P. F. Produção de mudas de seringueira em bancada e substrato (Viveiro suspenso) **Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI)**, jan. 2017. 52p.
- MAHLBERG, P. G.; ASSI, L. A. A new shape of plastid starch grains from laticifers of *Anthostema* (Euphorbiaceae). *S. Afr. J. Bot.* v. 68, p. 231-233, 2002.
- MATILE, P. The sap of the plant cells. **New Phytologist**, v. 105, p. 1-26, 1987.
- MELO JÚNIOR, J. C. F.; CECCANTINI, G.; BONA, C. Anatomia ecológica do lenho de *Copaifera langsdorffii* Desf. (*Leguminosae*) distribuída em diferentes condições edáficas do cerrado sul-brasileiro. *IHERINGIA, Sér. Bot.*, Porto Alegre, v. 66, n. 22, p.189-200, Dez. 2011.
- MELO, R. F. et al. Variação sazonal de algumas características nutricionais e bioquímicas relacionadas com a produção de látex em clones de seringueira [*Hevea brasiliensis* (Wild.) Muell. Arg.] em Lavras – MG. **Cienc. Agrotec.**, v. 28, p. 1326-1335, 2004.
- MESQUITA, A. C.; OLIVEIRA, L. E. M.; CAIRO, P. A. R.; VIANA, A. A. M. Sazonalidade da produção e características do látex de clones de seringueira em Lavras, MG. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 4, p. 633-639, 2006.
- MILANEZ, F. R. Contribuição ao conhecimento anatômico de *Cryptostegia grandiflora* – I. Embrião. **Rodriguésia**, v. 21/22, n. 33-34, p. 347-394, 1959.
- MILANEZ, F. R. Ontogênese dos laticíferos contínuos ne *Neridium* (*Nerium oleander* L. **Trabalhos do XXVI Congresso Nacional de Botânica**, Rio de Janeiro v. 1975, p. 343-379, 1977.
- MUKAKA, M. M. A guide to appropriate use of Correlation coeficiente in medical research. **Malawi Medical Journal**, v. 24, n. 3, p. 69-71, set. 2012.
- NASCIMENTO, M. B. F. Anatomia caulinar de *Zanthoxylum rhoifolium* Lam. (Rutaceae) e *Moquiniastrium polymorphum* (Less.) G. Sancho (Asteraceae) que ocorre em Cerrado e Mata Atlântica. Tese (Doutorado), Universidade Estadual Paulista, campus de Botucatu. 2017.
- NOBUCHI, T.; MUNIANDY, D.; SAHRI, M. H. Formation and anatomical characteristics of tension wood in plantation-grown *Hevea brasiliensis* (Wild.) Muell. Arg. **Malaysian Forester**, Kuala Lumpur, v. 74, n. 2, p. 133-142, 2011.
- NOGUEIRA, R. J. M. C.; ALBUQUERQUE, M. B.; SILVA, E. C. Aspectos ecofisiológicos da tolerância à seca em plantas da caatinga. In: NOGUEIRA, R. J. M.

C. et al. **Estresses ambientais**: danos e benefícios em plantas. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, p. 22-31, 2005.

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

O'BRIEN, T. P.; MCCULLY, M. E. The study of plant structure: principles and selected methods. Melbourne: **Termarcarphy Pty Ltd.**, 357 p. 1981.

OLIVEIRA, M. D. M et al. Custos de manutenção e rentabilidade da seringueira em plena produção, região Noroeste do estado de São Paulo, Análise e indicadores do Agronegócio, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 1-5, fev. 2015. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/ftp/iea/AIA/AIA-11-2015.pdf>> Acesso em: Abr. 2019.

PIMENTEL, C. A relação da planta com a água. Seropédica, RJ: **EDUR**, 191p. 2004.

PLOMION, C.; LEPROVOST, G.; STOKES, A. 2001. Wood formation in trees. **Plant Physiology**, v. 127, p. 1513 – 1523, 2001.

POCKMAN, W. T. & SPERRY, J. S. Vulnerability to xylem cavitation and the distribution of Sonoran Desert vegetation. **American Journal of Botany**, v. 87, p. 1287 – 1299, 2000.

QUEIROZ, J. C. P. Respostas ecofisiológicas e bioquímicas do Pajeú (*Triplaris gradeneriana* Wedd.) submetido ao déficit hídrico. 2018. Dissertação (Mestrado) – Curso de Ecologia e Conservação, Universidade Federal de Sergipe, 98 p. 2018.

R Core team. R: A language and environment for statistical computing. R foundation for statistical computing, Vienna, Austria, 2017. Disponível em: <<https://www.R-project.org>> Acesso em: 2 ago 2019.

RAMOS, L. M. A.; LATORRACA, J. V. D. F.; CASTOR NETO, T. C.; MARTINS, L. S.; SEVERO, E. T. D. Anatomical characterization of tension wood in *Hevea brasiliensis* (Wild. ex A. Juss) Mull. Arg. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 40, n. 6, p. 1099-1107, 2016.

RASBAND, W. Imagej plug in: *Color counter*, 2001.

ROSADO, P. L.; PIRES, M. D. M.; SANTOS, D. F. D. Borracha natural: Mercado externo e interno. 2006. In: ALVARENGA, A. D. P.; ROSADO, P. L., CARMO, C. A. F. D. S. D. e TÔSTO, S. G. (Ed.) *Seringueira: Aspectos econômicos e sociais e perspectivas para o seu fortalecimento*. Viçosa, 49 p. 2006.

SEVANTO, S. Phloem transport and drought. **Journal of Experimental Botany**, v. 65, n. 7, p. 1751-1759, 2014.

SCHINDELIN, J.; ARGANDA-CARRERAS, I. & FRISE, E. et al. (2012), "Fiji: an open-source platform for biological-image analysis". **Nature methods**, v. 9, n. 7, p. 676 – 682, 2012.

SHAPIRO, S. S. & WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete

samples). **Biometrika**, v. 52, p. 591-611, 1965.

SILVA, L. B.; FREITAS, H. M. B. Os vegetais e a água. UFBA/ Projeto Qualibio, Salvador, 1998. Disponível em: <<http://www.qualibio.ufba.br/012.html>>. Acesso em: ago. 2019.

SONSIN, J. O.; GASSON, P. E.; BARROS, C. F.; MARCATI, C. R. A comparison of the wood anatomy of 11 species from two cerrado habitats (cerrado s. s. and adjacent gallery forest). **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 170, p. 257 – 276, 2012.

SPERRY, J. S.; HACKE, U. G.; PITTERMANN, J. Size and function in conifer tracheids and angiosperm vessels. **Am. J. Bot.**, v. 93, p. 1490 – 1500, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia Vegetal. 5. ed. Porto Alegre: **Artmed**, 954 p. 2013.

TURNER, N. C. Adaptation to water deficits: a changing perspective. **Austr. J. Plant Physiol.**, v. 43, p. 175-190, 1986.

TYREE, M. T.; DAVIS, S. D.; COCHARD, H. Biophysical perspectives of xylem evolution: is there a tradeoff of hydraulic efficiency for vulnerability to dysfunction? **IAWA Journal**, v. 15, n. 5, p. 335-360, 1994.

VIEIRA, E. L. et al. Manual de Fisiologia Vegetal. São Luís: EDUFMA, 2010.

WHELLER, J. K.; SPERRY, J. S.; HACKE, U. G.; HOANG, N. Inter-vessel pitting and cavitation in woody Rosaceae and other vesselled plants: a basis for a safety versus efficiency trade-off in xylem transport. **Plant Cell Environ.** v. 28, p. 800-812, 2005.

ZALUCKI, M. P.; BROWER, L. P.; ALONSO-M, A. Detrimental effects of latex and cardiac glycosides on survival and growth of first-instar monarch butterfly larvae *Danus plexippus* feeding on the sandhill milkweed *Asclepias humistrata*. **Ecol. Entomol.** v. 26, p. 212-224, 2001.

ZIEMINSKA, K.; BUTLER, D. W.; GLEASON, S. M.; WRIGHT, I. J.; WESTOBY, M. Fibre wall and lumen fractions drive wood density variation across 24 Australian angiosperms. **Aob Plants**, v. 5, p. 1 – 14, 2013.

ZIMMERMANN, M. H. Functional xylem anatomy of angiosperm trees. 1982. In: BAAS, P. *New Perspectives in Wood Anatomy*, ed. Martinus Nijhoff/W. Junk, **The Hague**, p. 59-70, 1982.

ANEXO C – Características de elementos de vaso do xilema secundário de plantas jovens de *Hevea brasiliensis* nos quatro tratamentos de disponibilidade de água.

TRATAMENTO	CARACTERÍSTICAS DE VASOS					
	DV (μm)	CV (μm)	DSV (n/mm^2)	AV (n vasos)	DPI (μm)	DAI (μm)
T1 = 7,7 mm						
Média	47,27 a	485,46 a	34,0 a	2,25 b	9,48 a	5,71 a
Desvio padrão	10,03	119,44	7,40	0,37	1,65	1,20
T2 = 10,7 mm						
Média	50,07 a	552,65 a	24,0 ab	3,1 a	9,45 a	6,44 a
Desvio padrão	10,7	84,35	4,96	0,75	1,65	1,58
T3 = 14,2 mm						
Média	56,11 a	507,23 a	28,41 ab	2,33 b	9,75 a	6,23 a
Desvio padrão	12,15	134,28	6,47	0,37	1,55	1,05
T4 = 16,9 mm						
Média	54,26 a	452,81 a	21,16 b	1,92 b	9,35 a	6,30 a
Desvio padrão	14,79	119,21	8,43	0,48	1,27	1,07

DV: diâmetro dos vasos; CV: comprimento de vasos; DSV: densidade de vasos; AV: agrupamento de vasos; DPI: diâmetro da abertura externa das pontoações intervasculares; DAI: diâmetro da abertura interna da pontoações intervasculares. Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey com alfa de 5%.

ANEXO D – Parâmetros quantitativos do parênquima radial do xilema secundário de plantas jovens de *Hevea brasiliensis* nos quatro tratamentos de disponibilidade hídrica.

CARACTERÍSTICAS DE RAIOS					
TRATAMENTO	RML	AR (μm)	LR (μm)	DPR (μm)	DAR (μm)
T1 = 7,7 mm					
Média	10,91 a	767,35 a	30,88 a	7,59 a	4,84 a
Desvio padrão	1,44	311,42	4,75	1,38	1,28
T2 = 10,7 mm					
Média	9,25 a	743,70 a	27,81 a	9,19 a	3,56 a
Desvio padrão	1,48	233,91	7,3	1,9	1,8
T3 = 14,2 mm					
Média	10,25 a	712,64 a	28,92 a	9,91 a	6,57 a
Desvio padrão	2,01	168,5	4,03	2,7	2,01
T4 = 16,9 mm					
Média	9,41 a	649,49 a	28,60 a	9,66 a	6,50 a
Desvio padrão	1,44	216,39	5,48	1,72	1,76

RML: raios por milímetro linear; AR: altura do raio; LR: largura do raio, DPR: diâmetro da abertura externa das pontoações radiovasculares; DAR: diâmetro da abertura interna das pontoações radiovasculares. Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey com alfa de 5%.

ANEXO E – Características dos laticíferos em plantas jovens de *Hevea brasiliensis* nos quatro tratamentos de disponibilidade de água.

TRATAMENTO	CARACTERÍSTICAS DE LATICÍFEROS		
	DSL (n/mm ²)	DL (μm)	PL (%)
T1 = 7,7 mm			
Média	33,76 c	16,95 a	16,66 a
Desvio padrão	9,59	3,66	4,07
T2 = 10,7 mm			
Média	52,33 bc	15,81 a	16,66 a
Desvio padrão	16,36	4,08	4,19
T3 = 14,2 mm			
Média	60,08 ab	18,04 a	16,66 a
Desvio padrão	18,3	4,01	2,45
T4 = 16,9 mm			
Média	80,25 a	16,91 a	16,66 a
Desvio padrão	22,88	4,5	3,69

DSL: densidade de laticíferos; DL: diâmetro dos laticíferos; PL: proporção de laticíferos em relação a área de floema total. Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey com alfa de 5%.