

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE GRADUAÇÃO
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

GIULIA FRIAS SANTOS

**DENDROECOLOGIA DE *Jacaranda mimosifolia* D.DON (BIGNONIACEAE):
TRAJETÓRIAS DE CRESCIMENTO EM RESPOSTA À PAVIMENTAÇÃO**

São Leopoldo

2021

GIULIA FRIAS SANTOS

**DENDROECOLOGIA DE *Jacaranda mimosifolia* D.DON (BIGNONIACEAE):
TRAJETÓRIAS DE CRESCIMENTO EM RESPOSTA À PAVIMENTAÇÃO**

Artigo apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas, pelo Curso de Ciências Biológicas da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS).

Orientador: Prof. Dr. Juliano Morales de Oliveira

São Leopoldo

2021

RESUMO: O crescimento das árvores envolve fatores genéticos e externos, como luz, temperatura, nutrientes e água disponíveis no solo. Áreas pavimentadas afetam a umidade e a temperatura do substrato, principalmente na zona de crescimento das raízes, dificultando a obtenção de água e nutrientes pelas plantas. Essas alterações estressantes podem restringir as taxas de crescimento das árvores. Análises de séries de anéis de crescimento podem prover informações de longo prazo sobre a performance de árvores submetidas à pavimentação. *Jacaranda mimosifolia* D. Don (Bignoniaceae) é uma árvore exótica muito utilizada na arborização, presente nas ruas e parques do Brasil e diversos lugares do mundo. O objetivo deste trabalho foi verificar se árvores de *Jacaranda mimosifolia* em meio urbano formam anéis anuais e se as taxas de crescimento diferem entre árvores em solo com ou sem pavimentação. O estudo foi realizado no campus da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (São Leopoldo/RS). Foram coletadas amostras de tronco com sonda de Pressler de 8 árvores crescendo em áreas com pavimento e 8 árvores em áreas sem pavimento. As amostras foram polidas e inspecionadas em estereomicroscópio para descrever o padrão anatômico dos anéis. Com imagens digitalizadas, os anéis foram datados, medidos, codados dentro de árvores e dentro de grupos de árvores (com e sem pavimento). Splines Cúbicos foram utilizados para modelar a variação de baixa frequência (ontogenética) de cada árvore. Índices de largura de anéis, gerados pela razão entre valores observados e preditos pelos modelos, foram utilizados para acessar o sincronismo de crescimento de alta frequência, através do coeficiente de correlação de Pearson entre séries. Baseado nas séries de valores preditos pelos modelos, alinhadas por idade, aplicou-se uma Análise de Variância Multivariada para testar diferenças nas trajetórias de crescimento entre os grupos. A espécie apresentou anéis distintos, delimitados por uma estreita faixa de parênquima marginal e pela variação na espessura da parede das fibras entre o lenho tardio (mais escuro) e o lenho inicial (mais claro). Para ambos os grupos, as intercorrelações de séries foram elevadas dentro de árvores e moderadas dentro de grupos. Essas evidências anatômicas e dendrocronológicas, somadas a um padrão de fenologia foliar e reprodutiva sazonal, indicam a formação de anéis anuais e datáveis para espécie em cidades de clima subtropical úmido. Não houve diferença nas trajetórias de crescimento entre os grupos de árvores crescendo em áreas com e sem pavimento. Estes resultados indicam tolerância de *J. mimosifolia* à impermeabilização do solo e à elevação da temperatura, decorrentes da pavimentação em cidades.

PALAVRAS-CHAVE: anéis de crescimento, urbanização, taxas de crescimento, dendrocronologia.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento das plantas é um processo que ocorre de acordo com padrões pré-determinados geneticamente. São características genéticas específicas de cada espécie que afetam na sua ecologia, morfologia e como se adapta e interage com o meio. (QUINTILHAN et al., 2021). Além disso, há fatores bióticos e abióticos do ambiente que também influenciam no seu crescimento. (SCHWEINGRUBER, 1996). Apesar da produção de novas células ser controlada geneticamente, as variáveis do meio ambiente podem provocar alterações nas respostas das plantas e afetar seu ritmo de crescimento. (CALLADO et al., 2013).

Os principais fatores que levam à divisão, expansão celular e crescimento da planta são luz, temperatura, nutrientes e água disponíveis no solo. (CALLADO et al., 2013). No entanto, apesar de serem os mesmos fatores que limitam o bom desenvolvimento vegetal, havendo uma estreita relação entre os fatores internos e externos, o que muda é a intensidade e a frequência que podem afetar cada árvore. Um fator que em determinado momento é altamente limitante pode ser substituído por outro que está limitando mais. (FRITTS, 1976). Além disso, não necessariamente um fator que limita o desempenho de uma árvore é o mesmo que irá limitar todas as demais num mesmo local. (CAMPELO et al., 2009).

As mudanças do ambiente podem ser estressantes para os organismos, de modo que é preciso que haja adaptações fisiológicas para que possam continuar a desenvolver-se durante o ano todo ou em períodos desfavoráveis. Um mecanismo muito utilizado pelas árvores é a redução ou dormência total da atividade do câmbio vascular, que comumente resulta na formação de anéis de crescimento no xilema. (MARCELO-PEÑA et al., 2020). Os anéis de crescimento são conjuntos de células que variam em tipo, tamanho e arranjo de acordo com a sazonalidade da planta. Dessa forma, cada anel expressa o crescimento daquele ano. Anéis mais estreitos evidenciam uma temporada de crescimento desfavorável, já em períodos mais favoráveis a planta tende a se desenvolver melhor, o que se observa através de anéis mais largos. Em situações extremas a árvore pode, inclusive, não formar anel ou formar mais de um por temporada. São variações na espessura dos anéis de um ano para o outro que indicam o quanto elas são influenciadas por fatores ambientais. (FRITTS, 1976; FONTANA et al., 2018).

O aumento da urbanização traz grandes impactos para o ambiente e pode se tornar um grande limitante para o crescimento e estabelecimento da vegetação. Nesses ambientes as plantas são comumente expostas a diversos poluentes, tanto do ar quanto do solo, e temperaturas mais elevadas. (GREGG, JONES & DAWSON, 2003; KABANO, HARRIS & LINDLEY, 2021). A impermeabilização do solo, por exemplo, faz com ele perca muitas funções que são essenciais para o meio ambiente. As áreas pavimentadas afetam a umidade e a temperatura do substrato, principalmente na zona de crescimento da raiz, o que se torna um desafio para a obtenção de água e nutrientes pelas plantas. (MULLANEY, LUCKE & TRUEMAN, 2015; LEVÉSQUE, WALTHERT & WEBER, 2016). Além disso, materiais como concreto e asfalto absorvem mais energia solar e retêm mais calor que áreas com vegetação, o que cria ilhas de calor e intensifica o aquecimento global. (UTTARA, BHUVANDAS & AGGARWAL, 2012; CALFAPIETRA, PEÑUELAS & NIINEMETS, 2015).

Prever a resposta das árvores a cenários climáticos futuros é complexo, pois a performance das plantas ao clima interage com aspectos dinâmicos das comunidades e com as características das espécies (COURALET et al., 2010). A relação entre o clima e a vegetação, por exemplo, ocorre de forma bidirecional, ou seja, ao mesmo tempo que o clima afeta a distribuição da vegetação no globo, a presença dessa vegetação pode influenciar no clima, alterando a umidade e a luminosidade dos habitats, entre outros. (SALAZAR, NOBRE & OYAMA, 2007). Podemos verificar essa interação no microclima que os diferentes ecossistemas apresentam, influenciados diretamente pelo tipo de vegetação existente no lugar. Em vista disso, as árvores são importantes para mitigar esses efeitos causados pela urbanização, ajudam a regular a temperatura, diminuir a quantidade de carbono na atmosfera, controlam enchentes, dão sombra e abrigo para outros organismos etc. (KABANO, HARRIS & LINDLEY, 2021).

Estudos envolvendo o crescimento das plantas em ambientes urbanos são importantes por terem potencial de mostrar suas respostas e tolerâncias em ambientes de estresse, bem como para salientar sua importância nesses espaços. (CALFAPIETRA, PEÑUELAS & NIINEMETS, 2015). Deste modo, a dendrocronologia, através da análise dos anéis de crescimento é uma abordagem adequada para investigar retrospectivamente como as plantas se desenvolveram em um período mais longo de tempo. Permite que se calcule taxas de crescimento,

fatores que alteram essas taxas, analisar eventos climáticos que aconteceram e deixaram traços de seus fenômenos na madeira, diferenciar os processos naturais e não naturais que afetam o desenvolvimento da árvore, entre outros. (FRITTS, 1976; DÉTIENNE, 1989; VASCONCELLOS, TOMAZELLO-FILHO & CALLADO, 2019).

Jacaranda mimosifolia D.Don é uma árvore decídua da família Bignoniaceae, nativa das florestas pedemontanas da Argentina e Bolívia. (BROWN & MALIZIA, 2004; COSTA et al., 2011; HILLS, 2020). É uma espécie anemocórica com grande potencial de dispersão, muito utilizada na arborização de ruas e parques de diversos lugares do mundo, tendo sido introduzida por seu alto valor ornamental e fácil adaptação em diferentes regiões. (COLMANETTI & BARBOSA, 2013; LINDENMAIER & SOUZA, 2013). Segundo Gentry (1992), *J. mimosifolia* talvez seja a árvore tropical ornamental mais plantada no mundo. Teve inserção na Índia, Himalaia, África do Sul, Portugal, Paquistão, México, China, entre outros (VAN WILGEN et al., 2001; OLOWOYO, VAN HEERDEN & FISHER, 2009; JARYAN et al., 2012; BRIGNOLE et al., 2018; AGUIRRE-BECERRA et al., 2020; NAZ et al., 2020). No Brasil é muito utilizada na arborização, principalmente na região sul (COSTA et al., 2011). A maior porcentagem de cobertura da copa, ocorre geralmente entre dezembro e junho, floração entre outubro e janeiro, e frutificação com maiores picos entre julho e outubro. (VITÓRIA et al., 2021).

O objetivo deste trabalho foi verificar se árvores de *Jacaranda mimosifolia* em meio urbano formam anéis anuais e se as taxas de crescimento diferem entre árvores em solo com ou sem pavimentação.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado no campus da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), no bairro Cristo Rei, região urbana de São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil (figura 1). De acordo com dados do IBGE o município possui área territorial de 103.009 km² e população estimada de 240.378 pessoas. O campus foi inaugurado em 1974 e corresponde a uma área de aproximadamente 90,55 hectares, sendo que 18,5% correspondem a áreas de manchas de vegetação. (BIEGELMEIER & DE MARCHI, 2018; MARCHIORETTO, SANTOS & BIEGELMEIER, 2018). A região pertence ao bioma Mata Atlântica, com vegetação nativa predominantemente florestal, classificada como Floresta Estacional Semidecidual. (KLEIN, 1975; TEIXEIRA et al., 1986; IBGE, 2012).

O município de São Leopoldo está situado no último ambiente deposicional da Bacia do Paraná, que possui rochas de origem vulcânica e sedimentar. O bairro Cristo Rei se encontra na sub-bacia João Correa, constituída por sedimentos inconsolidados, Formações Sanga do Cabral e Rio do Rastro. O solo predominante é o argissolo, profundo e bastante drenado, apresenta limitações químicas devido a sua fertilidade natural baixa, forte acidez e com uma grande saturação por alumínio, além disso é suscetível à erosão e degradação. (PLANGEA, 2011).

O clima da região é do tipo subtropical úmido, com períodos temperados. Na classificação climática de Köppen-Geiger se encontra como Cfa, por ter verões quentes e sem uma estação seca (PEEL, FINLAYSON & MCMAHON, 2007). As temperaturas possuem variação sazonal, com verões quentes e invernos as vezes rigorosos. As temperaturas médias variam entre 12°C e 24°C, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano, média anual entre 1.200mm e 1.500mm e evaporação média de 800mm por ano. (PRO-SINOS, 2013; Atlas SocioEconômico, 2019). Apesar do município estar submetido a um clima geral, há microclimas muito diversos. No caso do bairro Cristo Rei, a temperatura pode ser entre 1º e 3ºC mais baixa que a temperatura do centro da cidade. Isso acontece por possuir edificações baixas e ruas bastante arborizadas, bem como presença de parques e manchas florestais, o que acarreta numa boa circulação de vento. (PLANGEA, 2011).

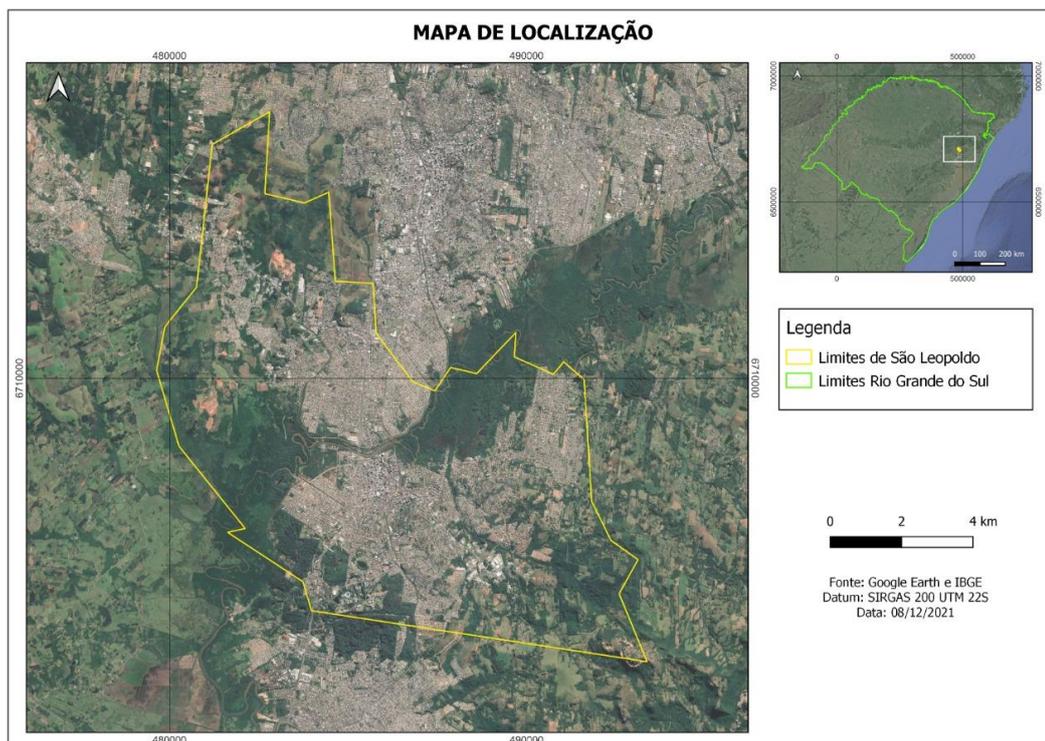


Figura 1. Área de estudo: São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil.

***Jacaranda mimosifolia*: coleta e preparação das amostras**

Jacaranda mimosifolia (figura 2) é a segunda espécie mais presente na arborização do campus UNISINOS, com cerca de 170 indivíduos encontrados pelos passeios e jardins. (BIEGELMEIER & DE MARCHI, 2018). Para a realização do estudo foram escolhidos 16 indivíduos (figura 3), sendo 8 em solo com presença de pavimentação e 8 em solo com ausência de pavimentação (figura 4). As árvores amostradas tinham circunferência à altura do peito de 60 a 170 cm, com 5 a 13m de altura e em bom estado fitossanitário. Para cada árvore foram tomadas três amostras do tronco com sonda de Pressler, totalizando 48 amostras. Cada amostra foi seca, polida com lixas (grão 80 a 600), escaneada com scanner EPSON L3150 em 1600 dpi e inspecionada em estereomicroscópio, para descrever o padrão anatômico dos anéis.



Figura 2. Imagens de *J. mimosifolia* D. Don: A) árvore no período de floração, mostrando grande potencial ornamental; B) fruto; C) flor. **Fonte:** elaborado pela autora utilizando as imagens de Forest & Kim Starr, Jardim Botânico UTAD, Flora Digital de Portugal, 2018.

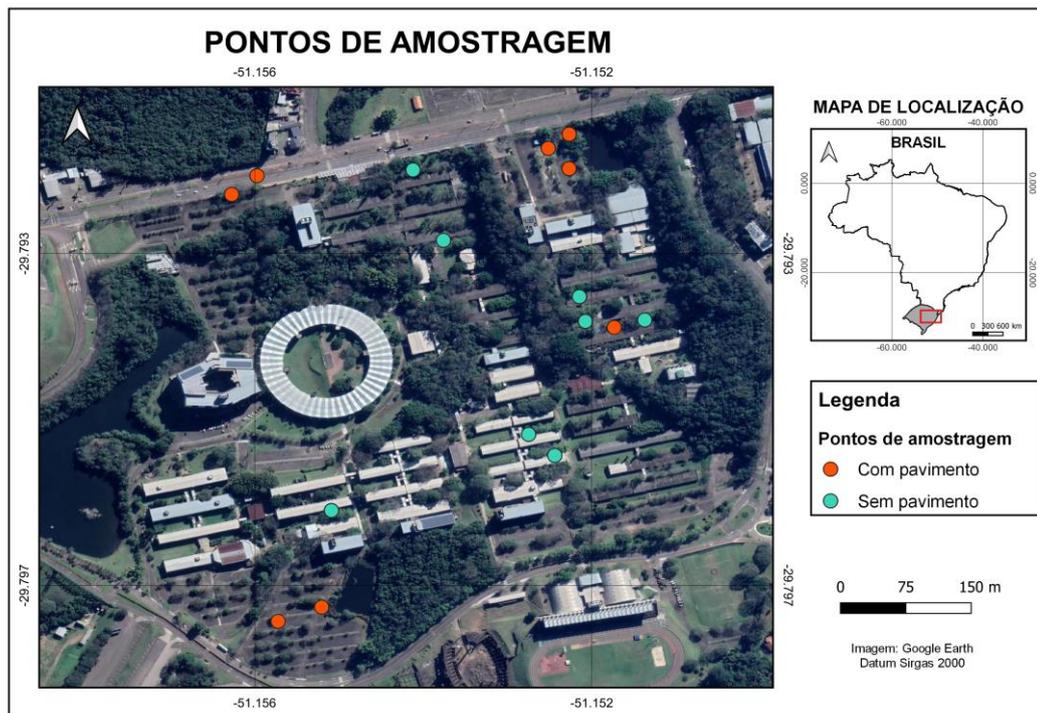


Figura 3. Localização dos indivíduos coletados no campus UNISINOS.



Figura 4. Seleção dos indivíduos de estudo: A) árvore em solo sem pavimentação, presentes como indivíduos isolados nos gramados entre os prédios; B) árvore em solo com pavimentação, presentes nos estacionamentos ou em pequenos canteiros. **Fonte:** fotos tiradas pela autora.

Análise das amostras

A largura dos anéis de cada amostra foi medida com o software Coorecorder 7.8 (LARSSON, 2014a). Após essa medição bruta, foi utilizado o programa CDendro 7.8 (LARSSON, 2014b) para avaliar visualmente e quantitativamente o sincronismo entre séries de largura de anéis de crescimento. Para verificar a qualidade da datação foi utilizado o programa COFECHA (HOLMES, 1983), que analisa as medições e detecta anéis que fogem do padrão de incremento da árvore, com o objetivo de sinalizar possíveis erros primários de datação. O objetivo dessa codatação é sincronizar os anéis do mesmo ano de formação entre as diferentes amostras. Esse processo de medir e sincronizar é realizado várias vezes, até que se encontre uma melhor correlação dentro de cada árvore, de modo a evitar possíveis erros de datação.

Para cada árvore foram selecionadas as duas amostras com melhor correlação, já que a maioria apresentou anéis parciais ausentes em uma das três amostras. A partir dessas duas amostras calculou-se uma média com o auxílio do programa CDendro 7.8, formando uma cronologia para cada grupo (com pavimento

e sem pavimento). Para isso, o mesmo processo foi realizado: sincronização dos anos de formação dos anéis, avaliação da qualidade da datação e correção de possíveis erros. Para garantir que ruídos de baixa frequência, provenientes de fatores ontogenéticos (ex. idade), fossem removidos e para homogeneizar essa variância, utilizou-se um Spline Cúbico de 15 anos. O sincronismo das séries foi avaliado através do coeficiente de correlação de Pearson (r) entre séries.

Trajetórias de crescimento

Pela diferença na idade das árvores, as séries foram organizadas de acordo com o primeiro ano estimado de crescimento, e não com o ano calendário. O programa ARSTAN (COOK & KRUSIC, 2005) foi utilizado para produzir as curvas de crescimento de cada grupo a partir das médias das séries de medição dos anéis de cada árvore. Para padronizar e suavizar as curvas foi utilizado um Spline Cúbico de 2/3 do tamanho da série (67%), o que gera uma estimativa robusta da função dos valores médios e remove efeitos de distúrbios endógenos. Para verificar se há diferença entre os dois grupos foi realizado uma Análise de Variância Multivariada, comparando a largura entre os anéis de cada grupo para o mesmo ano de crescimento. Foram escolhidos os anos que tivessem no mínimo 5 árvores crescendo, o que gerou um total de 25 anos analisados (do 4º ao 28º ano de crescimento das árvores).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Descrição macroscópica dos anéis

Os anéis de crescimento de *Jacaranda mimosifolia* D.Don são distintos, separados por uma estreita faixa de parênquima marginal, bem como pela variação na espessura da parede das fibras entre o lenho tardio, com uma coloração mais escura, contrastando com uma coloração mais clara do lenho inicial (figura 5). Essa morfologia é muito observada não apenas em outras espécies de *Jacaranda* e da família Bignoniaceae (DÉTIENNE, 1989; FONSECA JÚNIOR, PIEDADE &

SCHÖNGART, 2009; MUÑIZ & MARCHIORI, 2009; BAUER, SCHMITT & OLIVEIRA, 2020), mas também em diversos estudos de espécies presentes na América do Sul sobre anatomia, crescimento e sazonalidade cambial. (CALLADO et al., 2013; FONTANA et al., 2018; QUINTILHAN et al, 2021). O parênquima marginal é um dos marcadores mais frequentes nas angiospermas de clima tropical. Sua presença pode ser explicada pela capacidade de armazenar amido, importante na reativação do câmbio, que auxilia no crescimento sazonal da planta. Além disso, essa anatomia também está relacionada com o comportamento decíduo da árvore, desencadeado por um fator limitante externo. (SILVA et al., 2020). Outra característica foi a presença de falsos anéis e anéis parciais (figura 6), o que dificultou a datação tanto dentro de cada árvore quanto entre as árvores. (DÉTIENNE, 1989; CORADIN, 2002).

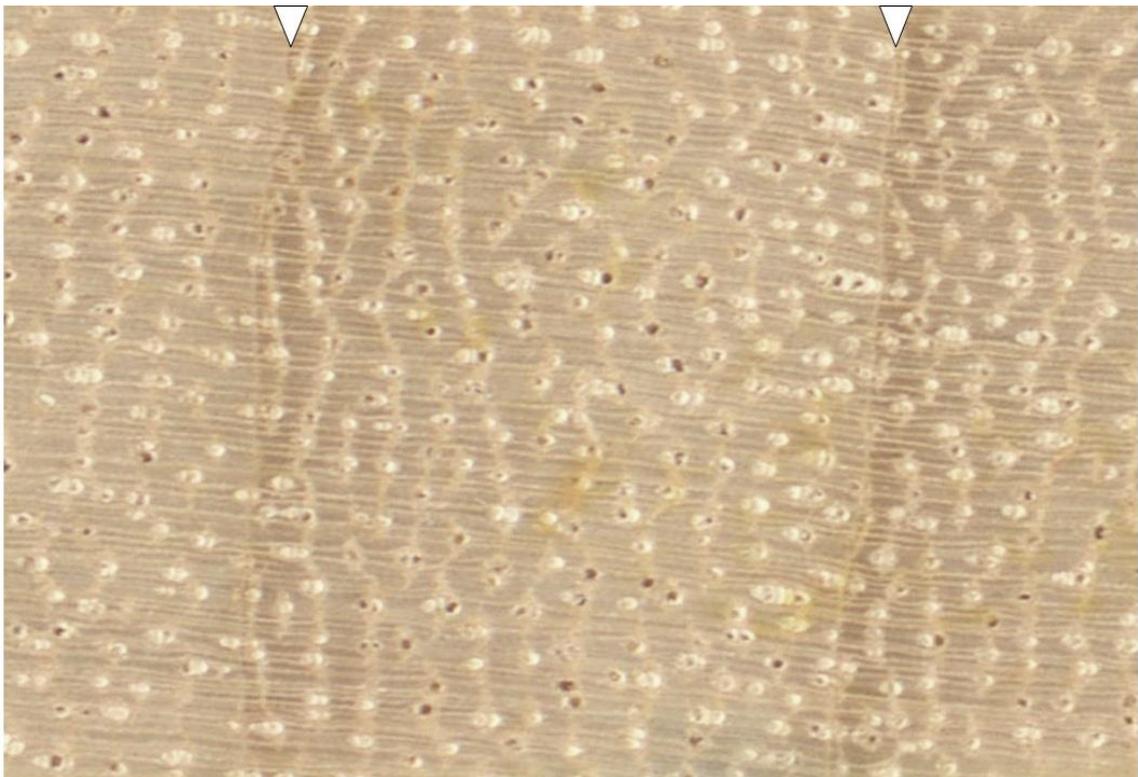


Figura 5. As indicações brancas mostram os limites dos anéis da espécie: linha fina de parênquima marginal e coloração mais escura no final do anel, causada pela diminuição na espessura das fibras



Figura 6. As indicações brancas mostram um anel parcial, que se funde na circunferência do tronco.

Sincronismo entre séries

A espécie mostrou um alto valor de intercorrelação dentro de cada árvore (tabela 1), o que sugere a formação de anéis anuais datáveis, já que a presença de sincronismo entre as séries de diferentes partes da árvore é um indicativo da existência de anéis de crescimento anatomicamente distinguíveis. (ALFARO-SÁNCHEZ et al., 2017). Além disso, o fato dela ser decídua é um grande indicativo da sazonalidade da planta, pois a queda total da folhagem revela uma estratégia de dormência, sugerindo uma ligação entre fenologia e fatores ambientais. (COURALET et al, 2010). Dentre as cinco árvores que tiveram correlação $r = <0.6$, três (12, 14 e 16) não tiveram nenhuma solução alternativa sinalizada pelo COFECHA, o que mostra um padrão de correlação baixo para essas árvores. Para as outras duas, o programa apresentou datações alternativas, mas que não foram realizadas por não serem respaldadas pela visualização anatômica das amostras.

Na correlação dentro de cada grupo foram utilizadas as árvores que tiveram uma maior correlação entre elas, tendo se selecionado 6 em cada grupo. Essa seleção dos indivíduos com uma correlação mais alta é comum nesse tipo de estudo, para que se mantenha uma boa qualidade na datação. (FONTANA et al.,

2018). A correlação média de cada grupo foi $r = 0,51$ e $r = 0,53$ para as árvores sem pavimento e com pavimento, respectivamente. Diversos trabalhos da flora da América do Sul apresentam resultados similares de correlação, já que para árvores de regiões tropicais é comum se encontrar valores mais baixos, por apresentarem uma sensibilidade menor que em regiões temperadas, por exemplo. (CALLADO et al., 2015; COSTA, FERREIRA & BOTOSSO, 2015; FONTANA et al., 2018).

	Com pavimento								Sem pavimento							
Árvore	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<i>r</i>	0.83	0.78	0.62	0.88	0.91	0.85	0.90	0.55	0.68	0.90	0.83	0.53	0.82	0.55	0.50	0.54
Idade	35	30	23	27	16	29	18	39	51	36	29	46	46	30	47	29

Tabela 1. Correlações (*r*) dentro de cada árvore. Idade de acordo com os anéis datáveis.

Trajétoria de crescimento

A compactação do solo, que é necessária para a sustentação de ruas e pavimentos, ocorre justamente na zona preferencial do estabelecimento das raízes, o que impossibilita a obtenção de água e nutrientes. (GRABOSKY & BASSUK, 1995). Estudos indicam que plantas presentes em parques, florestas ou gramados podem ter taxas de crescimento bem maiores que as de canteiros rodeados por concreto ou asfalto. (CLOSE, NGUYEN & KIELBASO, 1996; MULLANEY, LUCKE & TRUEMAN, 2015). Portanto, a hipótese inicial é que haveria diferença no crescimento dos indivíduos pela presença de pavimentação, por impedir a permeabilização e o crescimento das raízes. (UTTARA, BHUVANDAS & AGGARWAL, 2012; LEVÉSQUE, WALTHERT & WEBER, 2016). Contudo, de acordo com a análise da trajetória de crescimento realizada nesse estudo, *J. mimosifolia* não apresentou diferença nas curvas entre os dois grupos (gráficos 1 e 2), ambos mostraram um maior crescimento durante os primeiros anos, com uma constante queda nos anos seguintes. O que também foi corroborado pela Análise de Variância ($P = 0.734$), levando à aceitação da hipótese nula e por se considerar que as diferenças entre os grupos não são estatisticamente significativas.

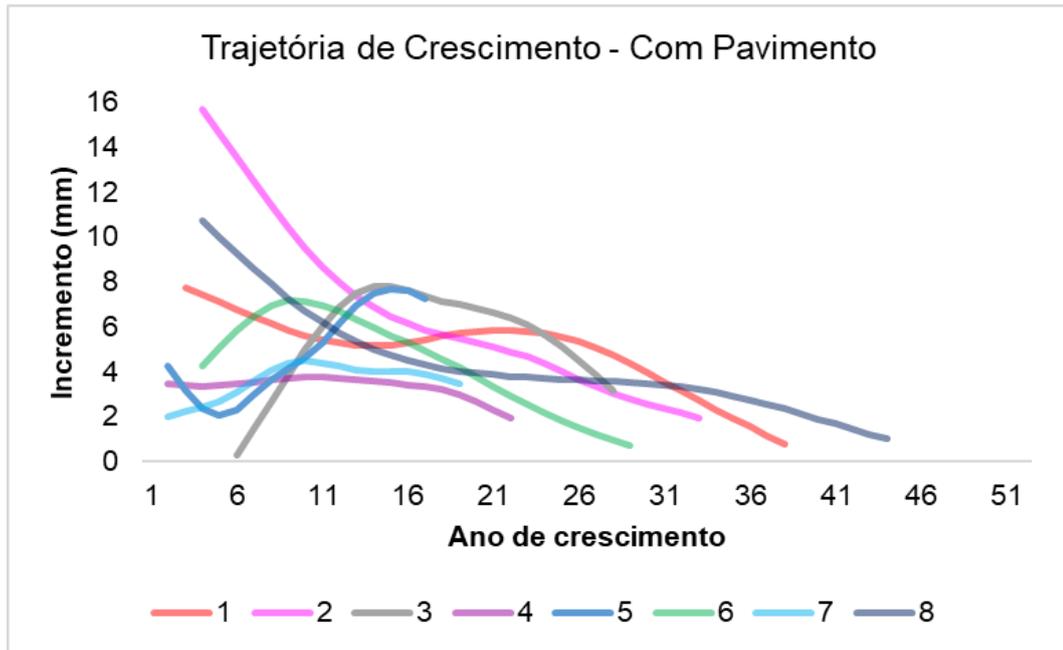


Gráfico 1. Curvas de crescimento das 8 árvores no pavimento, com spline 67%

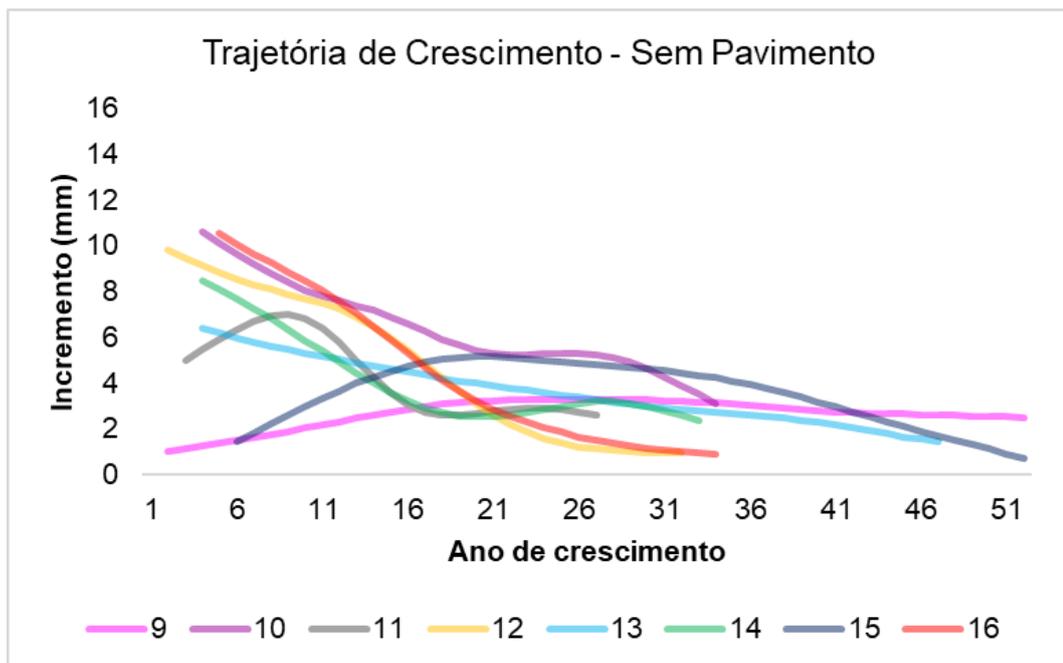


Gráfico 2. Curvas de crescimento das 8 árvores no pavimento, com spline 67%

Apesar do solo ser importante para o crescimento da planta, nem sempre é um fator que afeta consideravelmente sua taxa de crescimento. (CARDOSO et al., 2011). Estudos verificaram um crescimento maior no meio urbano do que no meio rural, comparando a mesma espécie (*Populus deltoides* W.Bartram ex Marshall) nos dois ambientes, esse resultado pode ocorrer pela quantidade mais elevada de CO² e da temperatura nas cidades, o que pode beneficiar algumas espécies. (GREGG, JONES & DAWSON, 2003). Edmondson et al. (2014) comparam a biomassa de três

espécies de árvores presentes tanto em gramados urbanos quanto em bosques seminaturais nos parques, igualmente no intuito de testar diferenças entre esses grupos, e concluíram que: a “biomassa acima do solo (da árvore) e a provisão ecossistêmica subterrânea (solo) de árvores urbanas não estão diretamente relacionadas”. Mesmo não tendo a pavimentação como a principal diferença entre os sítios, o estudo de Edmondson et al. (2014) mostra que por vezes o fator gênero-espécie é mais importante, pois cada espécie reage de forma diferente.

Jacaranda mimosifolia é uma espécie amplamente utilizada na arborização de diversas cidades, seu fácil crescimento e adaptação nesses diferentes ambientes demonstra a plasticidade ambiental da espécie. Portanto, é normal que plantas já reconhecidas por essa utilização possuam uma maior adaptação a esses lugares, o que aumenta a necessidade de maiores estudos relacionados a espécies do meio urbano. (CALFAPIETRA, PEÑUELAS & NIINEMETS, 2015). Lindenmaier & Souza (2013), citam a espécie como invasora, o que também pode influenciar nas suas respostas. Árvores exóticas invasoras possuem uma tendência a serem capazes de capturar recursos mesmo em ambientes perturbados, conseguindo crescer sob fatores de estresse. (MARTIN, CANHAM & KOBE, 2010). Além disso, a espécie é reconhecida como biorremediadora de metais presentes na atmosfera, por possuir uma alta tolerância a alguns poluentes, mais uma vez comprovando seu bom estabelecimento mesmo nas adversidades, que outras espécies não conseguiriam se desenvolver. (OLOWOYO, VAN HEERDEN & FISHER, 2009; BRIGNOLE et al., 2018).

No caso do jacarandá seriam necessários estudos com mais indivíduos que avaliassem quais fatores interferem suas taxas de crescimento, já que a presença de falsos anéis e anéis parciais indicam que algum fator ambiental afeta a planta de forma negativa, interrompendo seu crescimento e produzindo variações na morfologia do anel. (FRITTS, 1976; DÉTIENNE, 1989; MASIOKAS & VILLALBA, 2004). Através de experimentos com árvores em diferentes gradientes de urbanização, é possível avaliar não apenas a relação da espécie com o clima, mas também outros fatores estressantes presentes no meio urbano, como poluição do ar e solo, investigar a dispersão desses poluentes e até mesmo os limites para sobrevivência da espécie. Esses conhecimentos podem mostrar as adaptações das plantas a longo prazo e espaço, especialmente no caso do jacarandá que é bem presente nesse transecto. (CALFAPIETRA, PEÑUELAS & NIINEMETS, 2015).

É importante ressaltar que nem todas as espécies servem para arborização, essa condição pode levar algumas plantas a viverem constantemente em estresse e com falta de elementos importantes para sua sobrevivência. Portanto, estudos que quantificam a interação da planta com o meio urbano podem ajudar a definir espaços e condições que auxiliem no seu desenvolvimento. Diversas áreas que envolvem as paisagens urbanas e o desenvolvimento de cidades mais sustentáveis e inteligentes podem se beneficiar dessas informações. Seja na elaboração de pavimentos permeáveis, que permitam um melhor acesso a água e nutrientes, ou na escolha de espécies adequadas. (CLOSE, NGUYEN & KIELBASO, 1996; MULLANEY, LUCKE & TRUEMAN, 2015).

CONCLUSÃO

A distinção anatômica dos anéis de *Jacaranda mimosifolia* D.Don, o grau de sincronismo das séries, além do fato da espécie ser decídua, demonstram a sazonalidade da planta, o que indica a formação de anéis de crescimento anuais.

As trajetórias de crescimento de árvores em um gradiente de pavimentação demonstraram não haver influência deste fator sobre a taxa de crescimento do tronco nesta espécie.

REFERÊNCIAS

AGUIRRE-BECERRA, H.; PINEDA-NIETO, S.A.; GACÍA-TREJO, J.F.; GUEVARA-GONZÁLEZ, R.G.; FERREGRINO-PÉREZ, A.A.; ÁLVAREZ-MAYORGA, B.L. & PASTRANA, D.M.R. 2020. Jacaranda flower (*Jacaranda mimosifolia*) as an alternative for antioxidant and antimicrobial use, *Heliyon*, Volume 6, Issue 12.

ALFARO-SÁNCHEZ, R.; MULLER-LANDAU, H.C.; WRIGHT, S.J.; CAMARERO, J.J. Growth and reproduction respond differently to climate in three Neotropical tree species. *Oecologia*, 184: 531-541. 2017.

BAUER, D.; SCHMITT, J.L. & OLIVEIRA, J.M. 2020. Xylem growth rings and leaf phenological patterns in tree species of a subtropical seasonal forest. *Acta Bot. Bras.* 34 (4), Oct-Dec 2020. <https://doi.org/10.1590/0102-33062019abb0395>.

BIEGELMEIER, J.; DE MARCHI, T.C. 2018. Flora utilizada na arborização do campus. In: LEAL-ZANCHET, A.M.; RAGUSE-QUADROS, M. (orgs.). Biodiversidade do Campus da Unisinos. Porto Alegre, RS: Editora Fi. p. 41-58. Disponível em: <https://www.editorafi.org/461unisinos>. Acesso em: 08 out. 2021.

BRIGNOLE, D.; DRAVA, G.; MINGANTI, V.; GIORDANI, P.; SAMSON, R.; VIEIRA, J.; PINHO, P.; BRANQUINHO, C. 2018. Chemical and magnetic analyses on tree bark as an effective tool for biomonitoring: A case study in Lisbon (Portugal). *Chemosphere*, 195, 508–514.

BROWN, A.D. & MALIZIA, L.R. 2004. Las selvas pedemontanas de las Yungas. *Ciencia hoy*, v. 14, n. 83, p. 52-63.

CALFAPIETRA, C.; PEÑUELAS, J. & NIINEMETS, Ü. 2015. Urban plant physiology: adaptation-mitigation strategies under permanent stress. *Trends in Plant Science*, 20(2), 72–75. doi:10.1016/j.tplants.2014.11.001

CALLADO, C.H., TOMAZELLO-FILHO-Filho, M., BARROS, C.F., & ROIG, F.A. 2013. Cambial growth periodicity studies of South American woody species - a review. *IAWA Journal*, 34(3), 213–230.

CAMPELO, F.; NABAIS, C.; GARCÍA-GONZÁLES, I.; CHERUBINI, P.; GUTIÉRREZ, E.; FEITAS, H. 2009. Dendrochronology of *Quercus ilex* L. and its potential use for climate reconstruction in the Mediterranean region. *Can. J. For. Res.* Vol. 39.

CARDOSO, F.C.G.; MARQUES, R.; BOTOSSO, P.C. & MARQUES, M.C.M. 2011. Stem growth and phenology of two tropical trees in contrasting soil conditions. *Plant and Soil*, 354(1-2), 269–281. doi:10.1007/s11104-011-1063-9.

CLOSE, R.E; NGUYEN, P.V. & KIELBASO, J.J. 1996. Stress symptoms and phenology in relation to site characteristics. *Journal of Arboriculture* 22(3): May 1996.

COLMANETTI, M.A.A. & BARBOSA, L.M. 2013. Fitossociologia e estrutura do estrato arbóreo de um reflorestamento com espécies nativas em Mogi-Guaçu, SP, Brasil. *Hoehnea* 40(3): 419-435.

COOK, E.R. & KRUSIC, P.J. 2005. Program ARSTAN. A Tree-Ring Standardization Program Based on Detrending and Autoregressive Time Series Modeling, with Interactive Graphics. Tree-Ring Laboratory, Lamont Doherty Earth Observatory of Columbia University, Palisades.

CORADIN, V.T.R. 2002. Estrutura Anatômica da Madeira e Princípios para a sua Identificação. - Brasília: LPF, 2002, 28p.

COSTA, R.S.; ORTOLANI, F.A.; MÔRO, F.V.; DE PAULA, R.C. 2011. Caracterização morfológica de folhas e flores de espécies de *Jacaranda* (Bignoniaceae), cultivadas em Jaboticabal - SP. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, vol. 11, núm. 1, pp. 169-181.

COSTA, M.S.; FERREIRA, K.E.B.; BOTOSSO, P.C. & CALLADO, C.H. 2015. Growth analysis of five Leguminosae native tree species from a seasonal semideciduous lowland forest in Brazil. *Dendrochronologia*, 36, 23–32. doi:10.1016/j.dendro.2015.08.004

COURALET, C., STERCK, F.J., SASS-KLAASSEN, U., VAN ACKER, J., BEECKMAN, H. 2010. Species-specific growth responses to climate variations in understory trees of a central African rain forest. *Biotropica*, 42:503–511.

DÉTIENNE, P. 1989. Appearance and periodicity of growth rings in some tropical woods. *IAWA Bulletin n.s.*, Vol. 10 (2), 1989: 123-132.

EDMONDSON, J.L.; O'SULLIVAN, O.S.; INGER, R.; POTTER, J.; MCHUGH, N.; GASTON, K.J. & LEAKE, J.R. 2014. Urban Tree Effects on Soil Organic Carbon. *PLoS ONE*, 9(7), e101872. doi:10.1371/journal.pone.0101872.

FONSECA JÚNIOR, S.F.; PIEDADE, M.T.F. & SCHÖNGART, J. 2009. Wood growth of *Tabebuia barbata* (E. Mey.) Sandwith (Bignoniaceae) and *Vatairea guianensis* Aubl. (Fabaceae) in Central Amazonian black-water (igapó) and white-water (várzea) floodplain forests. *Trees* 23, 127–134. <https://doi.org/10.1007/s00468-008-0261-4>

FONTANA, C. et al. 2018. Climatic signal in growth-rings of *Copaifera lucens*: An endemic species of a Brazilian Atlantic forest hotspot, southeastern Brazil. *Dendrochronologia* 50, p. 23–32.

FONTANA, C.; PÉREZ-DE-LIS, G.; SANTINI, L. BOTOSSO, P. NABAIS, C. FILHO, M. & LOUZADA, J. 2018. Wood anatomy and growth ring boundaries of *Copaifera lucens* (Fabaceae). *IAWA Journal*. 39. 10.1163/22941932-20170209.

FRITTS, H.C. 1976. *Tree rings and climate*. 1. ed. Academic Press.

GENTRY, A.H. 1992. A Synopsis of Bignoniaceae Ethnobotany and Economic Botany. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, Vol. 79, No. 1 (1992), pp. 53-64.

Governo do Rio Grande do Sul. Atlas SocioEconômico, 2019. Disponível em: <<https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/clima-temperatura-e-precipitacao>>. Acesso em: 20 de out. de 2021.

GRABOSKY, Jason & BASSUK, Nina. 1995. A new urban tree soil to safely increase rooting volumes under sidewalks. *Journal of Arboriculture* 21(4): July, 1995.

GREGG, J.; JONES, C. & DAWSON, T. 2003. Urbanization effects on tree growth in the vicinity of New York City. *Nature* 424, 183–187. <https://doi.org/10.1038/nature01728>

HOLMES, R.L. Computer-Assisted Quality Control in Tree-Ring Dating and Measurement. *Tree-Ring Bulletin*, vol. 44, p. 69-75. 1983.

HILLS, R. 2020. *Jacaranda mimosifolia*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T32027A68135641>.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2012. Manual técnico da vegetação brasileira. IBGE, Rio de Janeiro, 271pp.

JARYAN, V.; UNİYAL, S.; GUPTA, R.C. & SINGH, R. 2012. Alien Flora of Indian Himalayan State of Himachal Pradesh. Environmental monitoring and assessment. 185. 10.1007/s10661-012-3013-2.

KABANO, P., HARRIS, A. & LINDLEY, S. 2021. Sensitivity of Canopy Phenology to Local Urban Environmental Characteristics in a Tropical City. *Ecosystems* 24, 1110–1124. <https://doi.org/10.1007/s10021-020-00571-y>

KLEIN, R.M. 1975. Southern brazilian phytogeographic features and the probable influence of upper quaternary climatic changes in the floristic distribution. *Boletim Paranaense de Geociências*, 33: 67-88.

LARSSON, L., 2014a. Cybis CooRecord. Disponível em: <http://www.cybis.se/forfun/dendro/>

LARSSON, L., 2014b. Cybis Dendro Dating Program. Disponível em: <http://www.cybis.se/forfun/dendro/>.

LEVÉSQUE, M.; WALTHERT, L. & WEBER, P. 2016. Soil nutrients influence growth response of temperate tree species to drought. *Journal of Ecology*, 104(2), 377–387. doi:10.1111/1365-2745.12519

LINDENMAIER, D.S. & SOUZA, B.S.P. 2013. Aspectos ecológicos e fitogeográficos de remanescentes florestais na paisagem urbana de Cachoeira do Sul/RS. *Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas - UFSM - Ciência e Natura*, Santa Maria. ISSN: 2179-460X, v. 35 n. 2 Dez. 2013, p. 215-225.

MARCELO-PEÑA, J. L.; ROIG, F. A.; GOODWIN, Z. A. & TOMAZELLO-FILHO, M. 2020. Characterizing growth rings in the trees of Perú: a wood anatomical

overview for potential applications in dendroecological-related fields. *Dendrochronologia*, 125728.

MARCHIORETTO, M.S.; SANTOS, G.F.; BIEGELMEIER, J. 2018. Plantas do Campus da UNISINOS São Leopoldo: árvores e arbustos com valor alimentício, econômico, medicinal e ornamental – I. PESQUISAS, BOT NICA No 72. São Leopoldo: Instituto Anchietano de Pesquisas, 2018.

MARTIN, P.H.; CANHAM, C.D. & KOBE, R.K. 2010. Divergence from the growth-survival trade-off and extreme high growth rates drive patterns of exotic tree invasions in closed-canopy forests. *Journal of Ecology*, 98(4), 778–789. doi:10.1111/j.1365-2745.2010.01666.x

MASIOKAS, M. & VILLALBA, R. 2004. Climatic significance of intra-annual bands in the wood of *Nothofagus pumilio* in southern Patagonia. *Trees* 18: 696–704 DOI 10.1007/s00468-004-0355-6.

MULLANEY, J.; LUCKE, T. & TRUEMAN, S.J. 2015. The effect of permeable pavements with an underlying base layer on the growth and nutrient status of urban trees. *Urban Forestry & Urban Greening*, Volume 14, Issue 1, 2015, Pages 19-29, ISSN 1618-8667, <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2014.11.007>.

MUÑIZ, G.I.B. & MARCHIORI, J.N.C. 2009. Anatomia da madeira de duas Bignoniáceas da Floresta Estacional de Misiones - Argentina. *BALDUINIA*. n.18, p. 20-25, 15-IX-2009.

NAZ, R.; ROBERTS, T. H.; BANO, A.; NOSHEEN, A.; YASMIN, H.; HASSAN, M. N.; KEYANI, R.; ULLAH, S; KHAN, W. & ANWAR, Z. 2020. GC-MS analysis, antimicrobial, antioxidant, antilipoxygenase and cytotoxic activities of *Jacaranda mimosifolia* methanol leaf extracts and fractions. *PLOS ONE*, 15(7), e0236319. doi:10.1371/journal.pone.0236319

OLOWOYO, J.O., VAN HEERDEN, E. & FISCHER, J.L. 2009. Investigating *Jacaranda mimosifolia* tree as biomonitor of atmospheric trace metals. *Environmental Monitoring and Assessment*, 164(1-4), 435–443.

PEEL, M.C.; FINLAYSON, B.L.; MCMAHON, T. A. 2007. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 11, 1633–1644.

PLANGEA - Plano Municipal de Gestão Ambiental - São Leopoldo/RS. 2011. Volume IV. Geologia e Projetos Ambientais. Empresa Consultora.

PRÓ-SINOS. 2013. Elaboração dos planos municipais e regionais de saneamento básico dos municípios do consórcio Pró-Sinos: Subproduto 2.2: caracterização geral.

QUINTILHAN, M.T.; SANTINI, L.; RODRIGUEZ, D.R.O.; GUILLEMOT, J.; CESILIO, G.H.M.; CHAMBI-LEGOAS, R.; NOUVELLON, Y. & TOMAZELLO-FILHO, M. 2021. Growth-ring boundaries of tropical tree species: Aiding delimitation by long histological sections and wood density profiles. *Dendrochronologia*, Volume 69, 2021, ISSN 1125-7865.

SALAZAR, L.F.; NOBRE, C.A. & OYAMA, M.D. 2007. Climate change consequences on the biome distribution in tropical South America. *Geophysical Research Letters*, 34(9).

SCHWEINGRUBER, F.H. 1996. Tree rings and environment dendroecology. Ed. Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, WSL/FNP, Birmensdorf –Berne; Stuttgart; Vienna: Haupt.

SILVA, M.S.; FUNCH, L.S.; SILVA, L.B. & CARDOSO, D. 2020. A phylogenetic and functional perspective on the origin and evolutionary shifts of growth ring anatomical markers in seed plants. *Biological Reviews*, 96(3), 842–876. doi:10.1111/brv.12681.

TEIXEIRA, M.B. et al. 1986. Vegetação. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Levantamento de recursos naturais. IBGE, Rio de Janeiro, IBGE, p. 541-632.

UTTARA, S.; BHUVANDAS, N. & AGGARWAL, V. 2012. Impacts of urbanisation on environment. *IJREAS*. 2.

VAN WILGEN, B.W., RICHARDSON, D.M., LE MAITRE, D.C., MARAIS, C., & MAGADLELA, D. 2001. *Environment, Development and Sustainability*, 3(2), 145–168. doi:10.1023/a:1011668417953.

VASCONCELLOS, T.J.; TOMAZELLO-FILHO, M. & CALLADO, C.H. 2019. Dendrochronology and dendroclimatology of *Ceiba speciosa* (A. St.-Hil.) Ravenna (Malvaceae) exposed to urban pollution in Rio de Janeiro city, Brazil. *Dendrochronologia*, Volume 53, 2019, Pages 104-113, ISSN 1125-7865.

VITÓRIA, A.P.; PEREIRA, R.R.; PEREIRA, L.R.; SILVA, A.L.P.M; RIBEIRO, D.R. Árvores da UENF: jacarandá-mimoso. Disponível em: <https://uenf.br/projetos/arvoresdauenf/especie-2/jacaranda-mimoso/>. Acesso: 05/out/2021.