**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

**ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ”**

**LCB5735 – Anatomia Vegetal**

Prof. Dra. Beatriz Appezzato da Glória

**Regulação da atividade do câmbio vascular: ênfase para os aspectos anatômicos e fisiológicos**

**Discentes**:

Júlia Lôbo R. A. Gil – 11158981

Maycon da S. Teixeira - 14479021

1. **Introdução**

O crescimento secundário, ou a expansão no diâmetro do tronco, ramos e raízes em espécies lenhosas é resultado das atividades de meristemas laterais secundários, como o câmbio vascular e o felogênio (Larson, 1994; Risopatron et al., 2010). O câmbio vascular fornece as células necessárias para o desenvolvimento vascular contínuo, composto principalmente por dois elementos: xilema, responsável pelo transporte de água e nutrientes minerais das raízes, e floema, que é a principal via de transporte para fotoassimilados, moléculas de sinalização e alguns íons minerais em toda a planta (Vanbel, 1990; Plomion et al., 2001; Risopatron et al., 2010). Além disso, a atividade cambial pode ser influenciada por diversas variáveis ambientais, como temperatura, fotoperíodo e precipitação (Lisi et al., 2008) e ritmos endógenos, uma vez que o período de dormência do câmbio coincide com a queda foliar e/ou floração (Callado et al., 2001; Albuquerque et al., 2019).

1. **Desenvolvimento**
   1. **Zona cambial**

O câmbio vascular é um meristema composto por uma única camada de células iniciais, as quais se subdividem em células iniciais fusiformes e em células de raios, passando por divisões nos sentidos periclinal e anticlinal (Esau, 1977; Callado et al., 2013). Do ponto de vista morfológico, as células cambiais exibem uma notável semelhança com suas células descendentes imediatas, inclusive em um nível ultraestrutural. Essa similaridade conduziu à introdução do termo "zona cambial" para caracterizar tanto as células cambiais quanto seus derivados imediatos indiferenciados (Evert, 1963; Angyalossy & Marcati, 2006; Callado et al., 2013).

A zona cambial é constituída por uma camada externa de floema secundário fusiforme e uma camada interna de células de xilema secundário, que cercam uma zona central composta por células amplificadoras do floema e do xilema (Larson, 1994; Risopatron et al., 2010). Esta zona central inclui uma camada central de células cambiais dispostas em uma única série.

A quantidade de camadas celulares e as características morfológicas e funcionais das células na zona cambial podem variar dependendo das condições locais e sazonais do ambiente, como luz, temperatura, nutrientes do solo e disponibilidade de água, essenciais por desempenharem um papel crucial na promoção da divisão e expansão celular (Schweingruber, 2007; Callado et al., 2013). Variações regulares em um ou mais desses fatores limitantes resultam em um ritmo periódico no desenvolvimento da planta, refletido no câmbio por meio de estágios ativos e dormentes (Albuquerque et al., 2019).

A correlação entre os períodos de dormência e a atividade do câmbio com a fenologia foliar pode fornecer *insights* valiosos sobre as estratégias adotadas por espécies arbóreas decíduas para enfrentar situações estressantes sazonais, como secas periódicas ou inundações (Callado et al., 2001; Brandes et al., 2015; Albuquerque et al., 2019).

* 1. **Camadas de crescimento**

A compreensão da regularidade na ocorrência da atividade cambial é crucial para reconhecer o início da produção de células cambiais e a extensão dessa atividade, proporcionando uma compreensão mais aprofundada do processo de formação das camadas de crescimento no lenho das árvores (Fritts, 1976; Callado et al., 2013).

De acordo com a IAWA Committee (1989), os marcadores anatômicos dos limites das camadas de crescimento podem ser classificados em:

1. Fibras do lenho tardio de paredes espessas e radialmente achatadas ou traqueídes versus fibras do lenho inicial de paredes finas e traqueídes – zona fibrosa;
2. Diferenças marcantes no diâmetro do vaso entre lenho inicial e lenho tardio, do seguinte anel como em madeiras semi-porosas e porosas;
3. Parênquima marginal (terminal ou inicial);
4. Traqueídes vasculares e elementos de vasos muito estreitos, muito numerosos ou formando o tecido fundamental do lenho tardio e ausente do lenho inicial;
5. Diminuição da frequência das bandas do parênquima em direção ao lenho tardio resultando em uma zona de fibra distinta; e
6. Raios distendidos.

Influências, principalmente externas, podem alterar a dinâmica da atividade cambial, resultando em modificações estruturais e até mesmo fisiológicas. Como no caso do “anel azul”, uma vez que o processo de lignificação apresenta correlação com a temperatura, o processo pode ser interrompido em virtude de baixas temperaturas, sendo um registro importante para a datação de atividade vulcânica (Büntgen et al., 2020), podendo ser visualizado apenas em microscopia. Ainda sob baixas temperaturas, podem ser formados os anéis de geadas, que neste caso, resulta na alteração morfológicas das células cambiais ().

* 1. **Fibras gelatinosas**

As fibras gelatinosas têm principal função de aumentar a resistência mecânica do xilema sob tensão. Entretanto, foi registado possíveis funções de armazenamento e água que elas possam exercer no corpo vegetal, ocorrentes em órgãos aéreos e subterrâneos de plantas que vivem em ambientes secos, como a compartimentalização de alumínio em células da madeira de espécies do Cerrado (Milanez, Marcati & Machado, 2017; Piva et al., 2020; Voigt, 2023).

* 1. **Fisiologia**

Os fitormônios desempenham diversas funções no corpo vegetal, desde a sinalização para desencadear a produção de células bem como atuar nas etapas de alongamento e diferenciação celular. A principal hipótese para a atuação da auxina (ácido indol-3-acético - AIA), está relacionada a um gradiente de concentração de auxina do ápice caulinar em sentido ao ápice radicular. Onde a região apical, por estar próxima à região com ocorrência de folhas mais novas, apresenta elevadas taxas de concentração de auxina, promovendo assim, um rápido processo de diferenciação celular, produzindo vasos de menor calibre e com maior densidade. Por outro lado, a região mais distante, apresenta baixa concentração de auxina e o processo de diferenciação é mais lento, ocasionando vasos de maior calibre e menor densidade. Além disso, outros fitormônios podem atuar com conjunto nas diferentes etapas (De Micco et al., 2019).

1. **Considerações finais**

As respostas anatômicas e fisiológicas da atividade cambial expressam condições internas e externas às árvores. Podendo variar em função da espécie e das condições ambientais e ecológicas.

1. **Referências bibliográficas**

Albuquerque, R.P.; Brandes, A.F.N.; Lisi, C.S.; Barros, C.F. (2019) Tree-ring formation, radial increment and climate–growth relationship: assessing two potential tree species used in Brazilian Atlantic Forest restoration projects. **Trees**, 33, 877–892. https://doi.org/10.1007/s00468-019-01825-6

Angyalossy, V.; Marcati, C.R. (2006) Câmbio. In: Appezzato-da-Glória B. & Carmello-Guerreiro S.M. (eds.), **Anatomia vegetal**: 205–235. UFV, Viçosa.

Büntgen, U., Arseneault, D., Boucher, É., Churakova, O. V., Gennaretti, F., Crivellaro, A., ... & Esper, J. (2020). Prominent role of volcanism in Common Era climate variability and human history. **Dendrochronologia**, *64*, 125757. https://doi.org/10.1016/j.dendro.2020.125757

Brandes, A.F.N; Lisi, C.S.; Silva, L.D.S.A.B.; Barros, C.F. (2015) Seasonal cambial activity and wood formation in trees and lianas of Leguminosae growing in the Atlantic Forest: a comparative study. **Botany**, 93:211–220. https://doi.org/10.1139/cjb-2014-0198.

Callado, C.H; Neto, S. da S; Scarano F.R.; Costa, C. (2001) Periodicity of growth rings in some flood-prone trees of the Atlantic Rain Forest in Rio de Janeiro, Brazil. **Trees,** 15, 492–497. https://doi.org/10.1007/s00468-001-0128-4

Callado, C.H.; Roig, F.A.; Tomazello-Filho, M.; Barros, C.F. (2013) Cambial growth periodicity studies of South American woody species – A review. **IAWA Journal**, 34(3), 213-230. https://doi.org/10.1163/22941932-00000019

De Micco, V., Carrer, M., Rathgeber, C. B., Camarero, J. J., Voltas, J., Cherubini, P., & Battipaglia, G. (2019). From xylogenesis to tree rings: wood traits to investigate tree response to environmental changes. **IAWA journal**, 40(2), 155-182. http://dx.doi.org/10.1163/22941932-40190246

Esau, K. (1977) **Anatomy of seed plants**. Ed. 2. John Wiley & Sons, New York.

Evert. R.F. (1963) The cambium and seasonal development of the phloem in *Pyrus malus*. **American Journal of Botany**, 50: 149–159. https://doi.org/10.2307/2439848.

Fritts, H.C. (1976) **Tree rings and climate**. Academic Press, London.

Iawa Committee. (1989). IAWA list of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bull. ns**, 10, 219-332.

Jane, F. W. (1970). The structure of wood. **The structure of wood***.*, 2nd ed.

Larson, P.R. (1994). **The vascular cambium: development and structure**, Springer series in wood science. Springer, Berlin.

Lisi, C.S.; Tomazello-Filho, M.; Botosso, P.C.; Roig, F.A.; Maria, V.R.; Ferreira-Fedele, L.; Voigt, A.R.A. (2008) Tree-Ring Formation, Radial Increment Periodicity, and Phenology of Tree Species from a Seasonal Semi-Deciduous Forest in Southeast Brazil, **IAWA Journal**, 29(2):189-207. https://doi.org/10.1163/22941932-90000179

Milanez, C R.D.; Marcati, C.R.; Machado, S.R. (2017) Trabeculae and Al-accumulation in the wood cells of Melastomataceae species from Brazilian savanna. **Botany**, 95(5), 521–530. https://doi.org/10.1139/cjb-2016-0135

Plomion, C.; Leprovost, G.; Stokes, A. (2001) Wood formation in trees. **Plant Physiology**, 127(4):1513–1523. https://doi.org/10.1104/pp.010816

Piva, T.C.; Fortuna-Perez, A P.; Vargas, W. de; Machado, S. R. (2020) Variations in the architecture and histochemistry of the gelatinous fibers in Eriosema (DC.) Desv. (Leguminosae) species from the Brazilian Cerrado. **Flora**, 268, 151624. https://doi.org/10.1016/j.flora.2020.151624

Risopatron, J.P.M; Sun, Y.; Jones, B.J. (2010) The vascular cambium: molecular control of cellular structure. **Protoplasma,** 247, 145–161. https://doi.org/10.1007/s00709-010-0211-z

Schweingruber, F.H. (2007) **Wood structure and environment**. Springer, Berlin.

Van bel, A.J.E. (1990) Xylem-phloem exchange via the rays—the undervalued route of transport. **Journal of Experimental Botany,** 41(227):631–644.

Voigt, A.R.A. (2023) Anatomia comparada do xilema secundário de espécies arbóreas do Cerrado. **Tese** (Doutorado em Recursos Florestais). Piracicaba/SP.