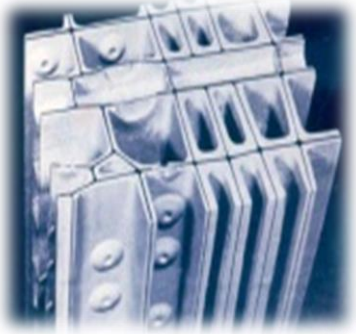
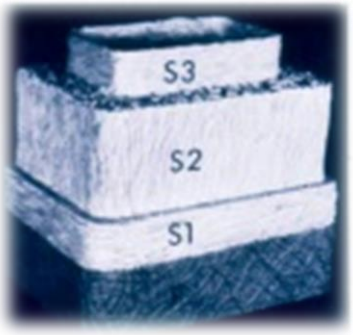
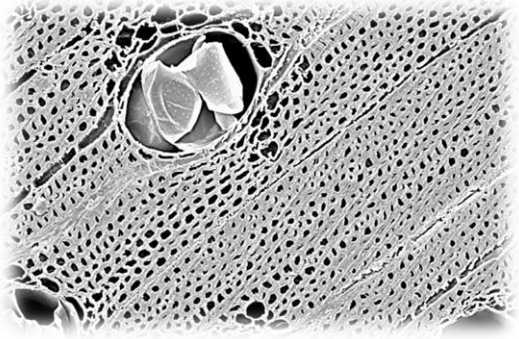
Eucalyptus Online Book & Newsletter

Eucalyptus Newsletter nº 84 – Dezembro 2020

Curso Científico e Tecnológico & Coletânea de Química da Madeira

Madeiras para Uso Celulósico/Papeleiro:
Formação, Ultraestrutura, Química e Topoquímica
Um curso para consolidar conhecimentos sobre madeiras industriais



Criação e Autoria dessa edição da Eucalyptus Newsletter: **Celso Foelkel**

Uma realização:

Grau Celsius – Negócios em Gestão do Conhecimento

Escala espacial

***Fonte*:** https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/adma.202001613

Organizações facilitadoras

ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel

IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores

IPEF – Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais

RIADICYP – Red IberoAmericana de Docencia e Investigación en Celulosa, Papel y Productos Lignocelulósicos

Empresas e organizações apoiadoras na Categoria "*Premium*"

Suzano – Categoria *Premium*

ArborGen Tecnologia Florestal - Categoria *Premium*

IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores **-** Categoria *Premium*

Empresas e organizações apoiadoras na Categoria "*Master*"

ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel

Categoria *Master*

Bracell **-** Categoria *Master*

Klabin **-** Categoria *Master*

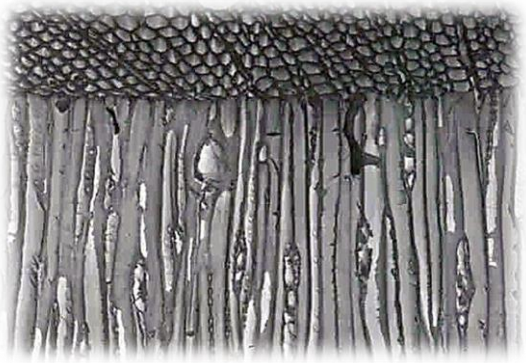
Veracel Celulose - Categoria *Master*

Eucalyptus Online Book & Newsletter

Curso Científico e Tecnológico & Coletânea de Química da Madeira

Madeiras para Uso Celulósico/Papeleiro:
Formação, Ultraestrutura, Química e Topoquímica

Um curso para consolidar conhecimentos sobre madeiras industriais



Metas técnicas e virtudes tecnológicas a serem conquistadas pelos participantes desse curso através da parceria entre os mesmos e o professor Celso Foelkel

Eucalyptus Online
Book & Newsletter

- **Valorização dos aspectos anatômicos, químicos, topoquímicos e de ultraestrutura das madeiras de forma tal que técnicos, trabalhadores, estudiosos e pesquisadores não se esqueçam de que as celuloses e os papéis, bem como outros derivados da biomassa lignocelulósica florestal, têm origem no trabalho das plantas que constroem seus corpos que se converterão em matérias-primas industriais para o setor de base florestal**

- **Facilitar o entendimento sobre a estruturação e composição das madeiras para que elas possam ser melhores e mais eficientemente utilizadas em processos industriais de conversão, tais como produção de celulose e papel, painéis de madeira, etc.**

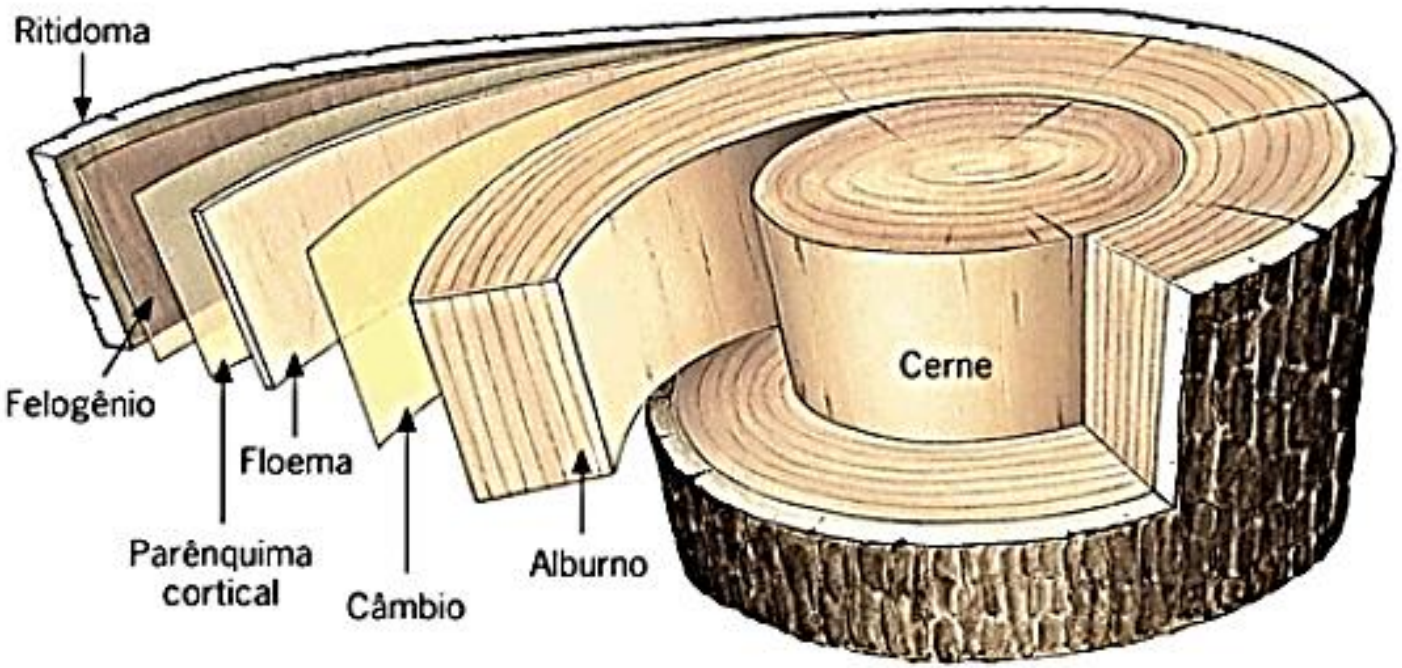
- **Incentivar a que nossos estudantes, técnicos e profissionais do setor de base florestal possam refletir sobre como as madeiras foram construídas e estruturadas e quais as melhores maneiras para que elas possam ser convertidas com sucesso em produtos industriais**

- **Oferecer uma base de conhecimentos sólida, simples e didática de maneira que todos possam entender e acompanhar os conceitos básicos fundamentais e vitais sobre a qualidade e química da madeira desde sua formação como material estrutural e cujas propriedades precisam ser bem entendidas, mensuradas, avaliadas e correlacionadas ao desempenho na conversão até produtos industriais como celulose e papel**

- **Identificar os principais nomes de especialistas científicos e tecnológicos em ultraestrutura, química e topoquímica das madeiras no Brasil e internacionalmente**

- **Facilitar a todos a obtenção de materiais para estudos através de uma seleção de bibliografias de enorme valia e que permite a continuação do aprendizado. Ofertar o acesso a um banco de dados de conhecimentos vitais com cerca de 500 referências de artigos, metodologias, catálogos, livros e websites disponibilizados com endereços na Internet para permitir a agregação desses conhecimentos em processos de otimização de desempenhos na produção, nas comunicações e na utilização das madeiras.**

Preâmbulo pelo Professor Celso Foelkel



***Fonte da Imagem*:**
https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/8782/COLDEBELLA%2c%20RODRIGO.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Esse curso tem como objetivo compartilhar informações básicas vitais para os usuários das madeiras de Eucalyptus e Pinus

"Conhecendo como a madeira está estruturada e como seus diversos constituintes anatômicos e químicos se distribuem no tecido xilemático, poderemos ter uma visão privilegiada do processo de polpação kraft para poder otimizar o mesmo quanto a desempenhos e eficiências"

Mais dados que corroboram essa afirmação acima que enunciei em um dos meus capítulos do Eucalyptus Online Book podem ser encontrados em:

Individualização das fibras da madeira do eucalipto para a produção de celulose kraft. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 16. 107 pp. (2009)
https://www.eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT16_IndividualizacaoFibras.pdf (em Português)

Para a construção do material desse curso aproveitei para resgatar, ler e recordar ensinamentos que fui obtendo, ao longo de minha carreira, em livros, artigos e na web a partir de escritos de alguns dos principais ícones do setor brasileiro e internacional da anatomia, formação, química, topoquímica e ultraestrutura das madeiras, tomando assim a liberdade de relacionar alguns desses inúmeros amigos das madeiras, em ordem alfabética de primeiro nome:

Alfred Joaquim Stamm

Alfredo Mokfienski

Ana Lourenço

Ana Márcia Macedo Ladeira Carvalho

Andrea da Silva Magaton

André Ferraz

Antônio Aprígio da Silva Curvelo

Arci Dirceu Wastowski

Bertie Lee Browning

Cristiane Pedrazzi
Dietrich Fengel
Dimitris S. Argiropoulos
Dmitry Evtuguin
Dorila Piló-Veloso
Duarte Neiva
Evandro Afonso do Nascimento
Fernando José Borges Gomes
Francides Gomes da Silva Júnior
Gabriel Valim Cardoso
Geoffrey M. Downes
Gerald Koch
Graziela Baptista Vidaurre
Gregório Cardoso Tápias Ceccantini
Hermann F. J. Wenzl
Heber dos Santos Abreu

Helena Pereira
Jorge Gominho
Jorge Luiz Colodette
José Lívio Gomide
José Otávio Brito
Lloyd A. Donaldson
Luiz Ernesto George Barrichelo
Luiz Pereira Ramos
Marcelo Coelho dos Santos Muguet Soares
Mario Tomazello Filho
María Mercedes Arbo
Nelson Durán
Reinaldo Ruggiero
Richard Evans
Roger M. Rowell
Ruppert Wimmer

Sérgio Antônio Lemos de Morais
Sonia Maria Bittencourt Frizzo
Sven A. Rydholm
Tore E. Timell
Umberto Klock
Vail Manfredi

Essa seleção apresentada focou mais os autores que têm colaborado para a difusão dos conhecimentos básicos da formação, química, topoquímica e ultraestrutura das madeiras
Portanto, minha sincera homenagem a essa seleta legião de autores que têm colaborado para os alicerces da química da madeira no Brasil e no mundo

Reforço ainda que muitos outros estudiosos fantásticos que não foram citados existem estudando a química dos processos de utilização da madeira e de outros materiais lignocelulósicos

Muitos deles podem ser encontrados referenciados em artigos, teses, palestras, cursos e outros materiais que constituem a Coletânea Bibliográfica em Formação, Ultraestrutura, Química e Topoquímica das Madeiras apresentada no tema 10 desse material de curso

Conheçam então esses grandes autores do setor da química da madeira visitando e conhecendo suas obras publicadas

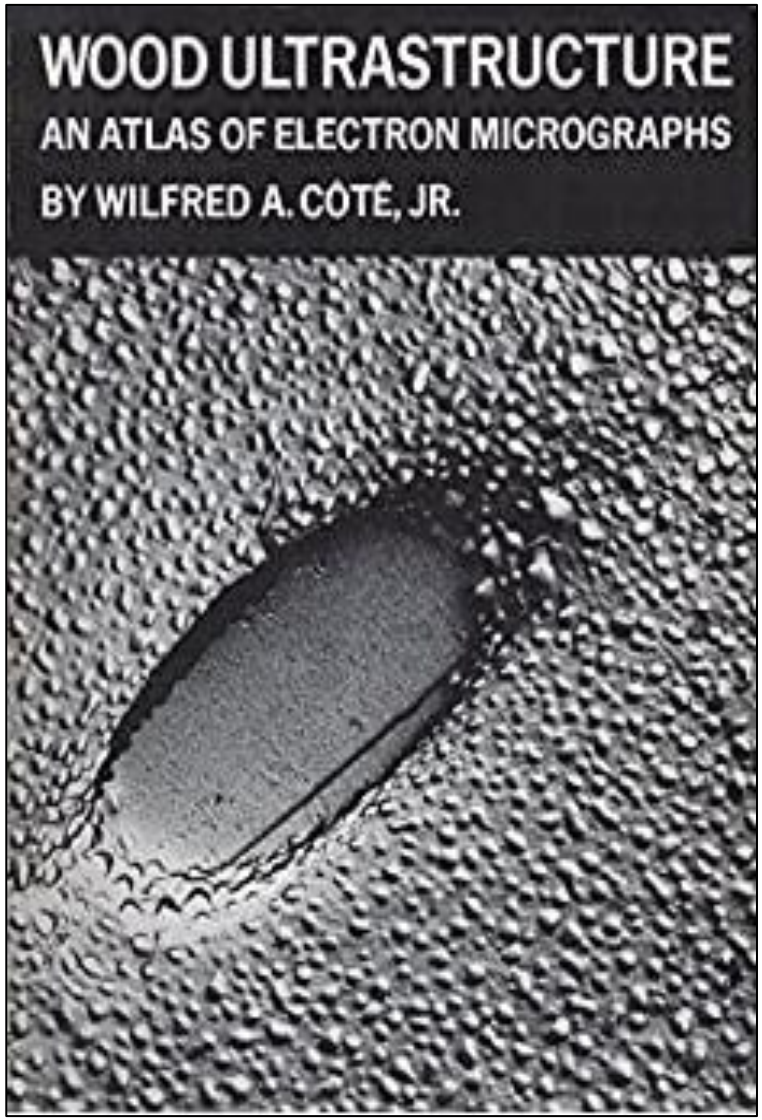
***Essas rotas tecnológicas e madeireiras do setor merecem serem entendidas e aprendidas através da leitura de muitos livros, alguns com* suas capas mostradas a seguir e referenciados na nossa coletânea**

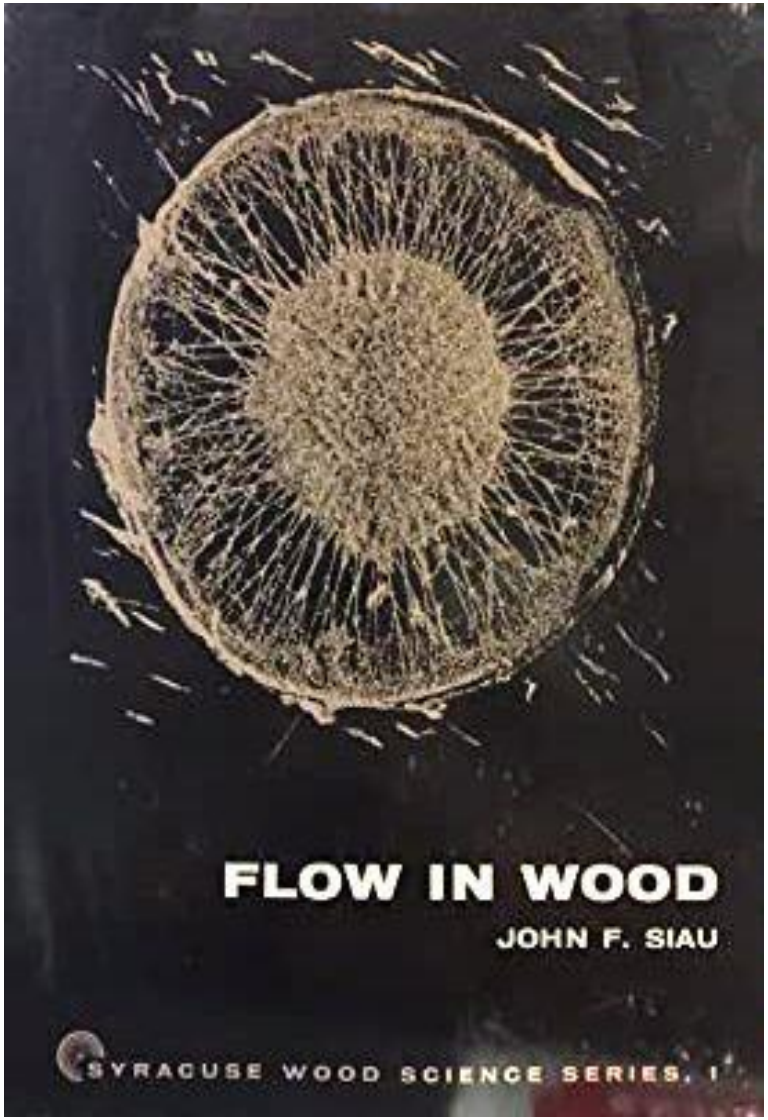
Algumas dessas obras fazem parte da minha coleção de livros em papel armazenados em biblioteca própria, a qual eu ainda mantenho com orgulho e muito uso junto a uma biblioteca digital aguardada com carinho em meus computadores

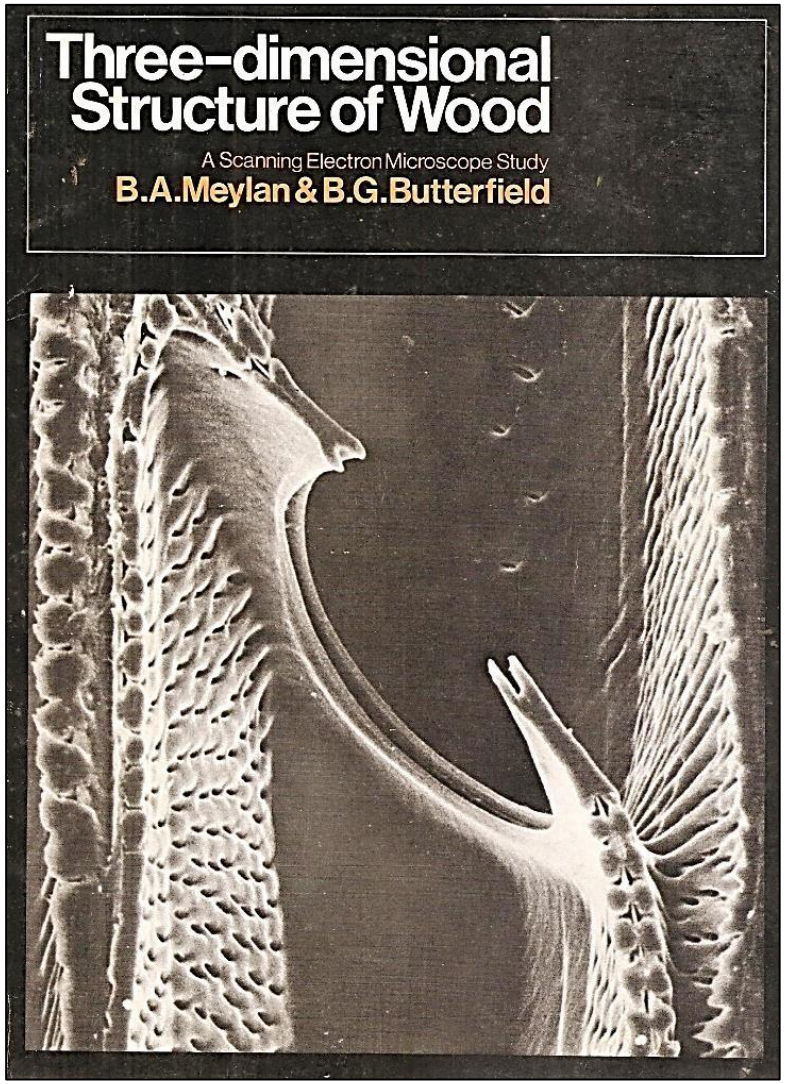
Aproveitem para vislumbrar e emocionar com a visualização de diversas dessas fontes magníficas de conhecimento científico e tecnológico sobre as madeiras

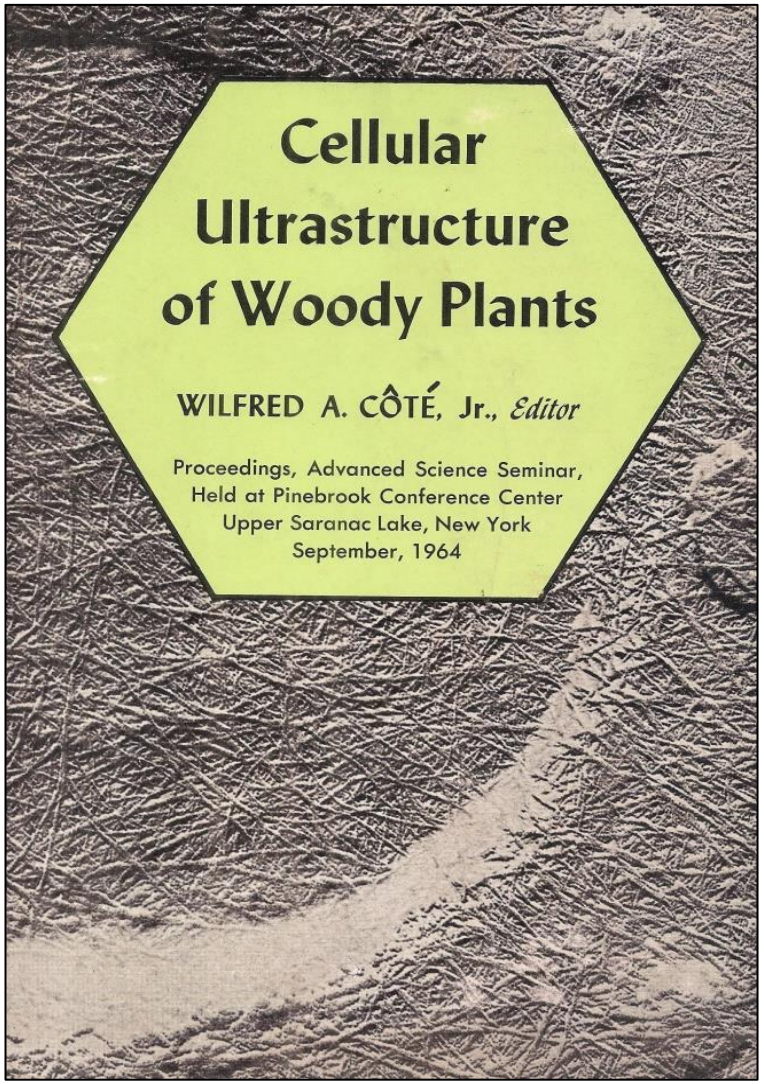
Todos esses livros e outros, cujas capas ou ilustrações são mostradas ao longo do documento de nosso curso, estão referenciados em nossa coletânea que finaliza o curso

(muitos deles, inclusive com possibilidades de downloading)


WOOD ULTRASTRUCTURE
AN ATLAS OF ELECTRON MICROGRAPHS
BY WILFRED A. CÔTÉ, JR.


FLOW IN WOOD
JOHN F. SIAU
SYRACUSE WOOD SCIENCE SERIES, 1

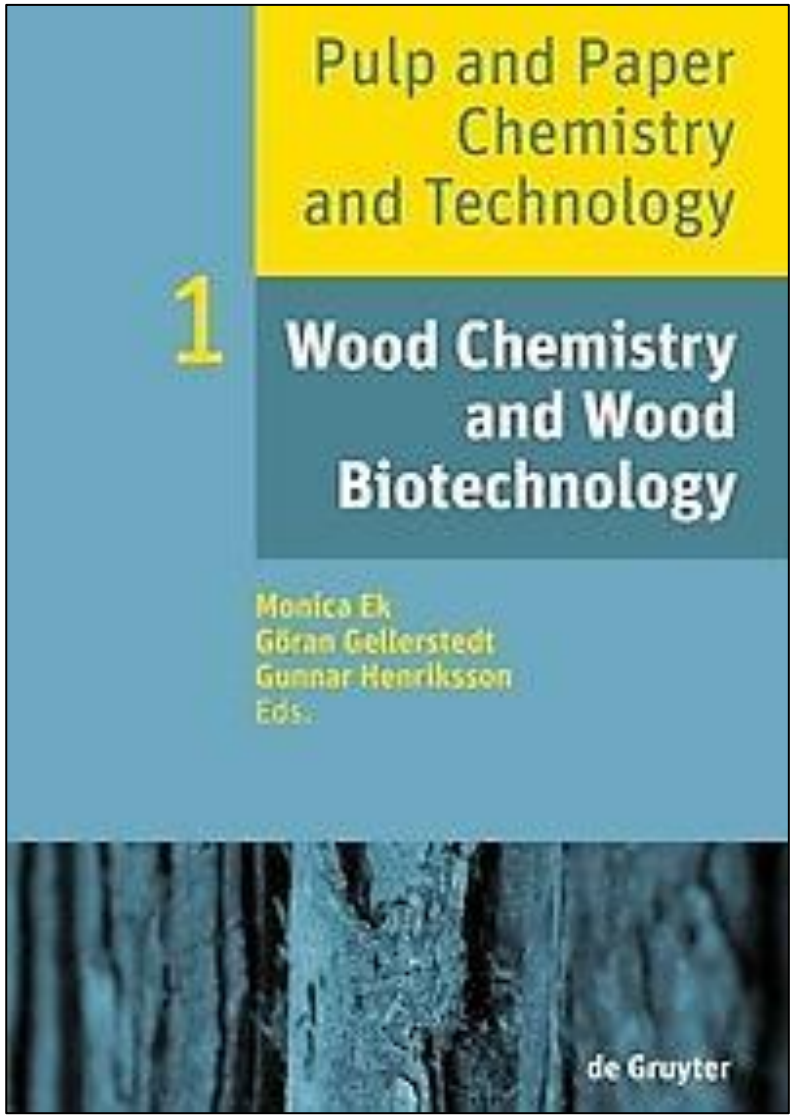

Three-dimensional Structure of Wood
A Scanning Electron Microscope Study
B.A.Meylan & B.G.Butterfield

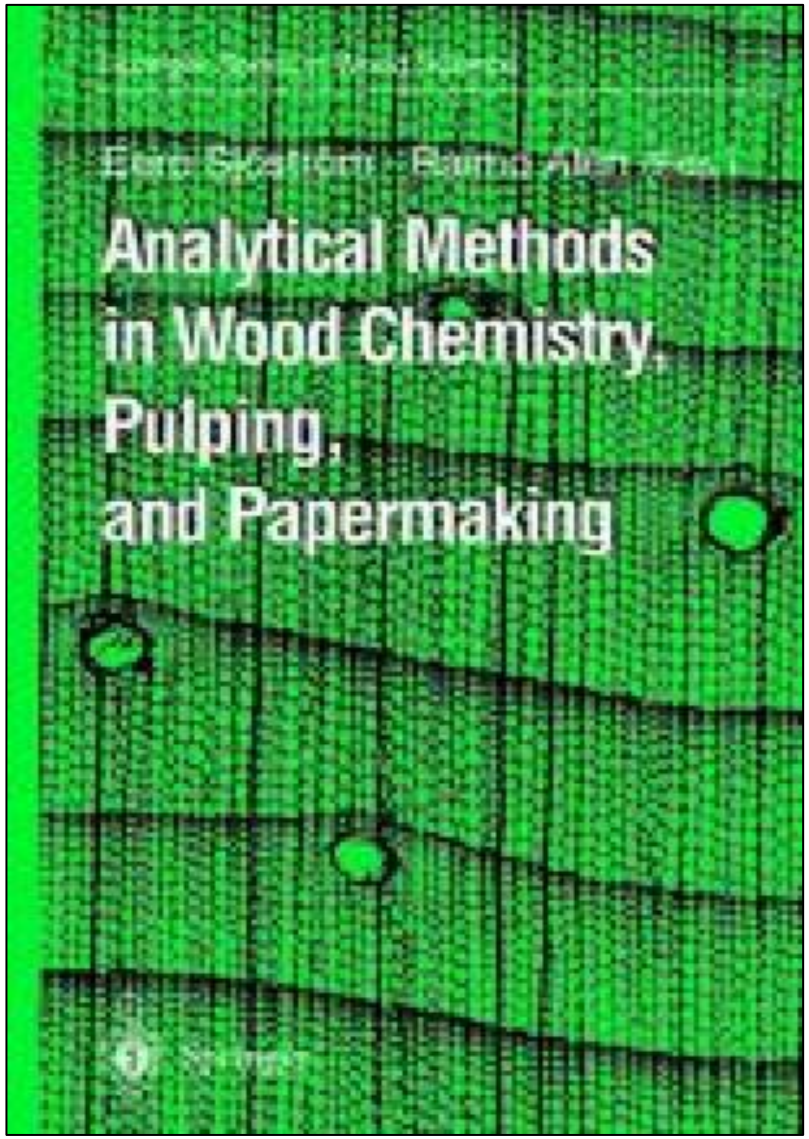

Cellular Ultrastructure of Woody Plants
WILFRED A. CÔTÉ, Jr., Editor
Proceedings, Advanced Science Seminar,
Held at Pinebrook Conference Center
Upper Saranac Lake, New York
September, 1964

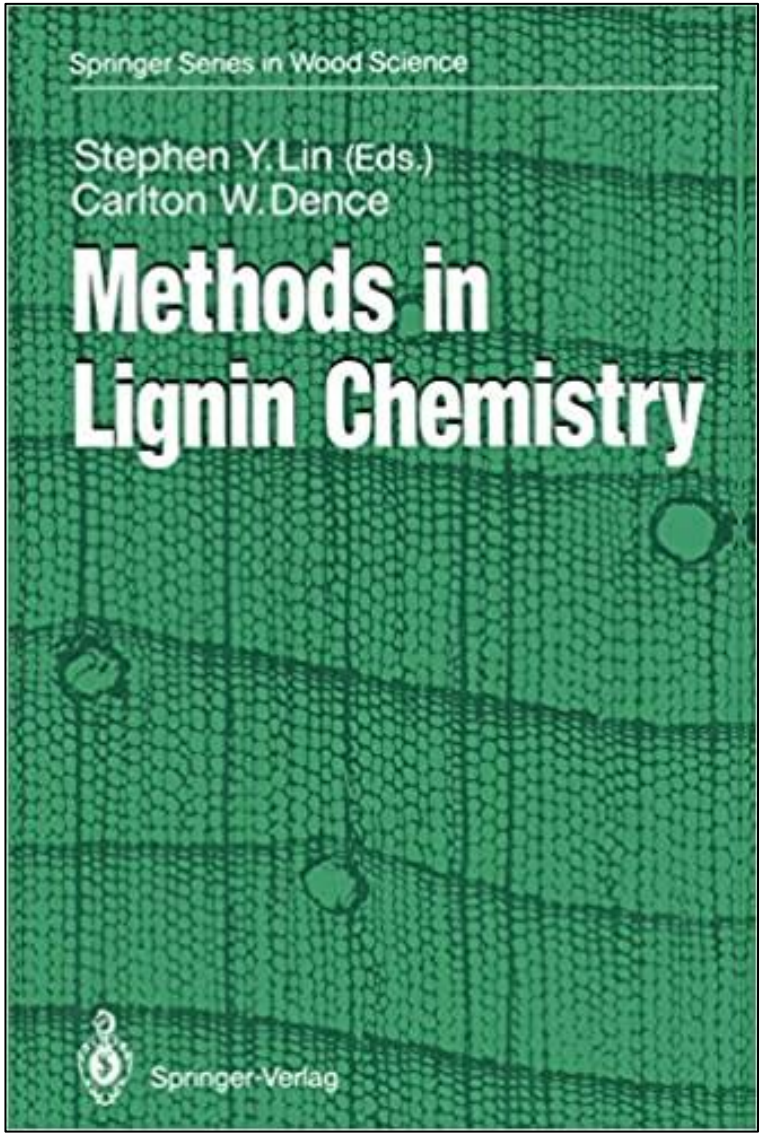
PinusLetter
PinusLetter nº 56 - Maio de 2020
SIMPÓSIOS BRASILEIROS SOBRE A QUÍMICA DAS LIGNINAS E OUTROS COMPONENTES DA MADEIRA
Brazilian Symposium on the Chemistry of Lignins and other Wood Components
Todos os Livros & Arquivos Digitais das suas Oito Edições...
...estão agora disponibilizados para acesso público e gratuito em Formato Digital (PDF) nessa edição da PinusLetter
PROCEEDINGS OF THE
THIRD BRAZILIAN SYMPOSIUM ON THE CHEMISTRY OF LIGNINS AND OTHER WOOD COMPONENTS
6th BSCLWC
Proceedings

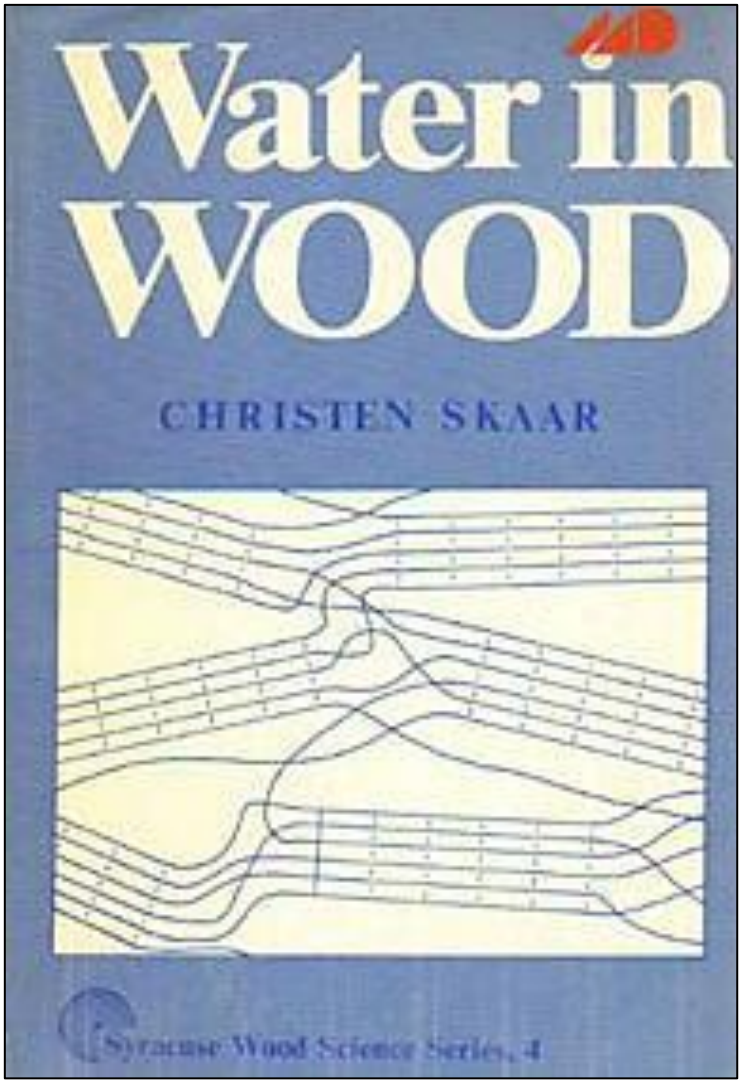
Biossíntese de Lignificação
Heber dos Santos Abreu

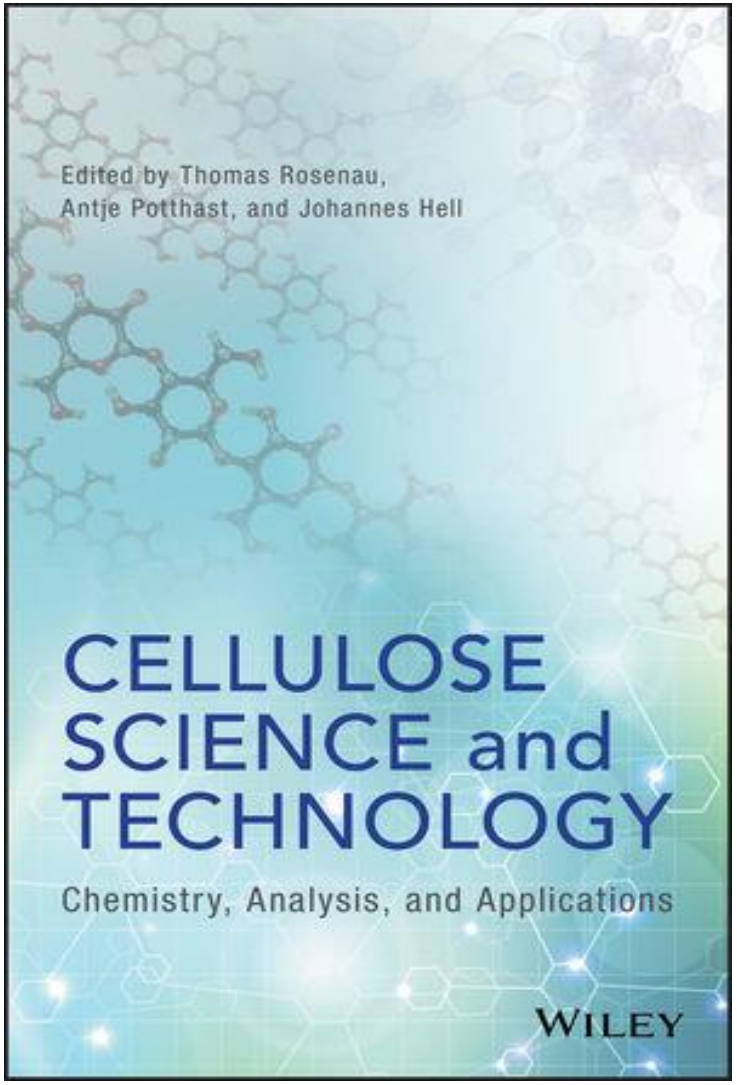
Bioinformação do Processo de Lignificação
Dra. Regina Paula Willemen Pereira
Dra. Maria Beatriz de Oliveira Monteiro
Dr. Heber dos Santos Abreu
Edur
UFRRJ

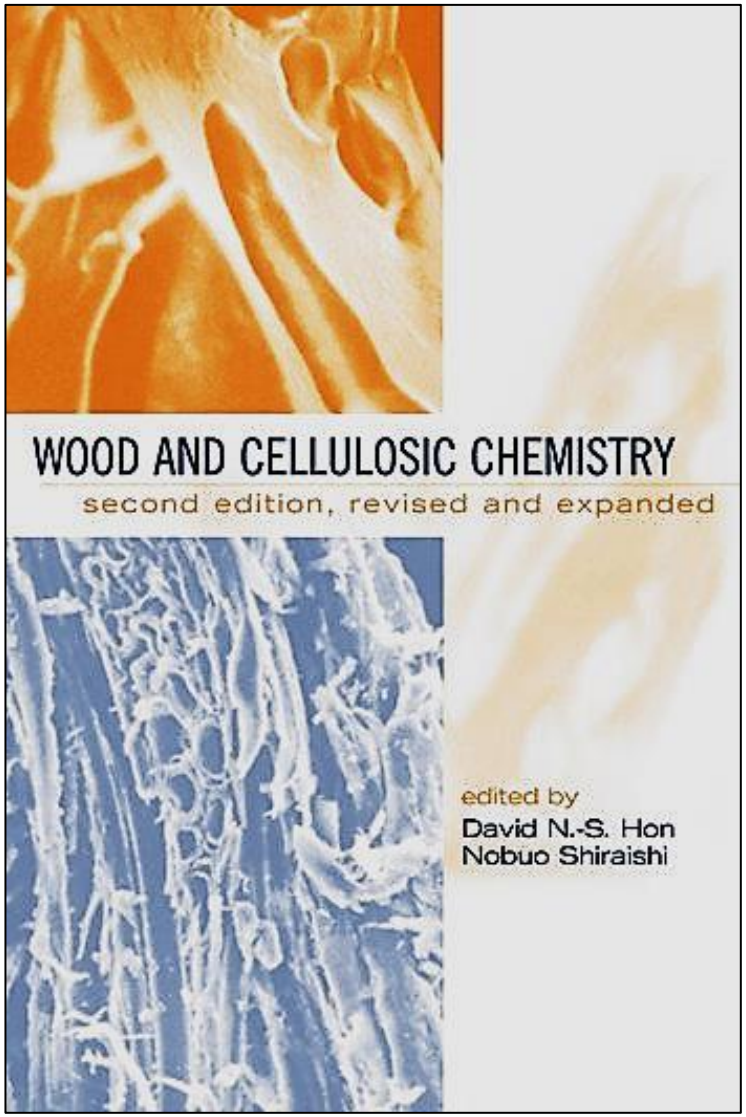

Pulp and Paper Chemistry and Technology
1
Wood Chemistry and Wood Biotechnology
Monica Ek
Göran Gellerstedt
Gunnar Henriksson
Eds.
de Gruyter

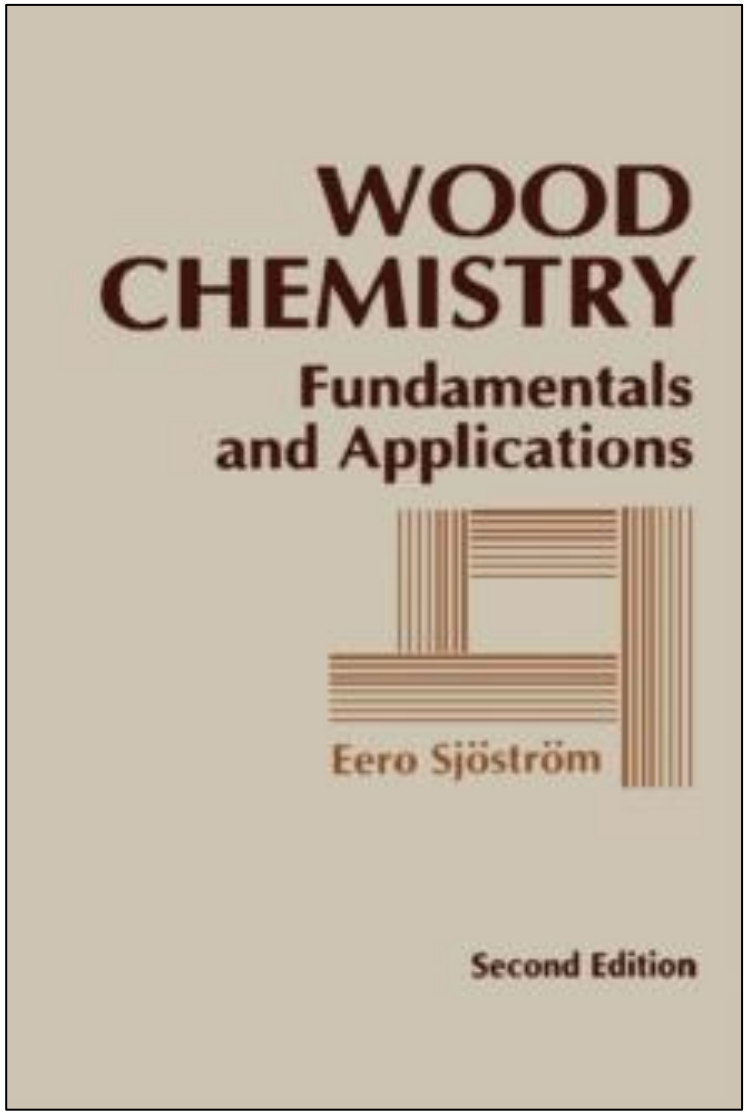

Analytical Methods
in Wood Chemistry,
Pulping,
and Papermaking

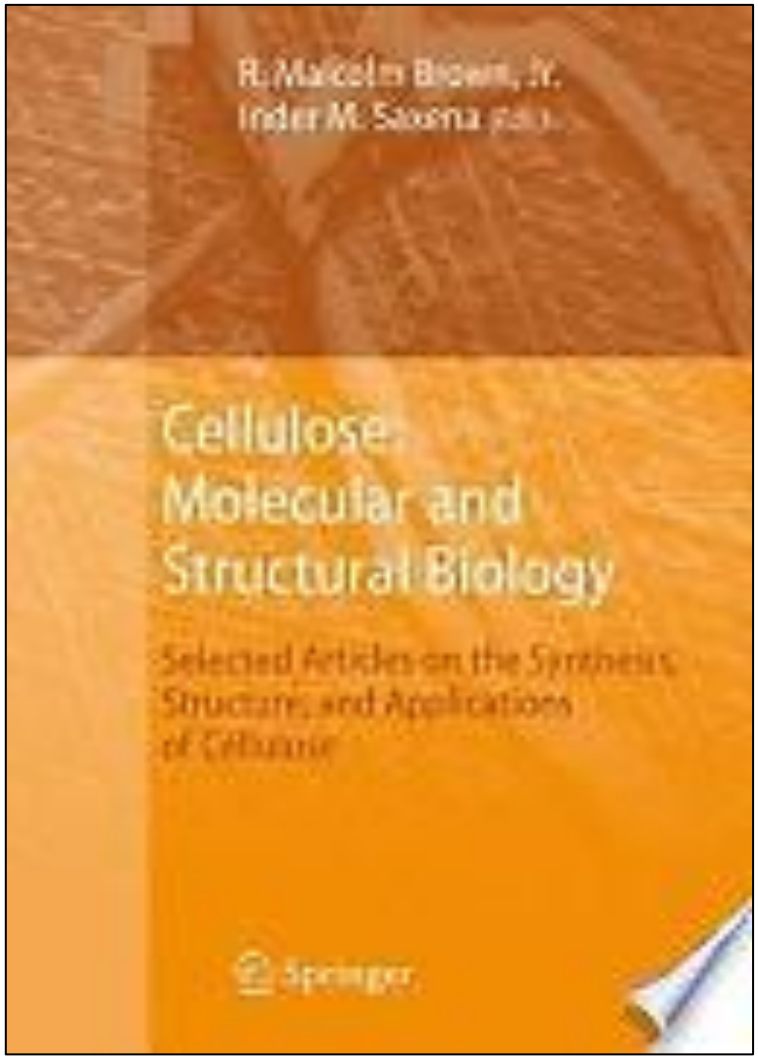

Springer Series in Wood Science
Stephen Y. Lin (Eds.)
Carlton W. Dence
Methods in
Lignin Chemistry
Springer-Verlag

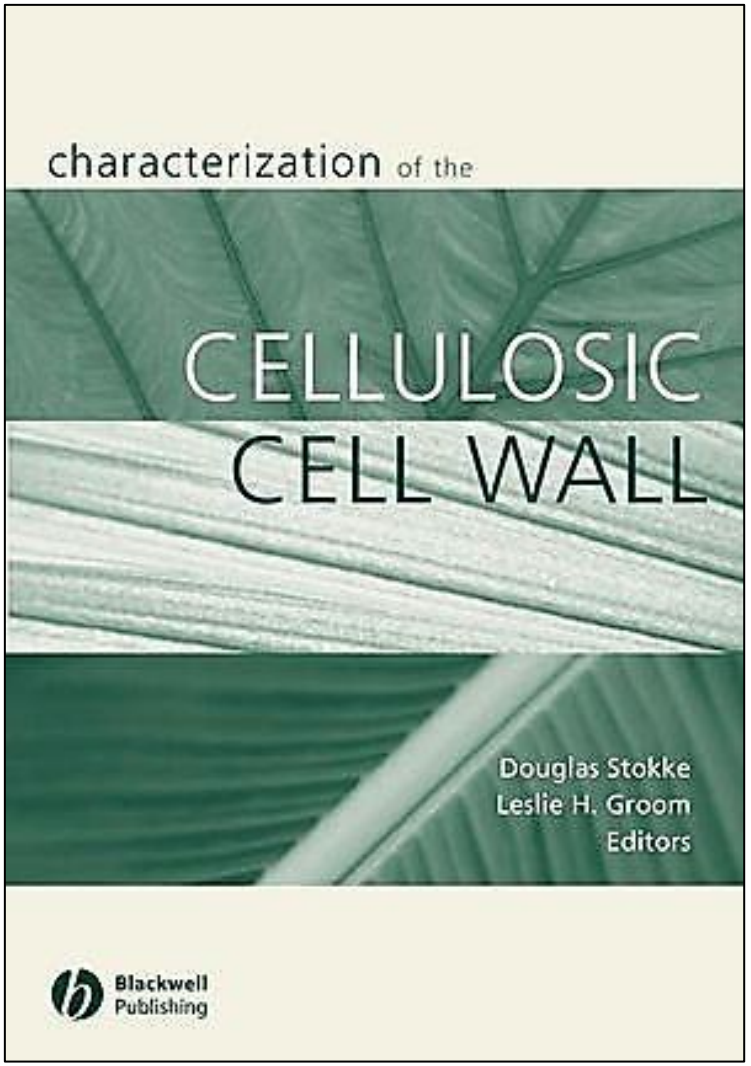

Water in
WOOD
CHRISTEN SKAAR
Syracuse Wood Science Series, 4

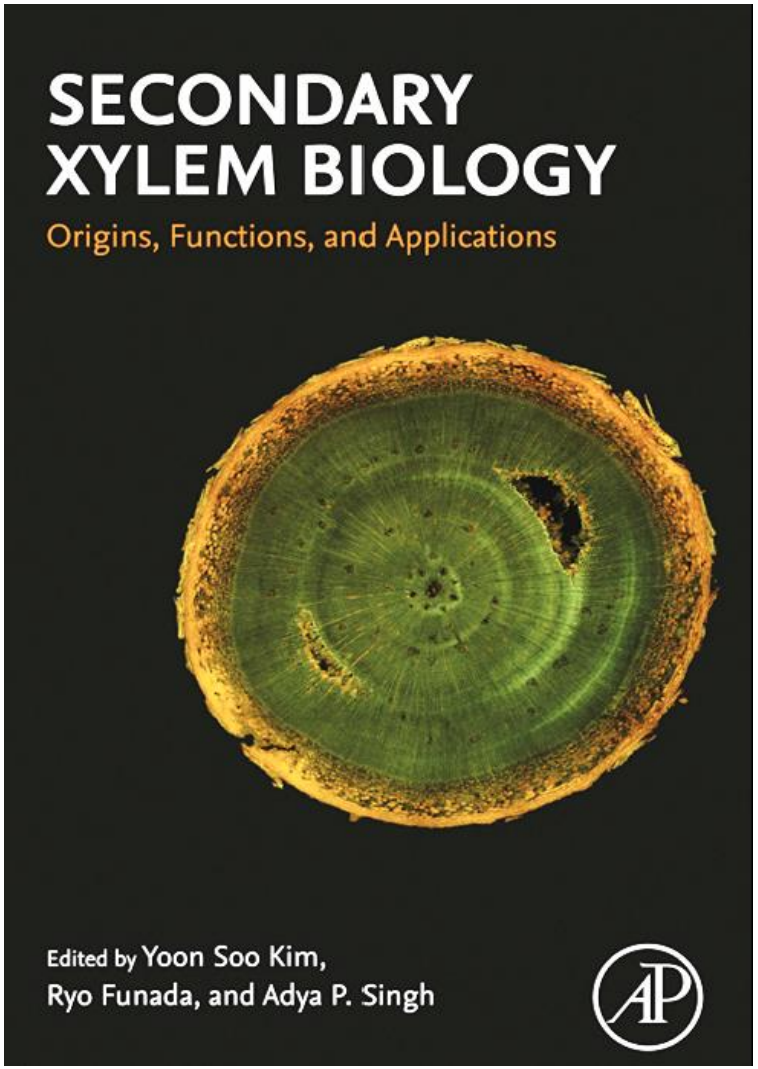

Edited by Thomas Rosenau,
Antje Potthast, and Johannes Hell
CELLULOSE
SCIENCE and
TECHNOLOGY
Chemistry, Analysis, and Applications
WILEY

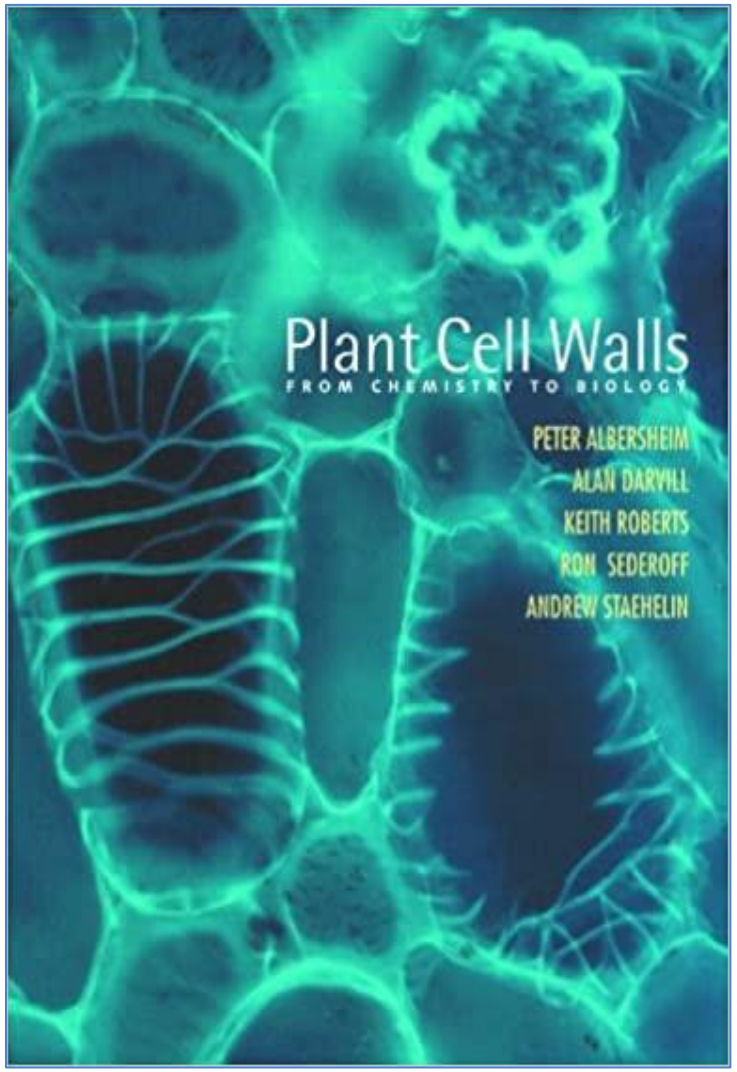

WOOD AND CELLULOSIC CHEMISTRY
second edition, revised and expanded
edited by
David N.-S. Hon
Nobuo Shiraishi

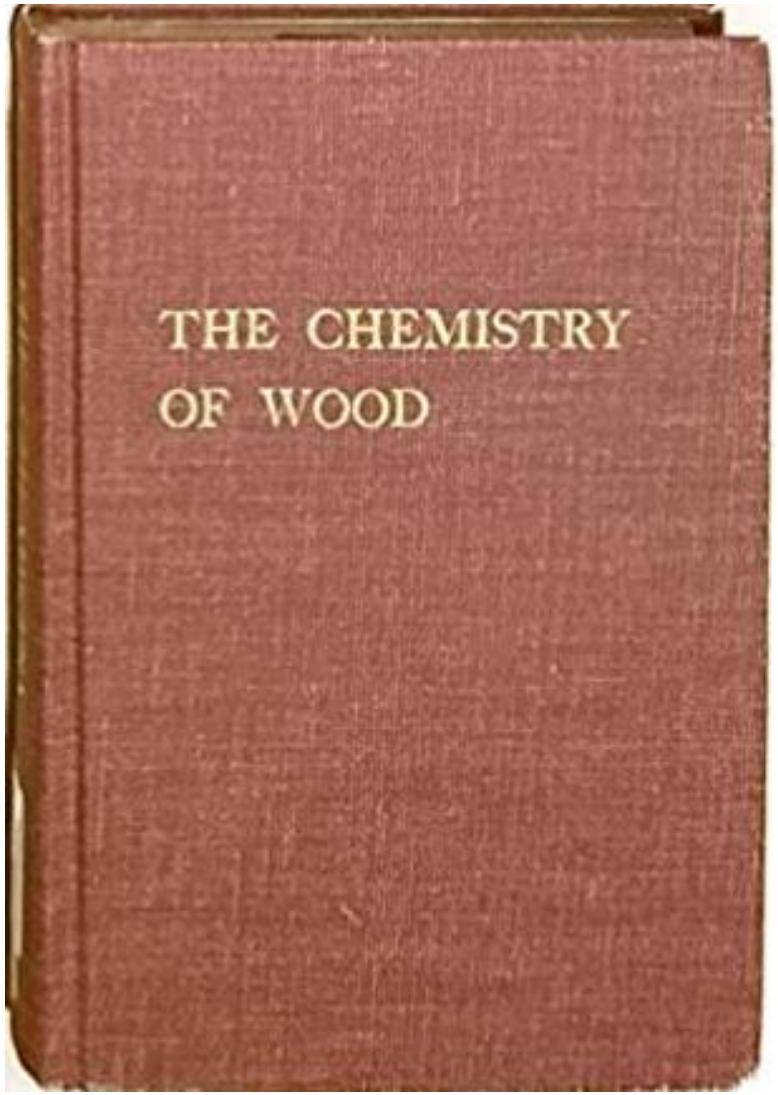

WOOD
CHEMISTRY
Fundamentals
and Applications
Eero Sjöström
Second Edition

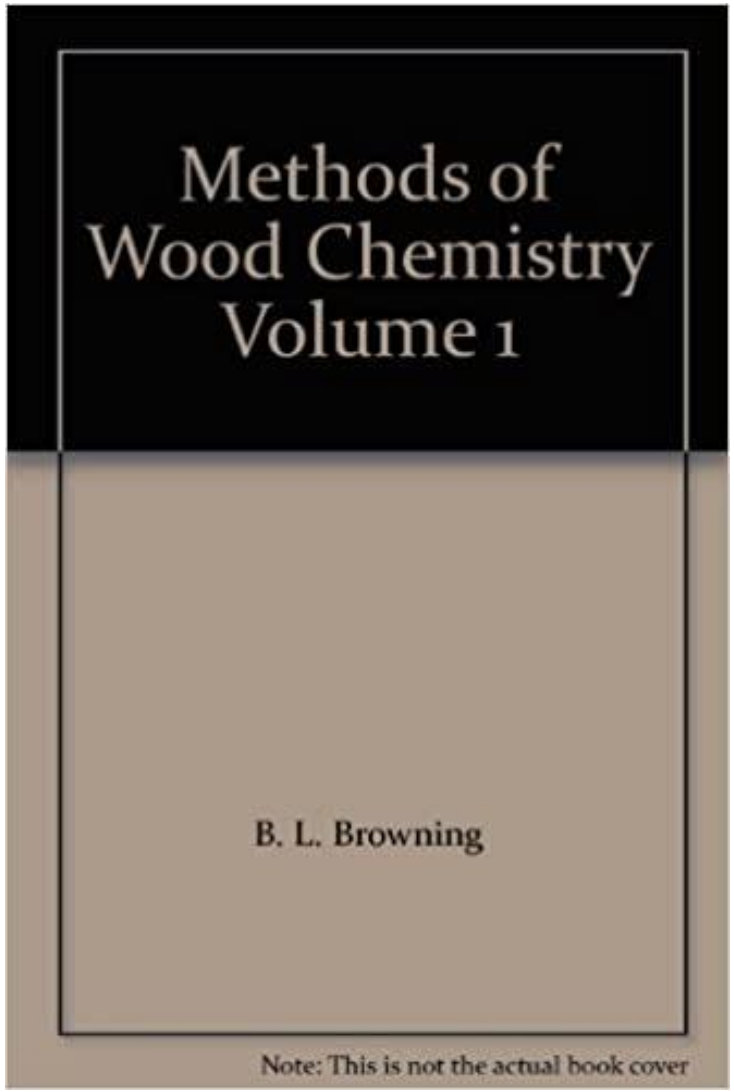

Cellulose:
Molecular and
Structural Biology
Selected Articles on the Synthesis,
Structure, and Applications
of Cellulose
Springer

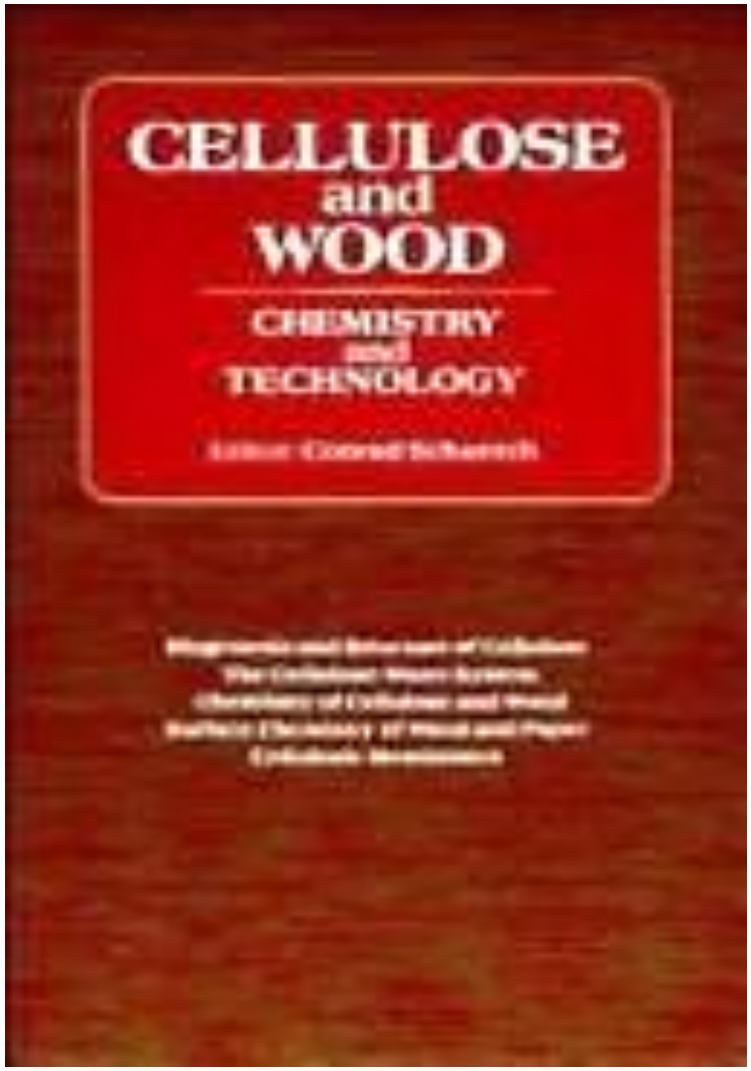

characterization of the
CELLULOSIC
CELL WALL
Douglas Stokke
Leslie H. Groom
Editors
Blackwell
Publishing

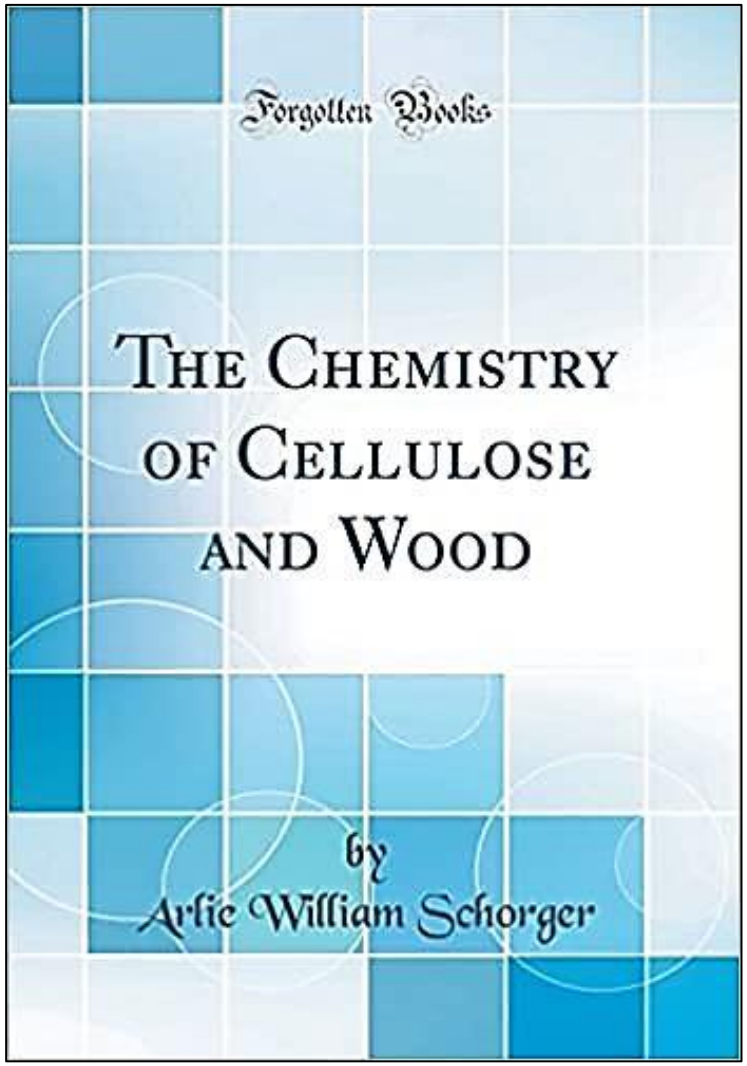

SECONDARY
XYLEM BIOLOGY
Origins, Functions, and Applications
Edited by Yoon Soo Kim,
Ryo Funada, and Adya P. Singh

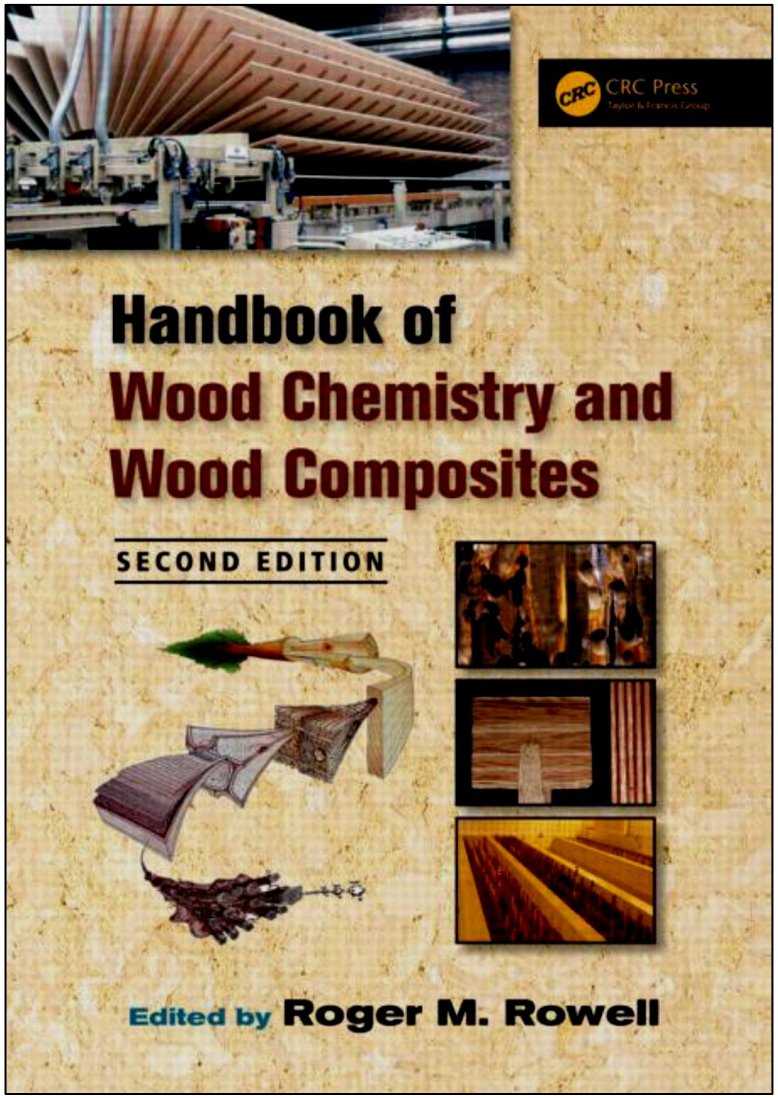

Plant Cell Walls
FROM CHEMISTRY TO BIOLOGY
PETER ALBERSHEIM
ALAN DARVILL
KEITH ROBERTS
RON SEDEROFF
ANDREW STAEHELIN

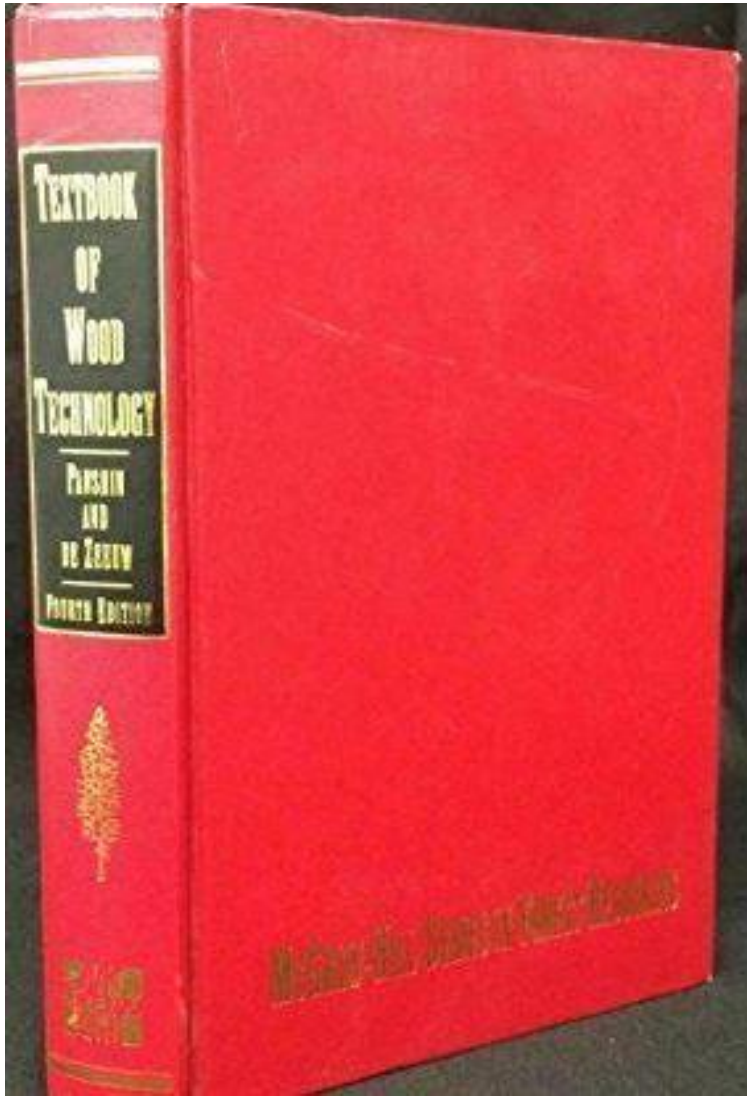

THE CHEMISTRY
OF WOOD


Methods of
Wood Chemistry
Volume 1
B. L. Browning
Note: This is not the actual book cover


CELLULOSE
and
WOOD
CHEMISTRY
and
TECHNOLOGY


Forgotten Books
THE CHEMISTRY
OF CELLULOSE
AND WOOD
by
Arlie William Schorger


CRC Press
Handbook of
Wood Chemistry and
Wood Composites
SECOND EDITION
Edited by Roger M. Rowell


TEXTBOOK
OF
WOOD
TECHNOLOGY

THE FORMATION OF WOOD IN FOREST TREES

[illegible]

EDITED BY

MARTIN H. ZIMMERMANN

ACADEMIC PRESS New York · London

THE CHEMICAL TECHNOLOGY OF WOOD

CELSO EDMUNDO B. FORLEZE

Hermann F. J. Wenzl

TECHNICAL AND SCIENTIFIC CONSULTANT
LUCERNE, SWITZERLAND

Translated from the German by

Friedrich E. Brauns

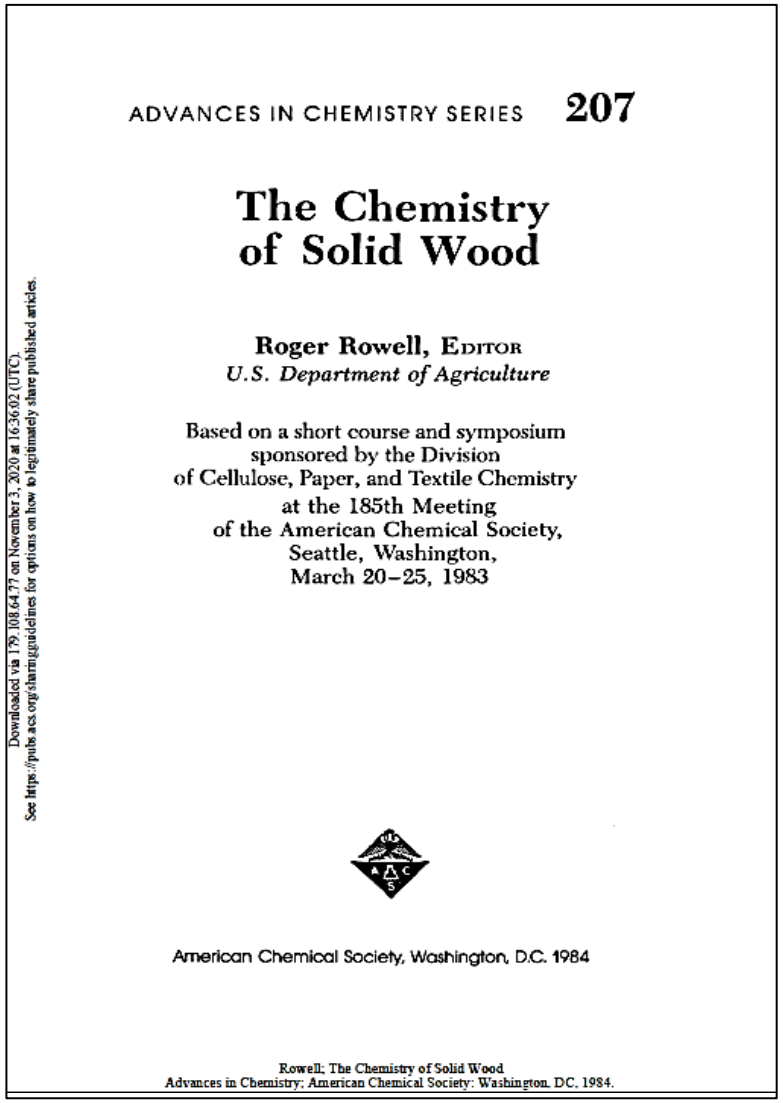
PROFESSOR EMERITUS
THE INSTITUTE OF PAPER CHEMISTRY
APPLETON, WISCONSIN

and

Dorothy A. Brauns

1970

ACADEMIC PRESS New York and London



ADVANCES IN CHEMISTRY SERIES 207

The Chemistry of Solid Wood

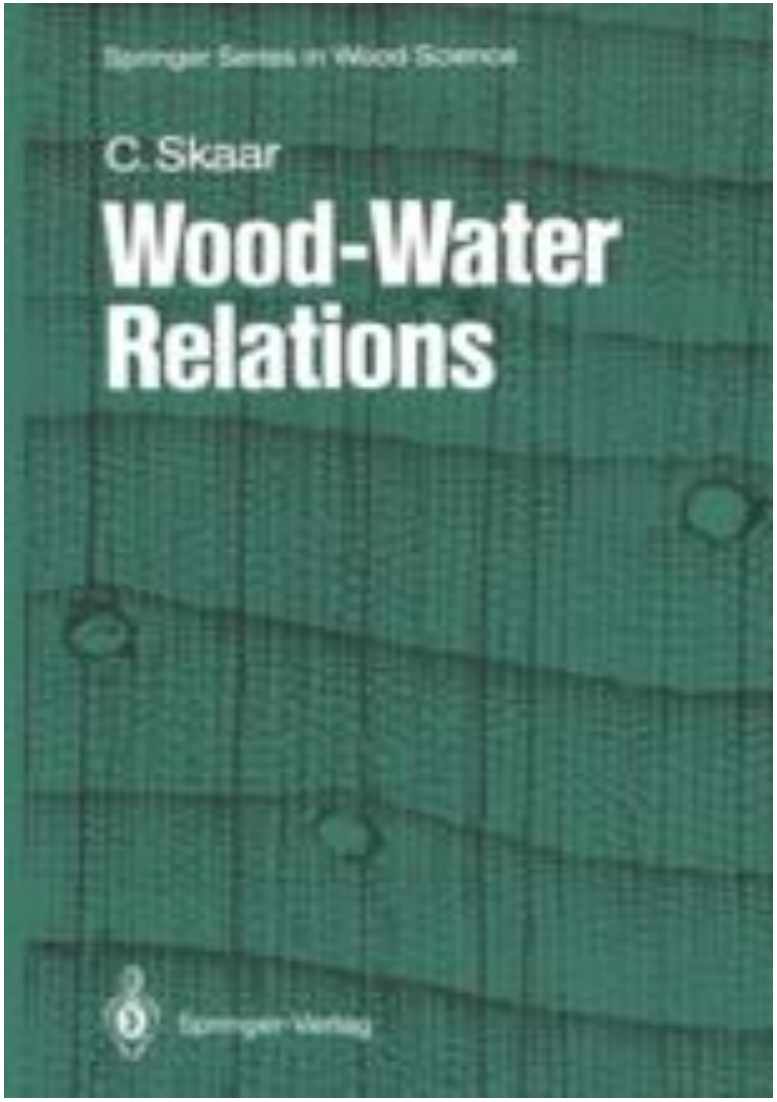
Roger Rowell, EDITOR
U.S. Department of Agriculture

Based on a short course and symposium
sponsored by the Division
of Cellulose, Paper, and Textile Chemistry
at the 185th Meeting
of the American Chemical Society,
Seattle, Washington,
March 20–25, 1983

American Chemical Society, Washington, D.C. 1984

Rowell; The Chemistry of Solid Wood
Advances in Chemistry; American Chemical Society: Washington, DC, 1984.

Downloaded via 179.108.64.77 on November 3, 2020 at 16:36:02 (UTC).
See https://pubs.acs.org/sharingguidelines for options on how to legitimately share published articles.



WOOD AND CELLULOSE SCIENCE

Celso Foelkel

ALFRED J. STAMM

North Carolina State
of the University of North Carolina
at Raleigh

634
S775
1964
c.2

20985/78
08/FEV/78

THE RONALD PRESS COMPANY · NEW YORK

Wood Extractives

and Their Significance to the Pulp and Paper Industries

EDITED BY

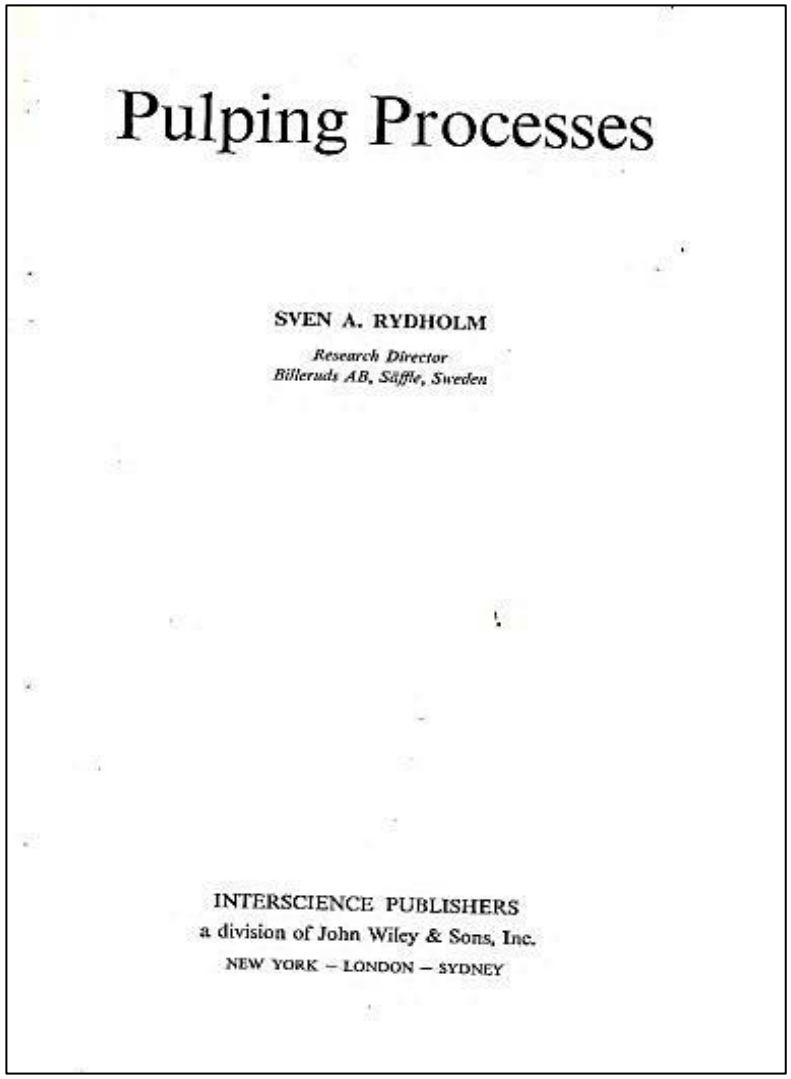
W. E. HILLIS

C.S.I.R.O. Division of Forest Products
Melbourne, Victoria, Australia

1962

ACADEMIC PRESS

New York and London

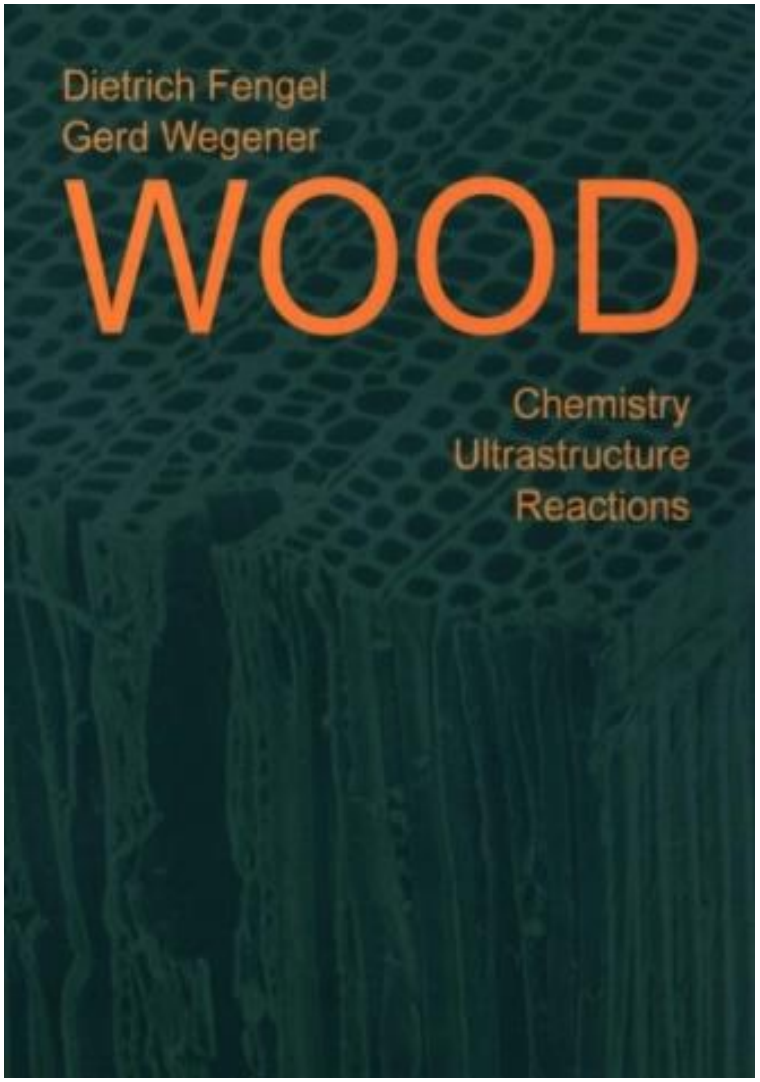


Pulping Processes

SVEN A. RYDHOLM

Research Director
Billeruds AB, Säffle, Sweden

INTERSCIENCE PUBLISHERS
a division of John Wiley & Sons, Inc.
NEW YORK – LONDON – SYDNEY



Qualidade da madeira de eucalipto proveniente de plantações no Brasil

Graziela Baptista Vidaurre
João Gabriel Missia da Silva
Jordão Cabral Moulin
Angélica de Cássia Oliveira Carneiro
(Organizadores)

EDUFES

BOTÁNICA MORFOLÓGICA

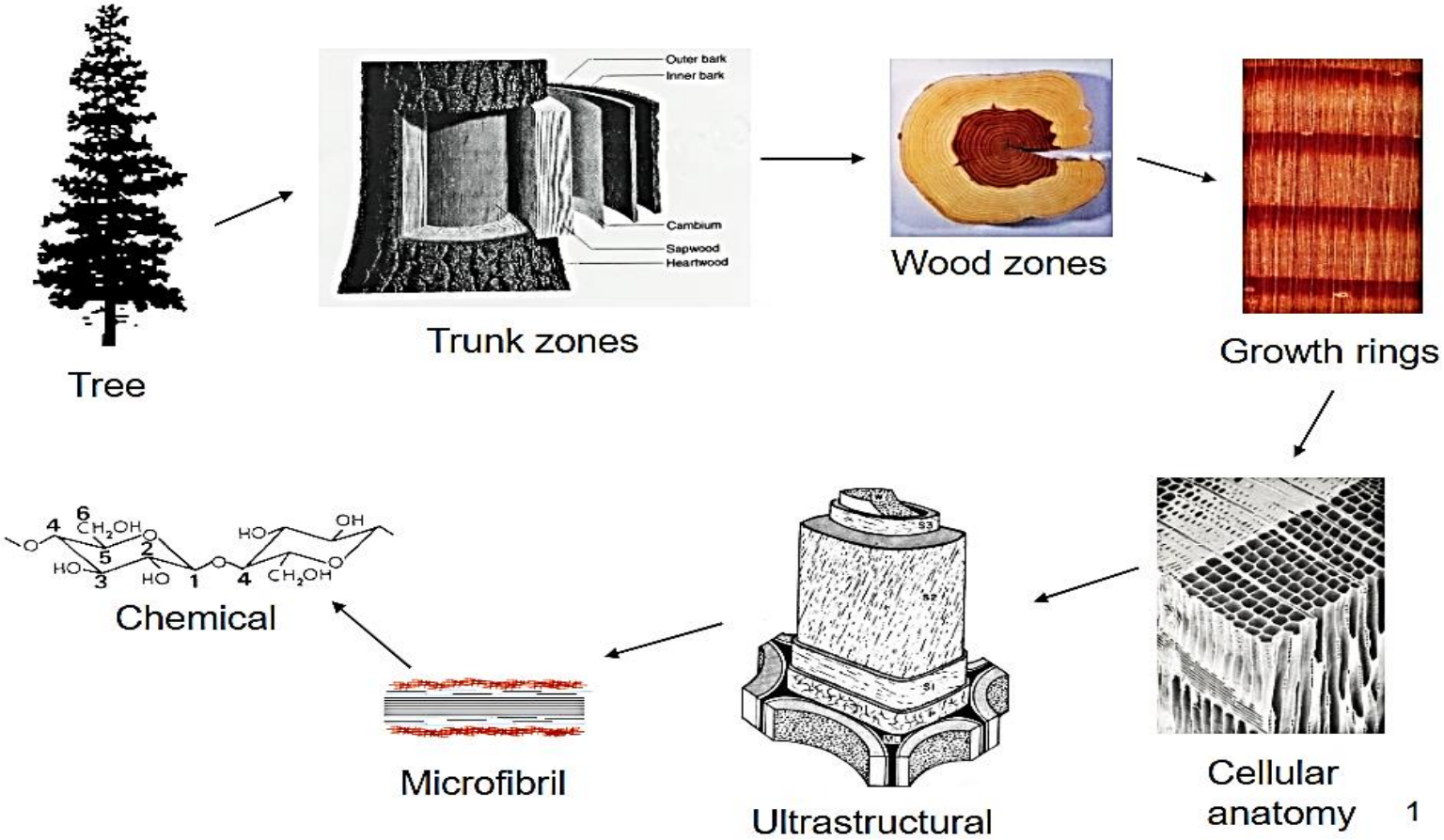
Morfología de Plantas Vasculares

Complemento Teórico 2019

Facultad de Ciencias Agrarias
UNNE

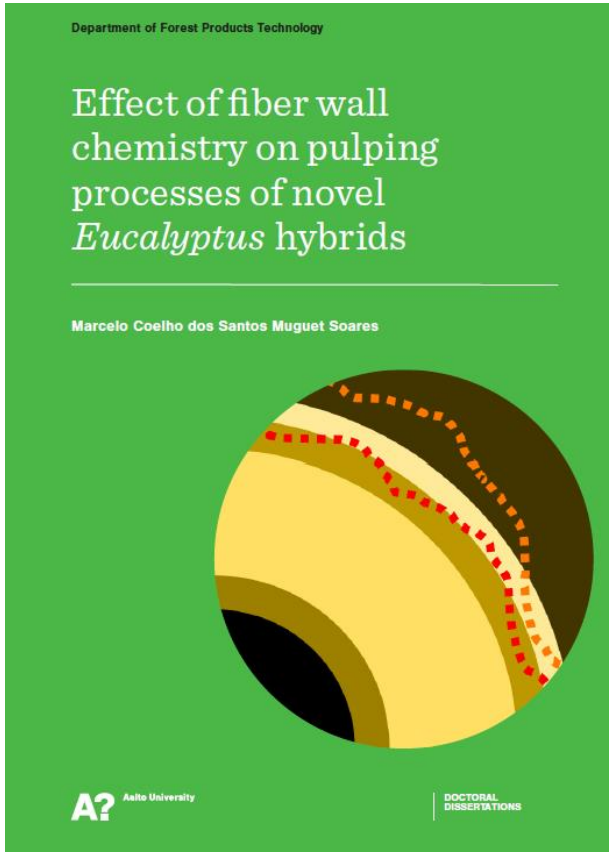
Material de ibre distribución, prohibida su venta.
(C) Facultad de Ciencias Agrarias, UNNE

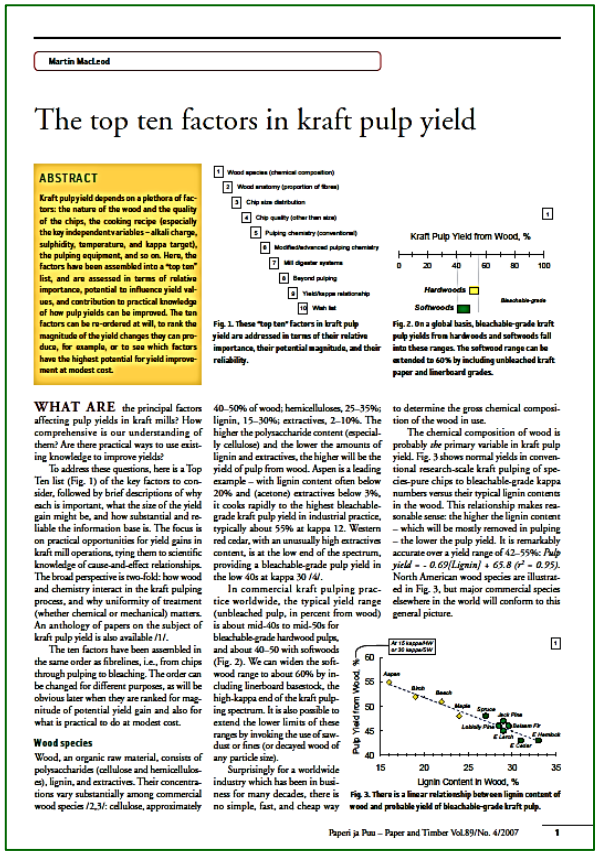
Aqui está resumidamente a nossa rota didática nesse curso

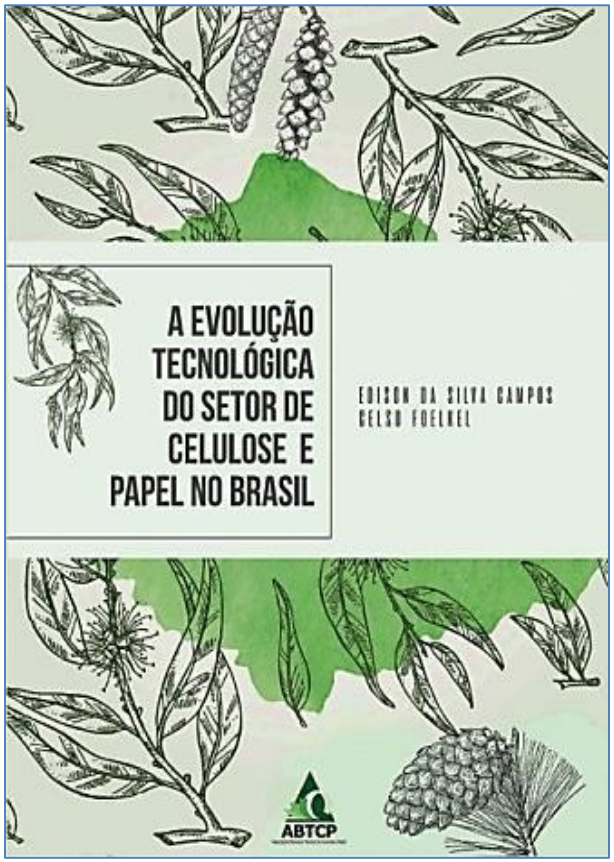


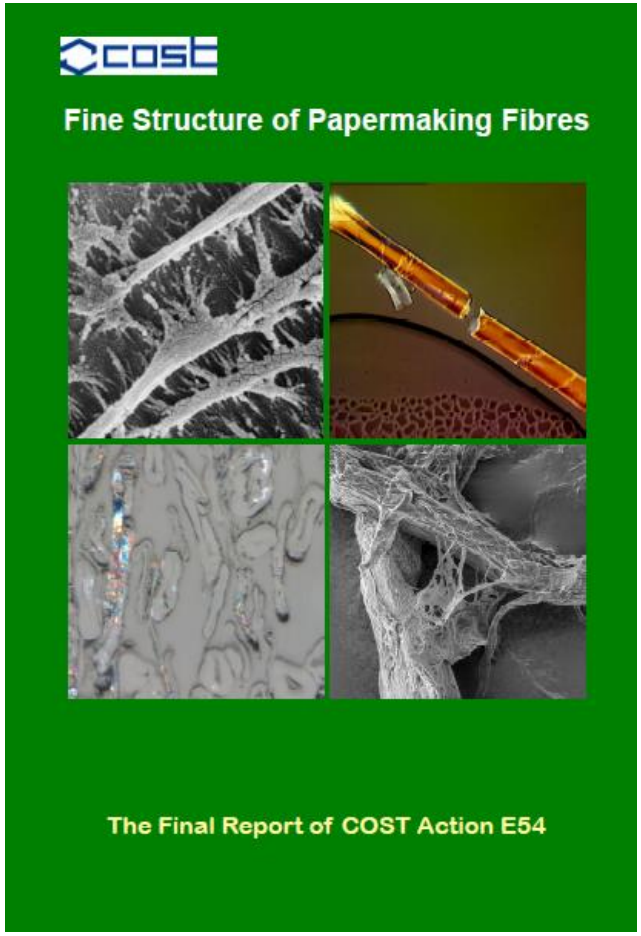
***Fonte da Imagem*:** https://studylib.net/doc/5797030/wood-280-13w-%E2%80%93--6--wood-chemistry-and-ultrastructure

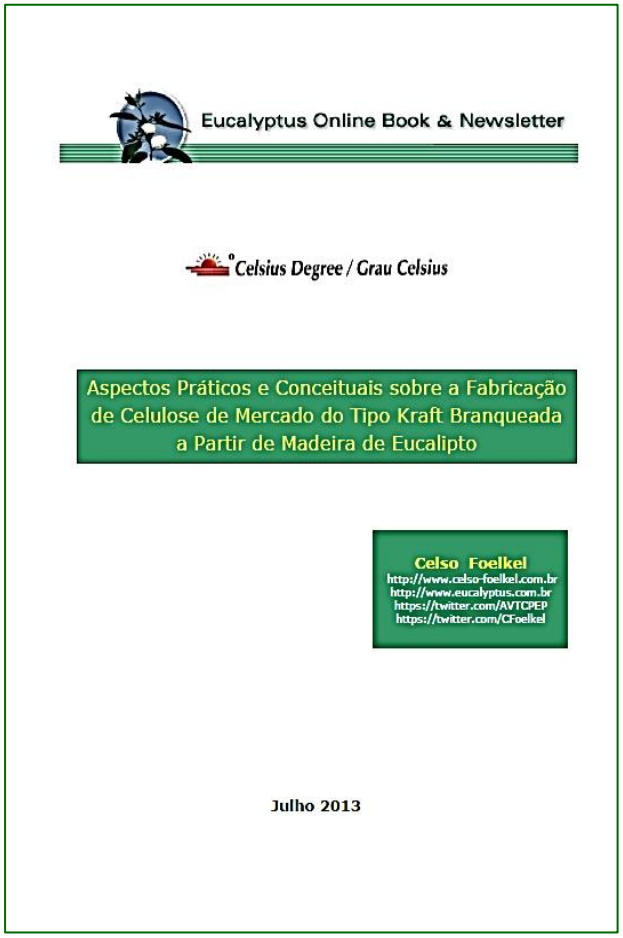
Passando também por efeitos nos processos de polpação e qualidade das polpas como muito bem estudado em alguns materiais também disponibilizados

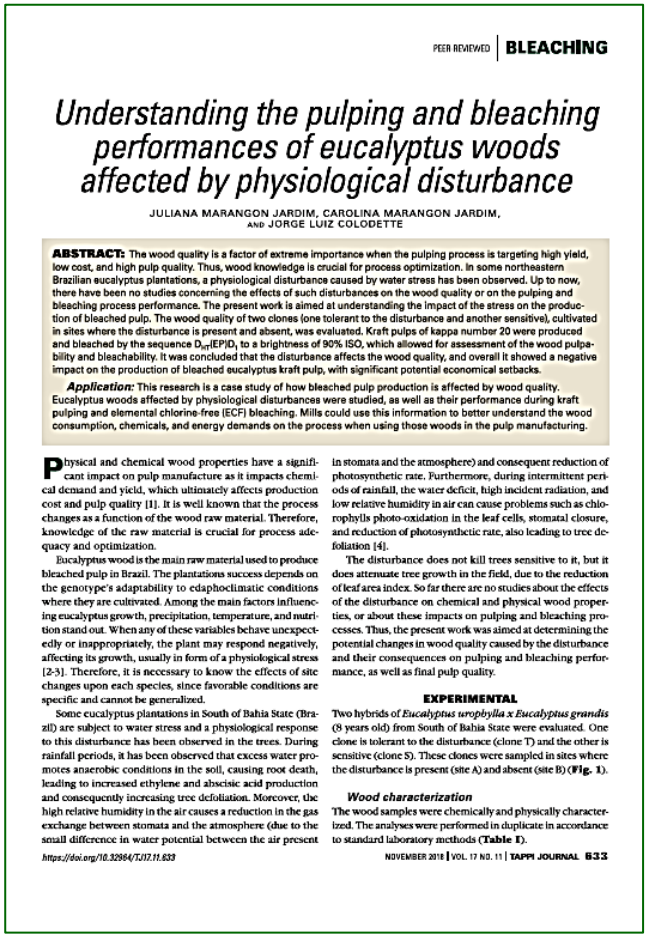












PEER REVIEWED | BLEACHING

Understanding the pulping and bleaching performances of eucalyptus woods affected by physiological disturbance

JULIANA MARANGON JARDIM, CAROLINA MARANGON JARDIM, AND JORGE LUIZ COLODETTE

ABSTRACT: The wood quality is a factor of extreme importance when the pulping process is targeting high yield, low cost, and high pulp quality. Thus, wood knowledge is crucial for process optimization. In some northeastern Brazilian eucalyptus plantations, a physiological disturbance caused by water stress has been observed. Up to now, there have been no studies concerning the effects of such disturbances on the wood quality or on the pulping and bleaching process performance. The present work is aimed at understanding the impact of the stress on the production of bleached pulp. The wood quality of two clones (one tolerant to the disturbance and another sensitive), cultivated in sites where the disturbance is present and absent, was evaluated. Kraft pulps of kappa number 20 were produced and bleached by the sequence $D_{HT}(EP)D_1$ to a brightness of 90% ISO, which allowed for assessment of the wood pulpability and bleachability. It was concluded that the disturbance affects the wood quality, and overall it showed a negative impact on the production of bleached eucalyptus kraft pulp, with significant potential economical setbacks.

Application: This research is a case study of how bleached pulp production is affected by wood quality. Eucalyptus woods affected by physiological disturbances were studied, as well as their performance during kraft pulping and elemental chlorine-free (ECF) bleaching. Mills could use this information to better understand the wood consumption, chemicals, and energy demands on the process when using those woods in the pulp manufacturing.

Physical and chemical wood properties have a significant impact on pulp manufacture as it impacts chemical demand and yield, which ultimately affects production cost and pulp quality [1]. It is well known that the process changes as a function of the wood raw material. Therefore, knowledge of the raw material is crucial for process adequacy and optimization.

Eucalyptus wood is the main raw material used to produce bleached pulp in Brazil. The plantations success depends on the genotype's adaptability to edaphoclimatic conditions where they are cultivated. Among the main factors influencing eucalyptus growth, precipitation, temperature, and nutrition stand out. When any of these variables behave unexpectedly or inappropriately, the plant may respond negatively, affecting its growth, usually in form of a physiological stress [2-3]. Therefore, it is necessary to know the effects of site changes upon each species, since favorable conditions are specific and cannot be generalized.

Some eucalyptus plantations in South of Bahia State (Brazil) are subject to water stress and a physiological response to this disturbance has been observed in the trees. During rainfall periods, it has been observed that excess water promotes anaerobic conditions in the soil, causing root death, leading to increased ethylene and abscisic acid production and consequently increasing tree defoliation. Moreover, the high relative humidity in the air causes a reduction in the gas exchange between stomata and the atmosphere (due to the small difference in water potential between the air present in stomata and the atmosphere) and consequent reduction of photosynthetic rate. Furthermore, during intermittent periods of rainfall, the water deficit, high incident radiation, and low relative humidity in air can cause problems such as chlorophylls photo-oxidation in the leaf cells, stomatal closure, and reduction of photosynthetic rate, also leading to tree defoliation [4].

The disturbance does not kill trees sensitive to it, but it does attenuate tree growth in the field, due to the reduction of leaf area index. So far there are no studies about the effects of the disturbance on chemical and physical wood properties, or about these impacts on pulping and bleaching processes. Thus, the present work was aimed at determining the potential changes in wood quality caused by the disturbance and their consequences on pulping and bleaching performance, as well as final pulp quality.

EXPERIMENTAL

Two hybrids of *Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis* (8 years old) from South of Bahia State were evaluated. One clone is tolerant to the disturbance (clone T) and the other is sensitive (clone S). These clones were sampled in sites where the disturbance is present (site A) and absent (site B) (**Fig. 1**).

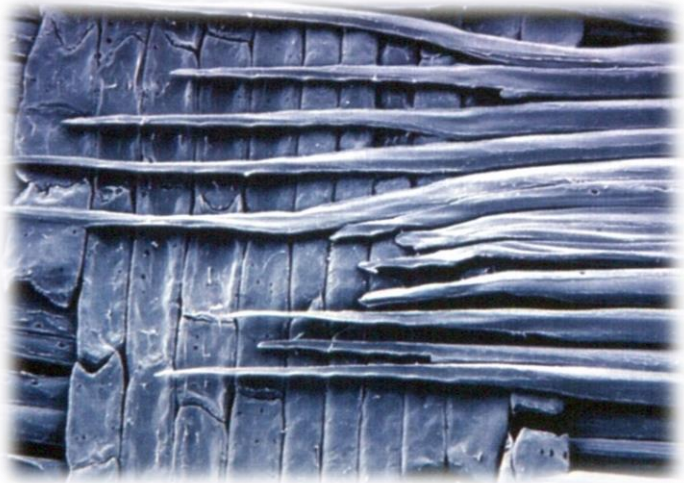
Wood characterization

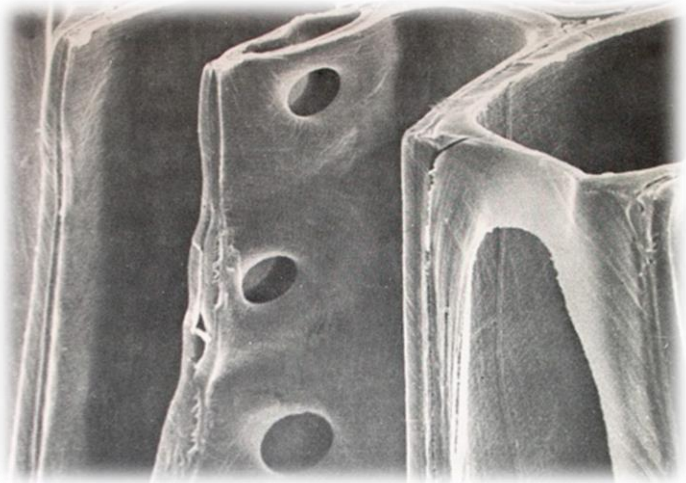
The wood samples were chemically and physically characterized. The analyses were performed in duplicate in accordance to standard laboratory methods (**Table I**).

https://doi.org/10.32964/TJ17.11.633

NOVEMBER 2018 | VOL. 17 NO. 11 | TAPPI JOURNAL 633

Conteúdo do curso para atendimento dos objetivos e metas anteriormente mencionados:





1. ***Assim é a Madeira – Principal Matéria-Prima para a Fabricação das Polpas Celulósicas e dos Papéis***

2. ***A Formação da Madeira (Xilogênese) pelas Árvores***
   - ***2.1. O Reino Vegetal e as Plantas Formadoras de Madeira***

2.2. O Processo de Formação da Madeira pelas Plantas Superiores

2.3. Formação e Espessamento da Parede Celular

2.4. Ultraestrutura da Parede Celular das Madeiras

2.5. Topoquímica da Madeira e sua Importância

3. Anéis de Crescimento, Lenhos, Madeira Juvenil & Adulta, Cerne & Alburno

4. Conceitos Básicos sobre os Principais Componentes das Madeiras de Eucalyptus & Pinus

4.1. Holocelulose

4.2. Celulose

4.3. Hemiceluloses

4.4. Lignina

4.5. Extrativos

4.6. Cinzas

5. Composições Químicas das Madeiras de Eucalyptus & Pinus

6. Metodologias de Ensaio em Química da Madeira

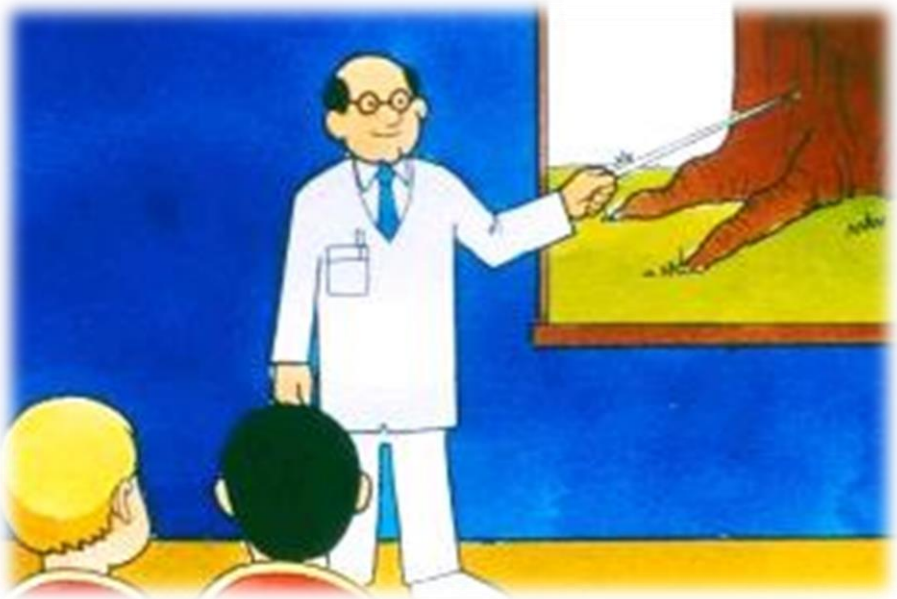
7. Defeitos de Formação das Madeiras (Madeiras de Reação; Efeitos de Estresses de Crescimento, Térmico e Hídrico; Efeitos de Ventos Fortes; Ataques de Patógenos)

8. Relações dos Constituintes da Madeira com o Processo de Polpação Kraft

9. Palavras de Encerramento de Celso Foelkel

10. Uma Coletânea Bibliográfica sobre Formação, Ultraestrutura, Química e Topoquímica das Madeiras

Tema 1: Assim é a Madeira – Principal Matéria-Prima para a Fabricação das Polpas Celulósicas e dos Papéis



A madeira é um material natural, heterogêneo, anisotrópico, utilíssimo, biodegradável e muito abundante na Natureza

Madeira é formada por vegetais superiores, denominados de Ginospermas (Coníferas) e Angiospermas Dicotiledôneas (Folhosas). As madeiras são formadas por células especializadas de natureza meristemática ou embrionária.

Apesar de as madeiras serem heterogêneas, elas possuem poucos elementos estruturais principais em sua constituição: Fibras libriformes, traqueídos, elementos de vaso, células de parênquima, células formadoras de resinas e de gomas (extrativos), dentre outras poucas mais...

Dentro de um mesmo gênero ou espécie taxonômica, as madeiras e seus constituintes anatômicos podem guardar semelhanças e através das suas estruturas é possível se diferenciar as espécies através de técnicas macro ou microscópicas

Como as madeiras são muito abundantes e de ampla utilidade, qualquer cidadão do planeta acaba tomando contato com elas

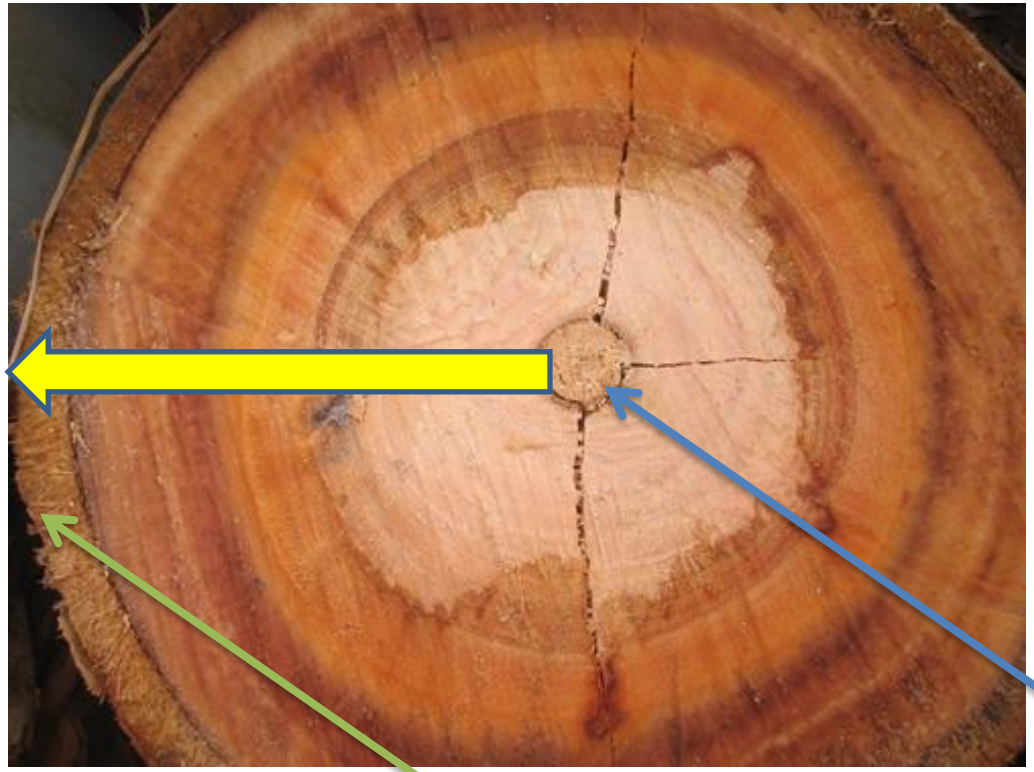
As células que compõem a madeira são pequenas, mas caso alguma pessoa queira olhar mais sobre elas, com uma lupa, já se pode ter uma visão interessante dessas estruturas – Porém é o microscópio que nos permite ficarmos apaixonados pelas suas paisagens anatômicas

Para fins de entendimento das dimensões principais dos constituintes anatômicos das madeiras, está apresentada uma tabela resumo contando as prováveis dimensões dos principais elementos celulares de madeiras industriais usadas no Brasil

Componente	*Dimensão*	*Eucalyptus*	*Pinus*	*Araucaria*
Fibras ou Traqueídos	Comprimento mm	0,7 a 1,2	2,2 a 3,2	4,0 a 6,0
	Diâmetro µm	12 a 20	35 a 60	45 a 65
Elementos de Vasos	Comprimento µm	100 a 500	Não possuem	Não possuem
	Diâmetro µm	40 a 180	Não possuem	Não possuem
Células de Parênquima Radial	Comprimento µm	50 a 80	80 a 150	50 a 100
	Diâmetro µm	15 a 20	15 a 25	10 a 20

Madeira – Um produto natural e heterogêneo

Apenas recordando:



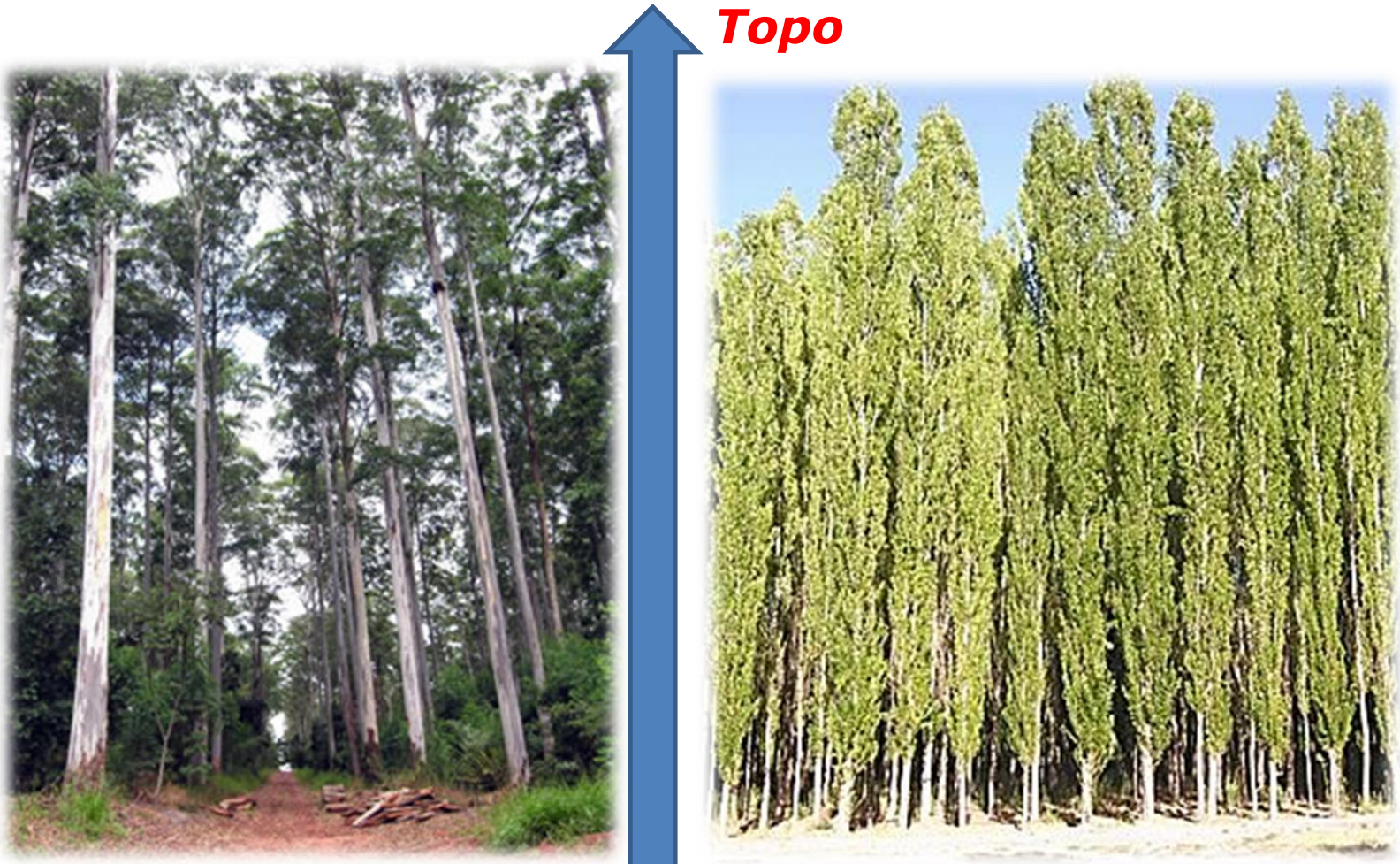
Sentido ou direção

Medula → Casca

Medula (que representa a região central de madeira na tora, formada pelo meristema primário apical do tronco)

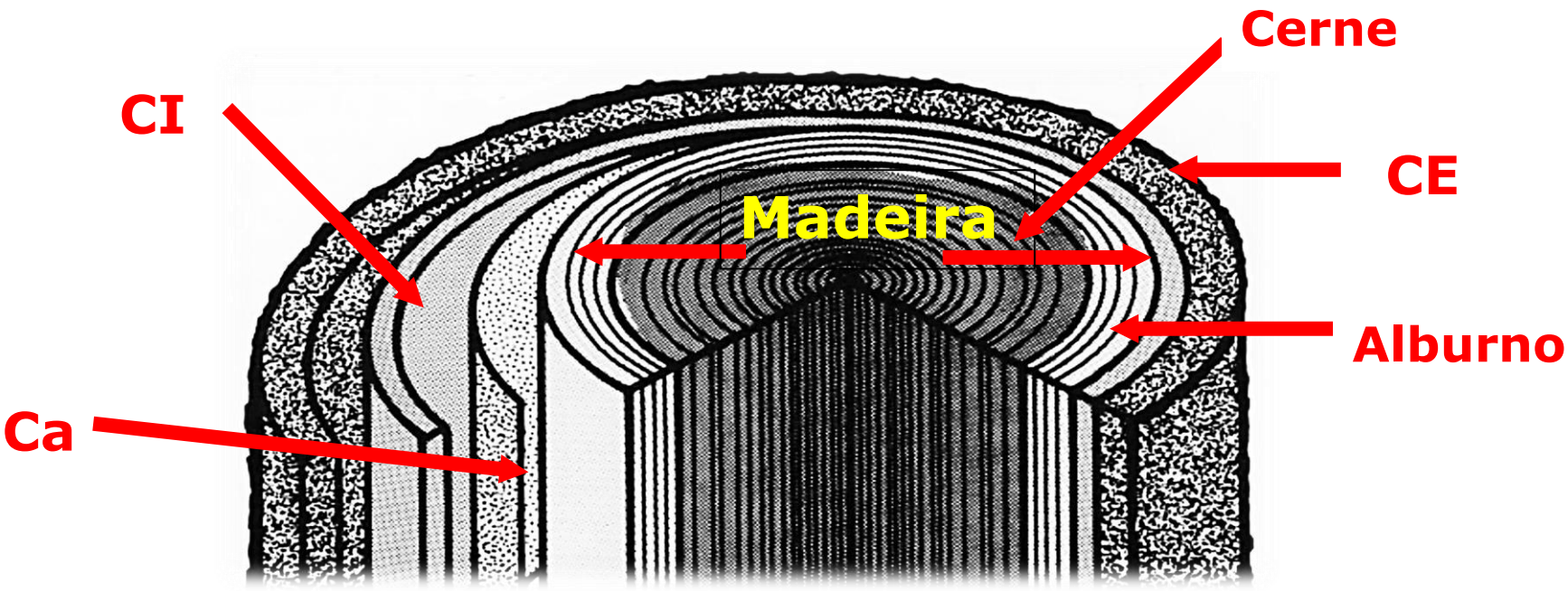
Casca

Apenas recordando:



Sentido Base ➔ Topo

Apenas recordando:

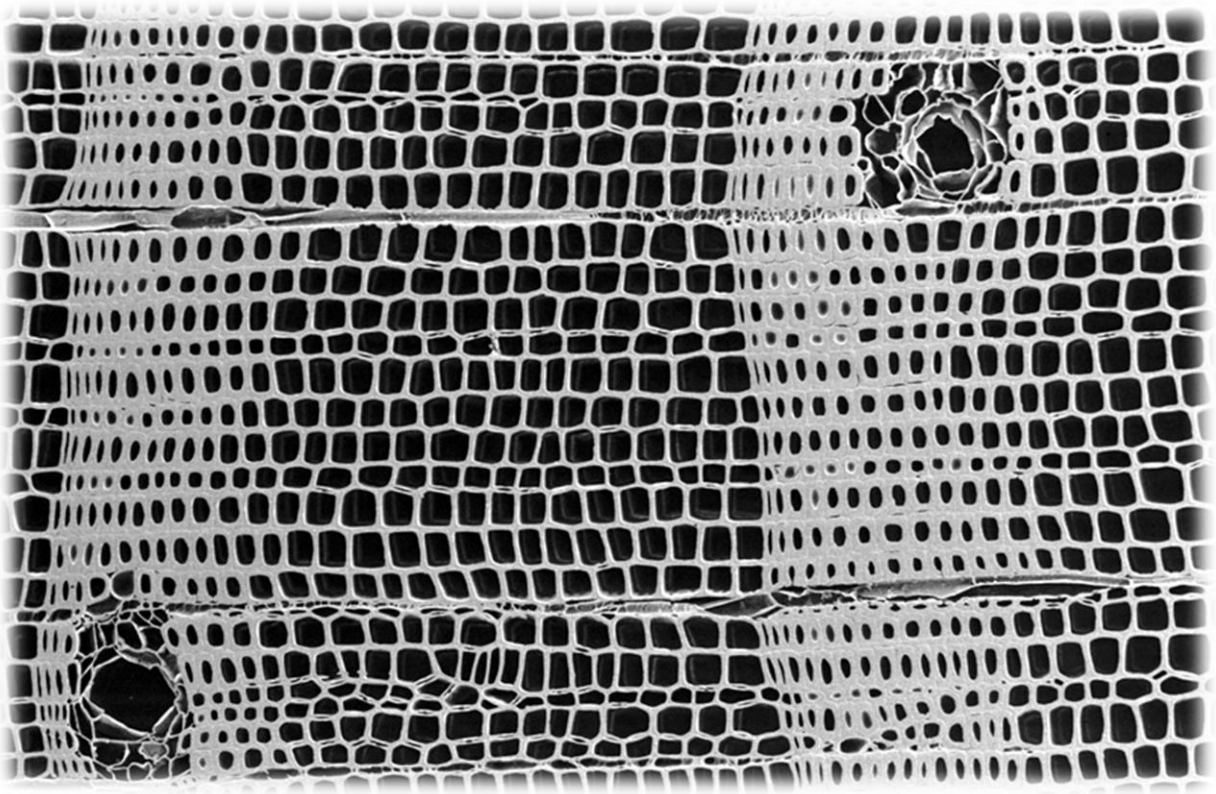


NÃO É MADEIRA:

Casca externa (Súber - CE) – Casca interna (Floema - CI) – Câmbio (Ca)

MADEIRA (M) ou XILEMA: Alburno - Cerne

Apenas recordando:

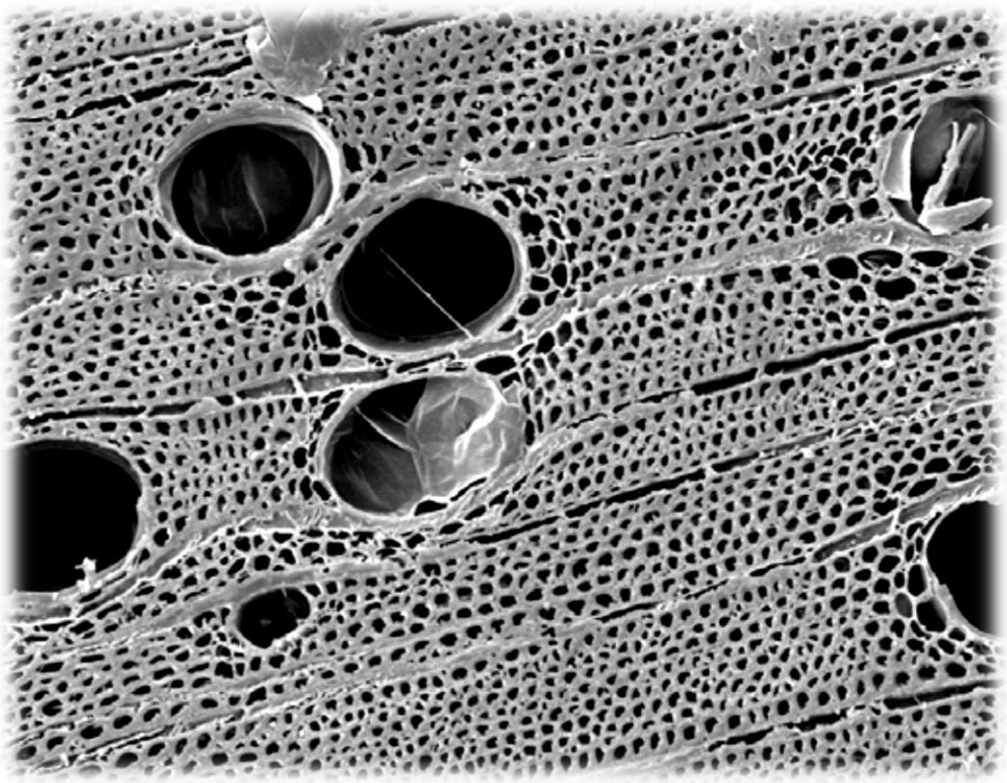


Madeira de Coníferas

Lenho Inicial – Lenho Tardio - Traqueídos

Células Secretoras Resina - Canal de Resina – Parênquima Radial

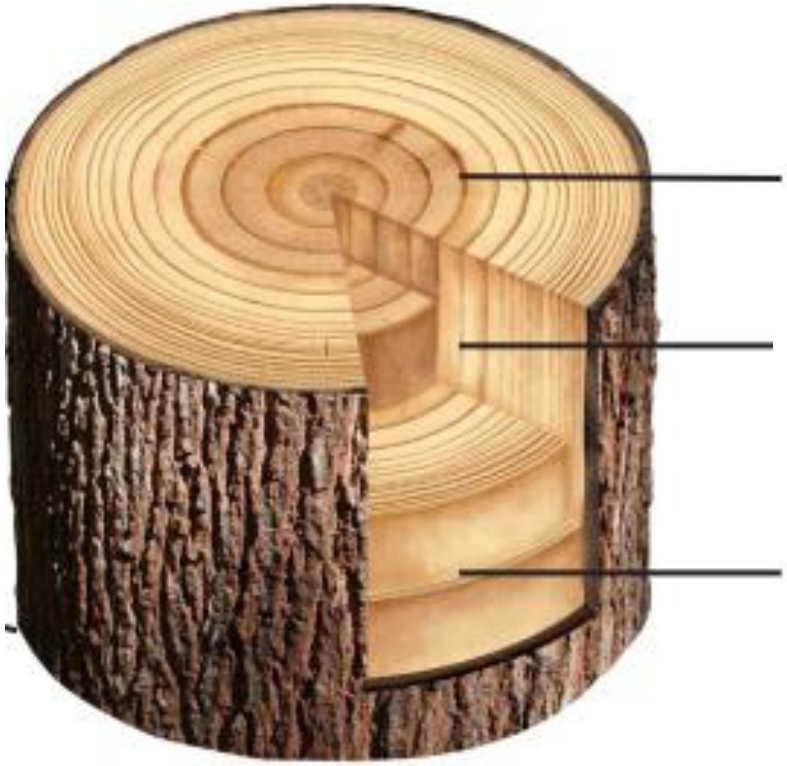
Apenas recordando:



Madeira de Folhosas

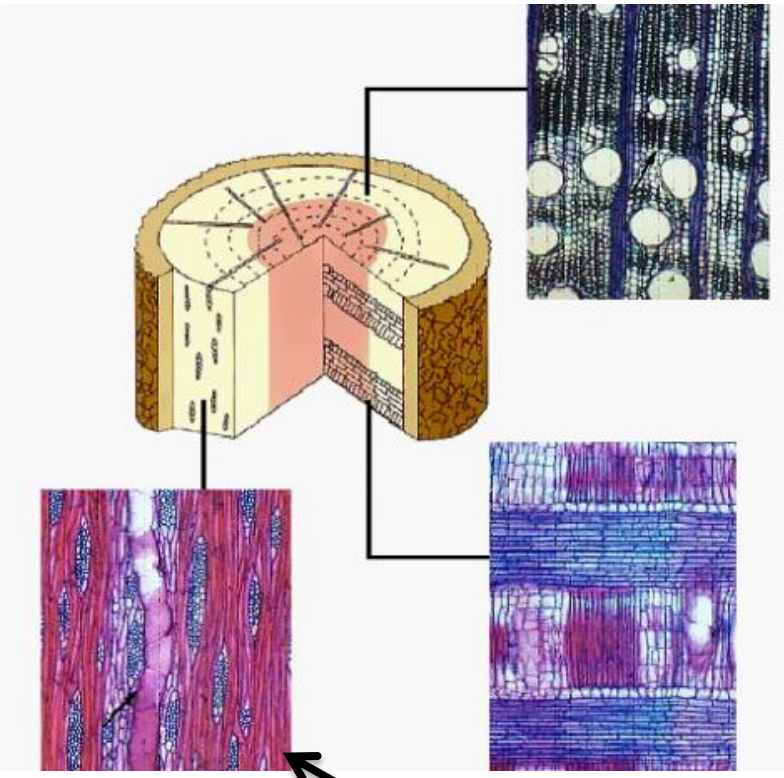
Elementos de Vaso – Parênquima Radial – Parênquima Axial – Fibras Libriformes e Tilose

Apenas recordando:



Adaptado de: https://lrfl.paginas.ufsc.br/files/2016/05/Documentos-194-EMBRAPA-identifica%C3%A7%C3%A3o-macrosc%C3%B3pica-de-Madeiras.pdf

Apenas recordando:



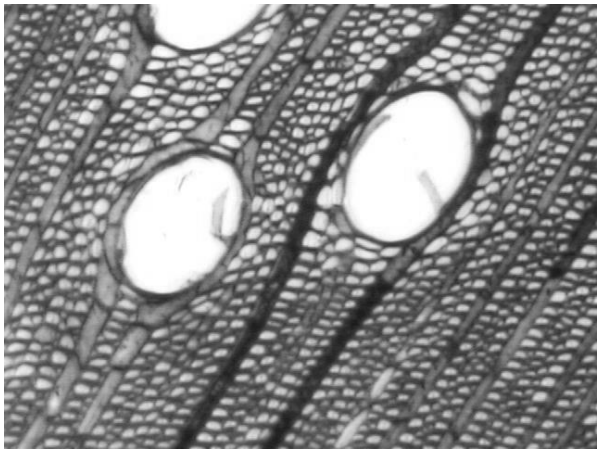
Seção transversal

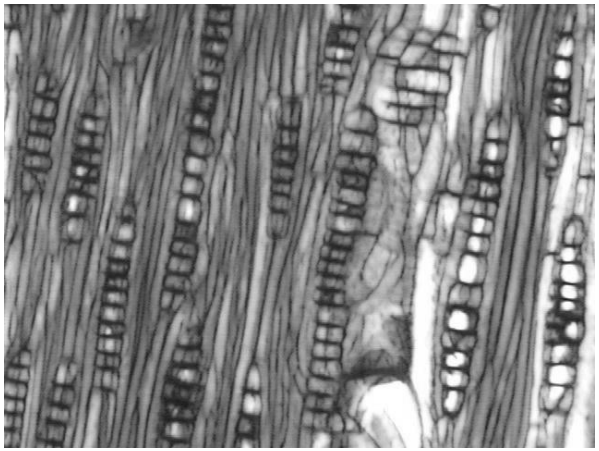
Seção longitudinal radial

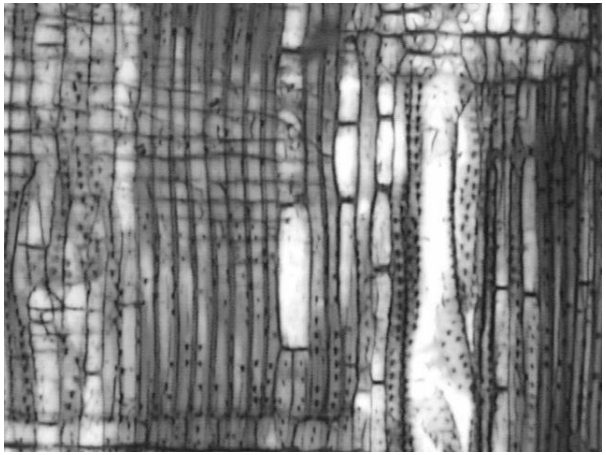
Seção longitudinal tangencial

Adaptado de: https://lrfl.paginas.ufsc.br/files/2016/05/Documentos-194-EMBRAPA-identifica%C3%A7%C3%A3o-macrosc%C3%B3pica-de-Madeiras.pdf

Apenas recordando:





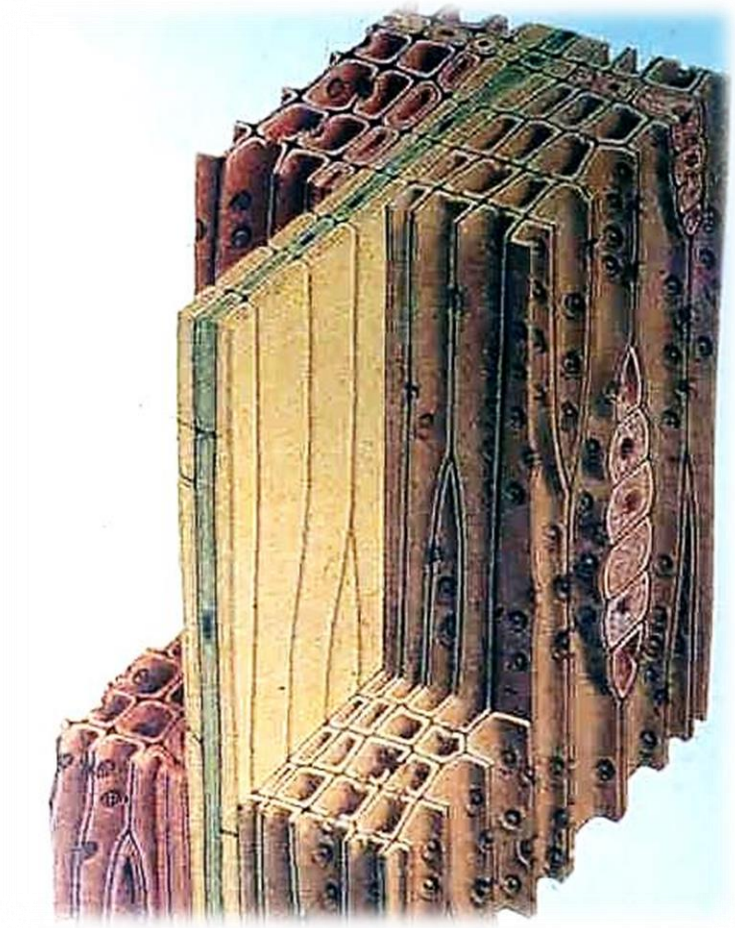


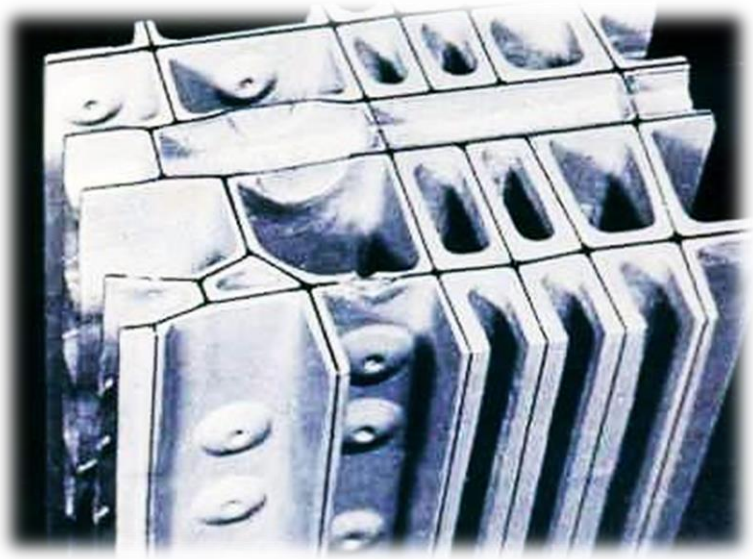
As três seções de estudo de uma madeira

Transversal – Longitudinal Tangencial – Longitudinal Radial

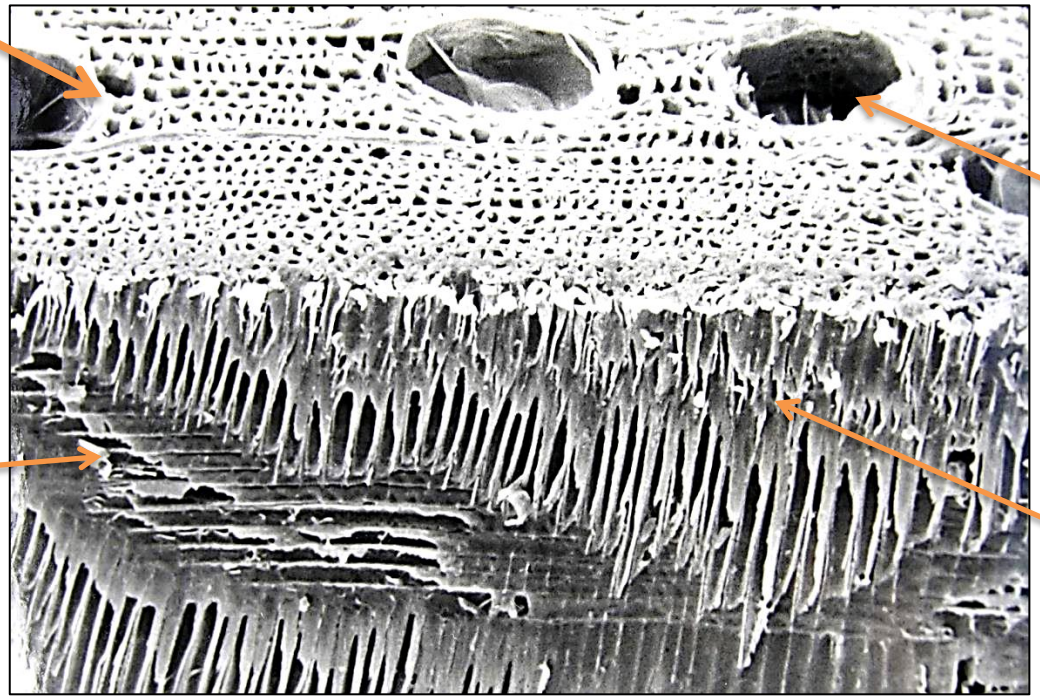
Apenas recordando:

Apenas recordando:





Parênquima axial

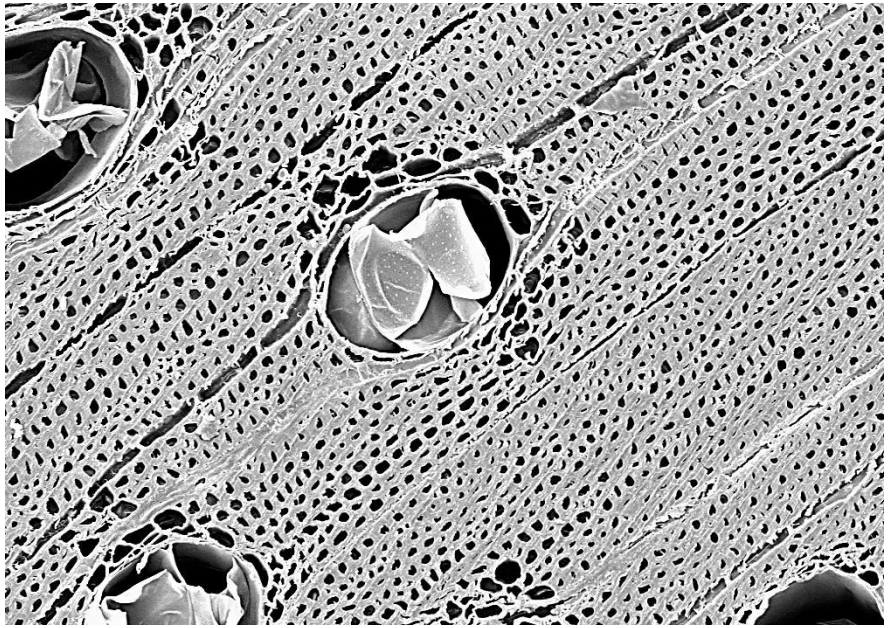


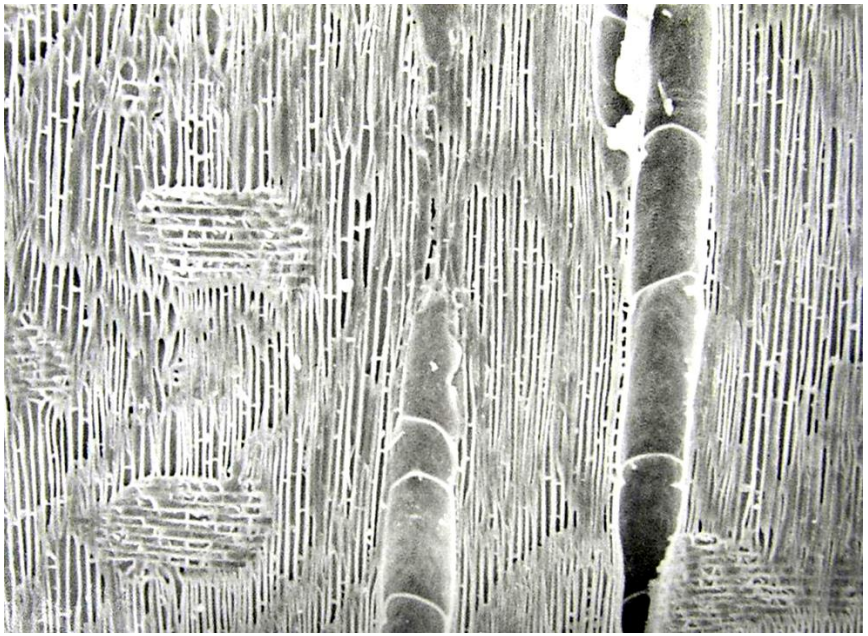
Vaso

Parênquima radial

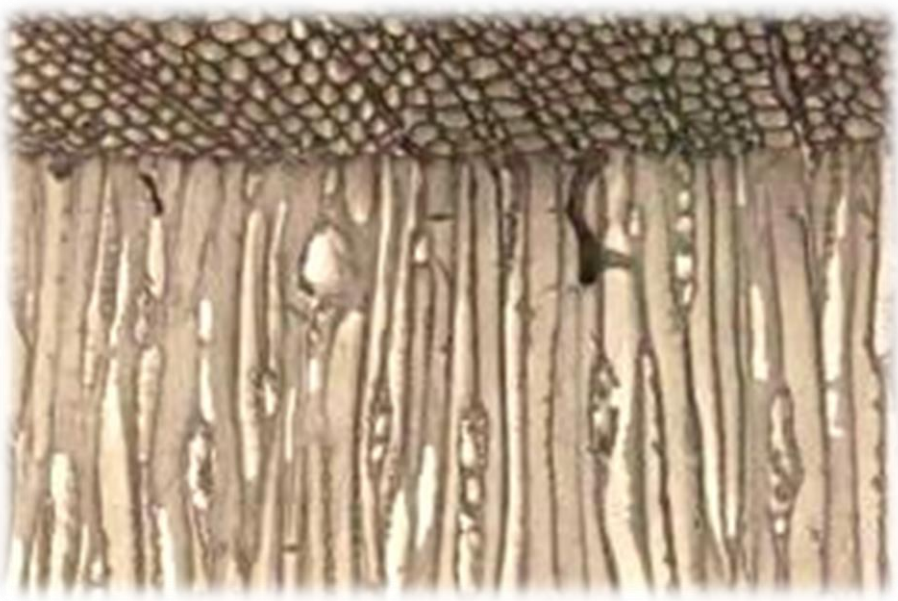
Fibras

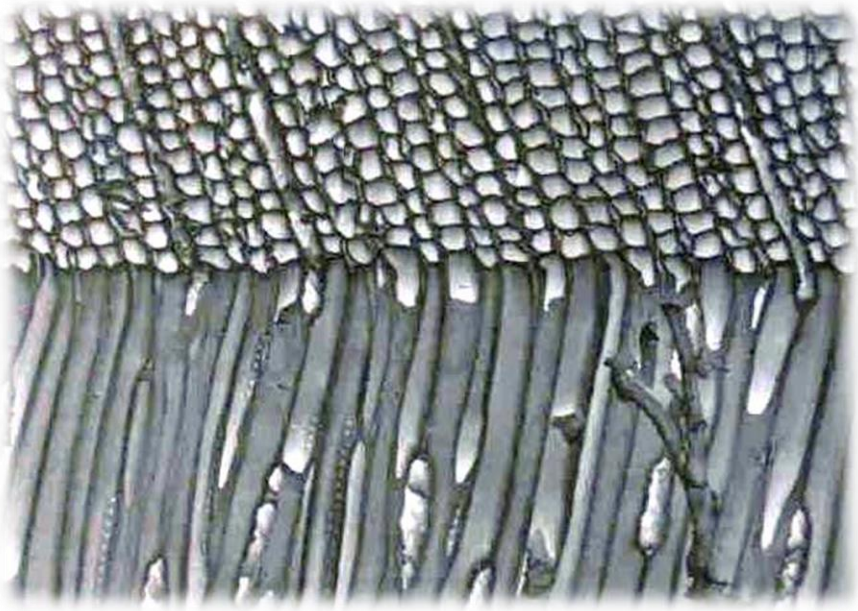
Constituintes anatômicos das madeiras de folhosas (*Hardwoods* ou Madeiras Duras)



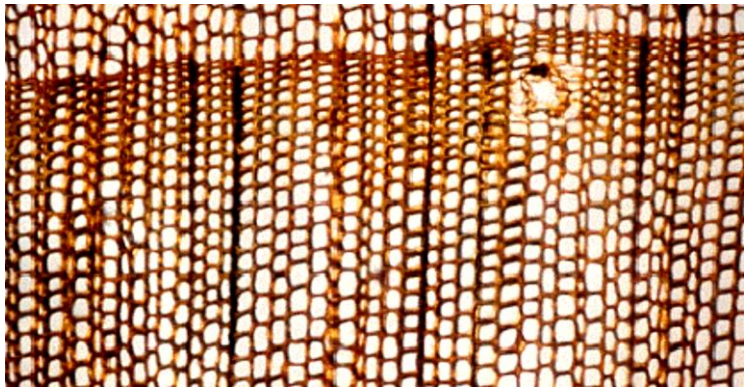


Madeira do Eucalipto (Folhosa)
Seções transversal e longitudinal radial





Madeira de Coníferas (*Softwoods* ou Madeiras Moles)
(*Pinus* & *Araucaria – na ordem das fotos acima*)



Madeira de Coníferas
Seções: transversal e longitudinais radial e tangencial

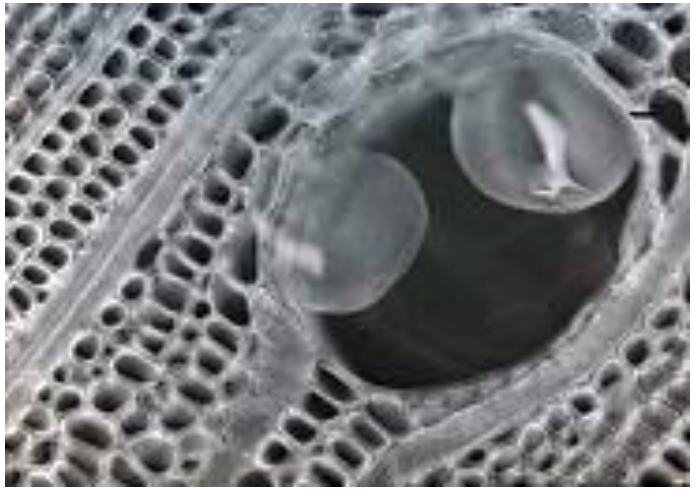
Madeira eucalipto

(% em Volume)

15% Vasos

15% Parênquimas

70% Fibras



Celulose Eucalipto

(% em Peso)

6 – 8% Finos

2 - 4% Vasos

90% Fibras

Da madeira...
até a polpa celulósica...

Da madeira até a polpa celulósica

Madeira Pinus

(% em Volume)

3% Canais de resina

7 – 9% Parênquimas

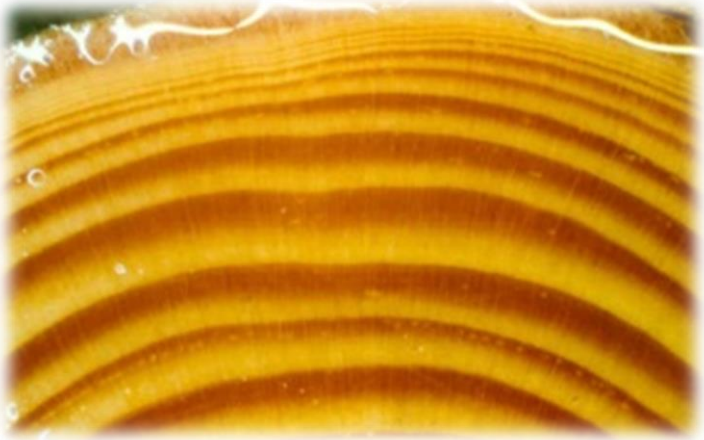
90% Fibras

Celulose Pinus

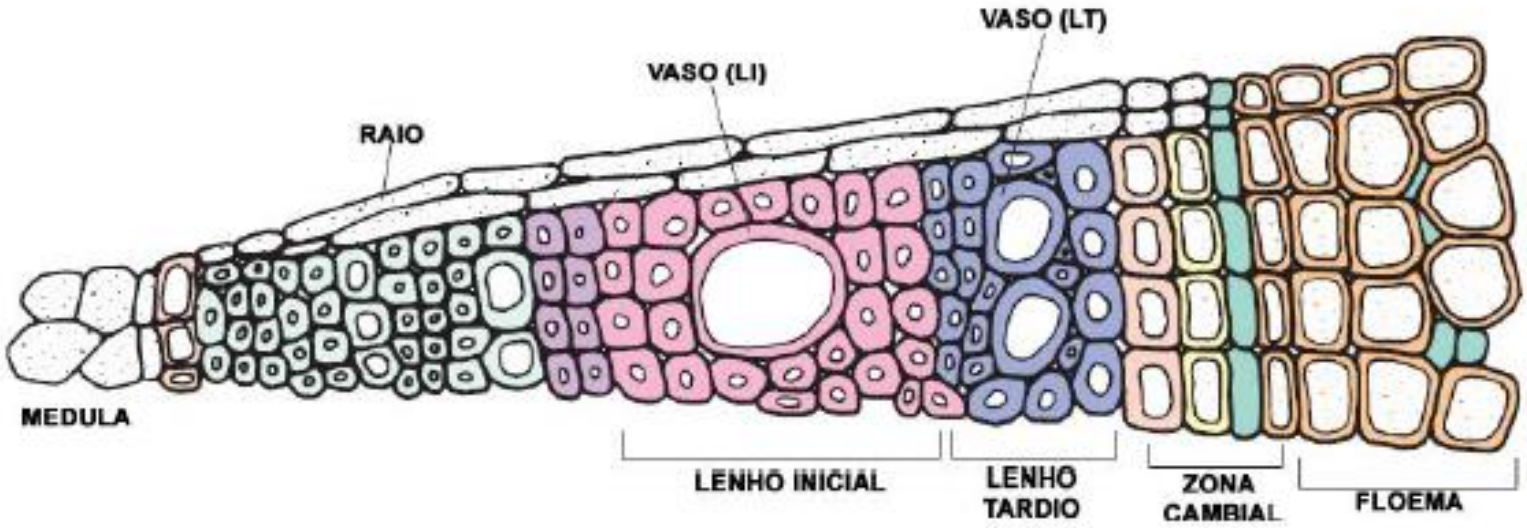
(% em Peso)

2 - 4% Finos

96 - 97% Fibras



Tema 2: A Formação da Madeira (Xilogênese) pelas Árvores



Fonte da Imagem:
https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/8782/COLDEBELLA%2c%20RODRIGO.pdf?sequence=1&isAllowed=y

2.1. O Reino Vegetal e as Plantas Formadoras de Madeira

O Reino Vegetal ou Plantae é uma das principais fontes de biodiversidade da Natureza

A maioria das espécies vegetais (ou plantas) realiza uma das mais simples e ao mesmo tempo mais complexa das reações dos seres vivos: Fotossíntese

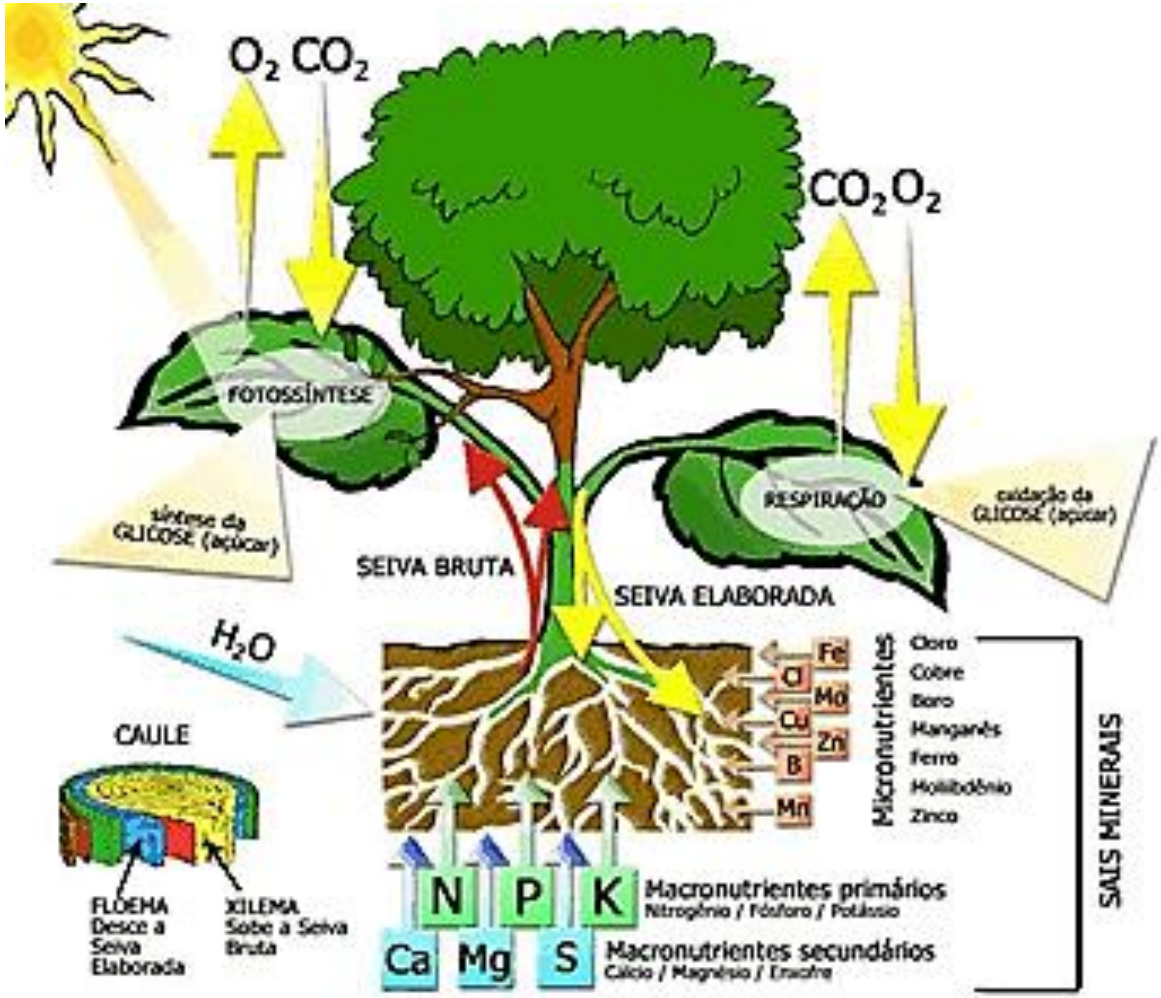
Caso a fotossíntese fosse "copiada" pelos humanos para produção industrial de açúcares, estariam solucionados dois dos grandes desafios da humanidade:

Produção de alimentos e de combustíveis

As plantas são seres autotróficos, ou seja, são capazes de produzir seus próprios alimentos a partir da energia luminosa solar, da água, dos minerais do solo e do gás carbônico da atmosfera

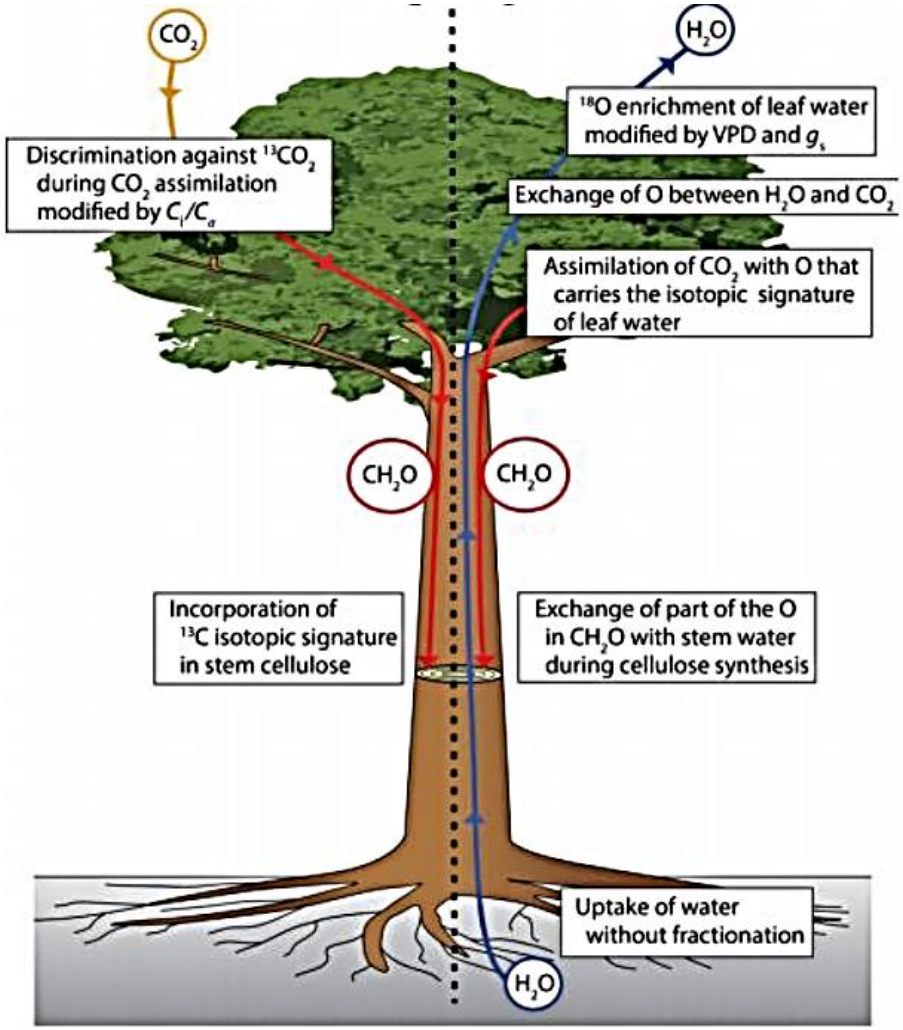
Elas necessitam de elementos minerais do solo que participam tanto de reações catalíticas como de modificações químicas que favorecem a formação das células e o crescimento vegetal

Os açúcares simples (monômeros de carboidratos) podem ser metabolizados, polimerizados e convertidos em substâncias mais complexas como: celulose, hemiceluloses, lignina, extrativos, proteínas, hormônios, etc.



Fonte da Imagem:

https://www.sobiologia.com.br/conteudos/Reinos4/bioplantas.php



Estômatos foliares

Ingresso de CO2

Saída de O2 e CO2

Saída de H2O

Funções Fisiológicas

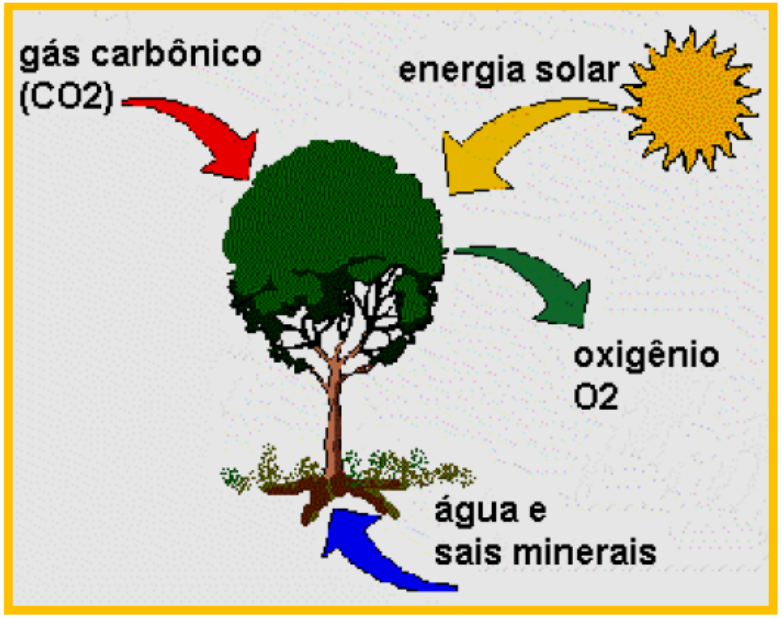
Fotossíntese

Respiração

Transpiração

Fonte da Imagem: https://drive.google.com/file/d/1vVGfjz2YAd_EzexmdkyxklHy5w1zR7xz/view

FOTOSSÍNTESE

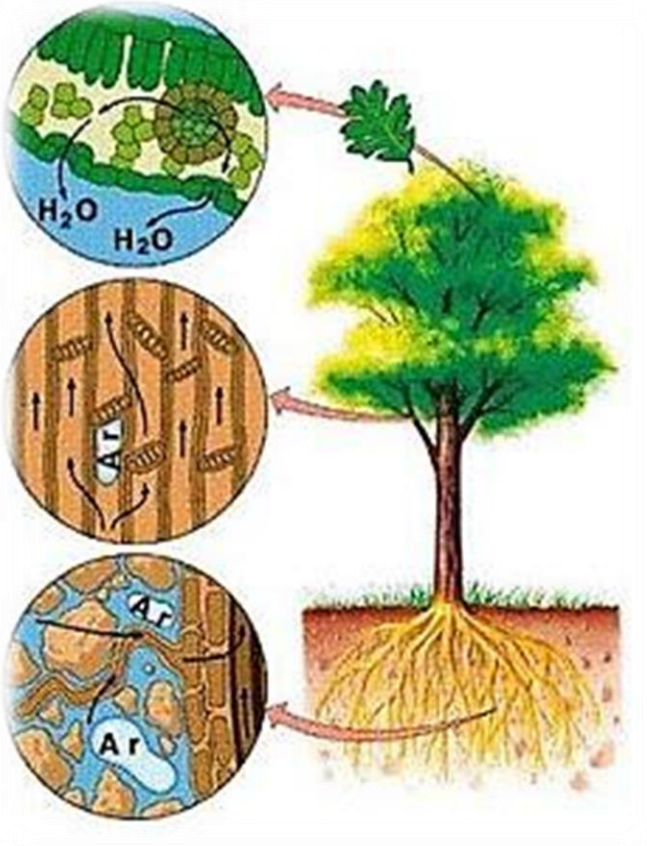


$$6\ CO_2 + 6\ H_2O \text{ -------> } C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2$$

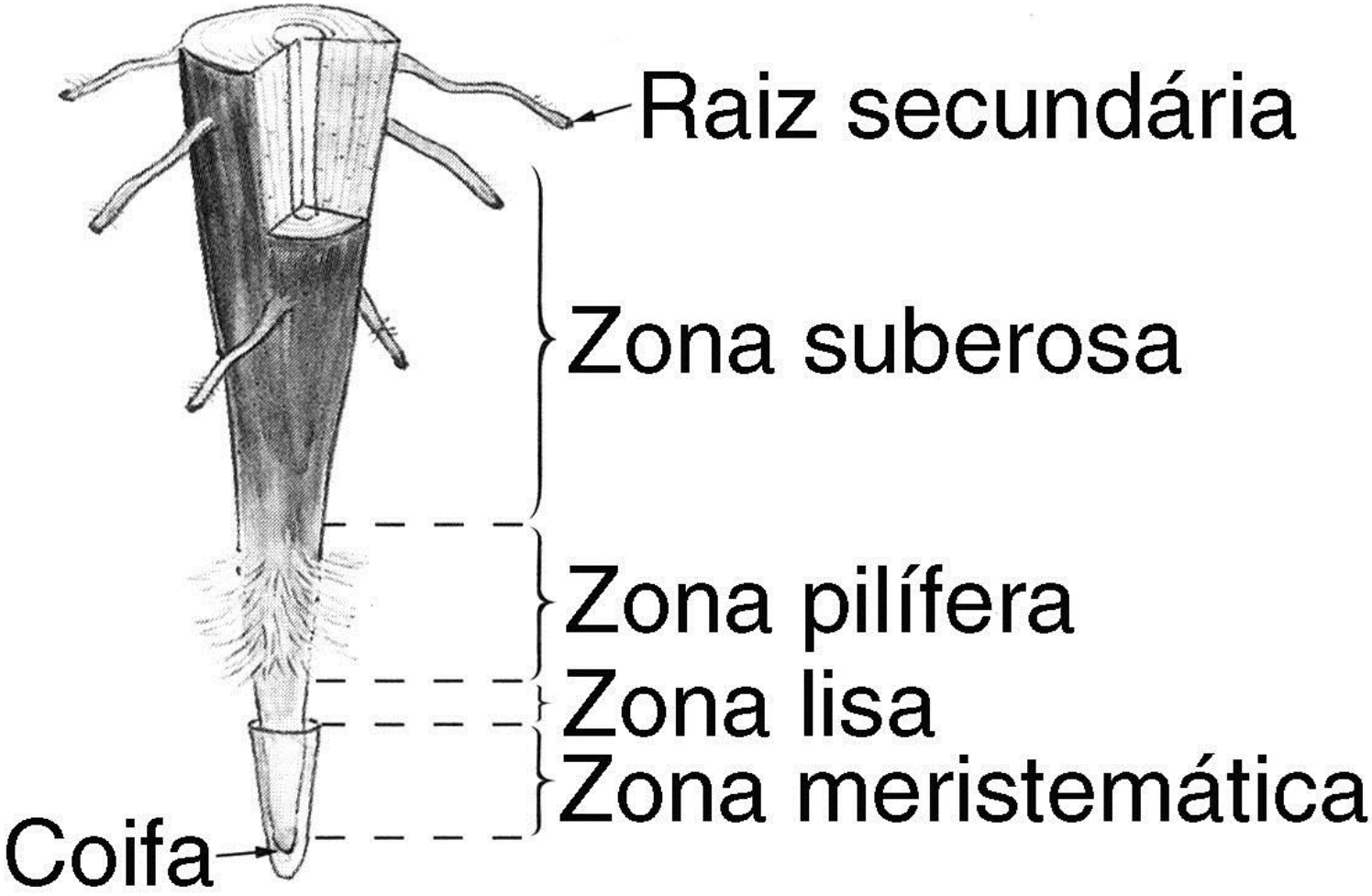
Gás carbônico **Água** **Glucose** **Oxigênio**

Carboidratos = Energia e Alimento

A madeira e a casca das árvores são tecidos condutores vasculares de seiva bruta mineral (madeira) e orgânica elaborada (casca interna)



***Fonte da Imagem*:** https://www.proprofs.com/quiz-school/story.php?title=mta4mzk2nw==k75o



Fonte da Imagem: https://djalmasantos.wordpress.com/2012/03/29/meristemas/

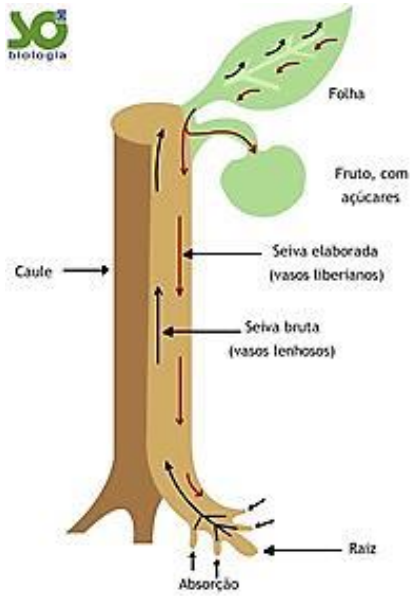
As principais funções metabólicas ou fisiológicas das plantas são então:

- **Absorção de água e minerais pelas raízes**
- **Absorção de ar pelos estômatos (orifícios foliares)**
- **Fotossíntese**
- **Produção de energia para uso interno em seus processos metabólicos através da queima de compostos orgânicos pela Respiração**
- **Transpiração**
- **Liberação de gases para a atmosfera (gás carbônico pela respiração e oxigênio pela fotossíntese)**

- **Condução de seivas pela translocação de água e seus solutos (substâncias dissolvidas na água): seiva mineral e seiva orgânica.**

- **Acumulação de substâncias em novos tecidos formados (madeira, casca, folhas, flores, frutos e raízes)**

- **Reprodução através das flores e sementes**



A seiva mineral se move pela madeira e a seiva orgânica pela casca

***Fonte da Imagem*:**
https://www.sobiologia.com.br/conteudos/Morfofisiologia_vegetal/morfovegetal3.php

As árvores utilizadas pelo homem para inúmeras finalidades industriais, domésticas e econômicas são componentes dos mais significativos e importantes do Reino Vegetal

As árvores são consideradas como plantas Embriófitas (todas plantas terrestres com presença de embrião multicelular), Fanerógamas (plantas formadoras de sementes) e se dividem em:

Ginospermas – plantas sem frutos, com sementes nuas protegidas por folhas modificadas ou cones – como o caso das coníferas (*Pinus*, *Araucaria*, *Cupressus*, etc.)

Angiospermas – plantas com flores e sementes envolvidas por frutos (secos ou carnosos), como o caso das folhosas (*Eucalyptus*, *Corymbia*, *Acacia*, etc.)

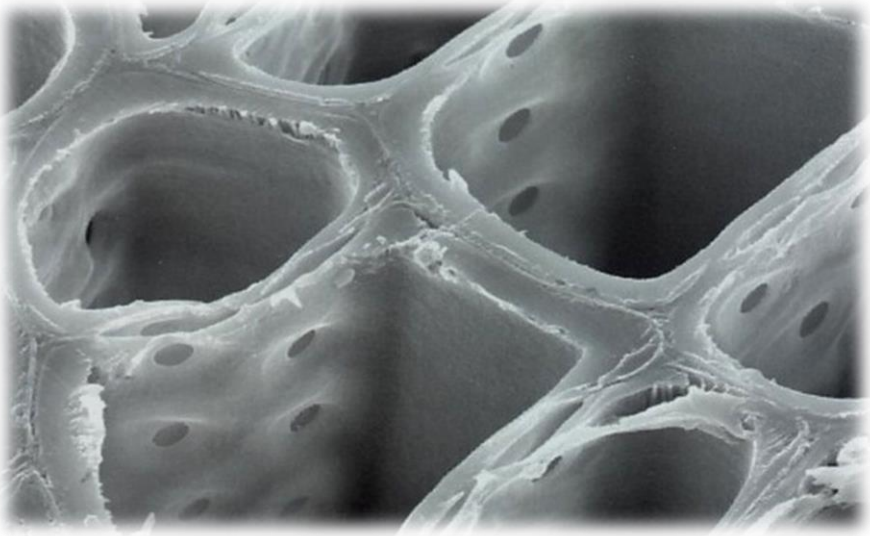
Nossas árvores industriais são melhoradas geneticamente e selecionadas em função de seus desempenhos, produtividades, vigor e propriedades das suas madeiras

Dentre as propriedades das árvores como fontes de matérias-primas de caráter industrial se destacam:

- **Produtividade ou ritmo de crescimento (em volume e em massa seca)**
- **Eficiência no uso da água e nutrientes**
- **Eficiência fotossintética e no acúmulo de compostos de madeira no tronco**
- **Qualidade silvicultural da árvore e de seu tronco: forma, retidão, ramificações leves**
- **Desrama natural**
- **Resistência a pragas e doenças**

- **Arquitetura da copa e área foliar**
- **Resistência a ventos, secas, geadas, etc.**
- **Teor de casca no tronco**
- **Qualidade da madeira**

2.2. O Processo de Formação da Madeira pelas Plantas Superiores

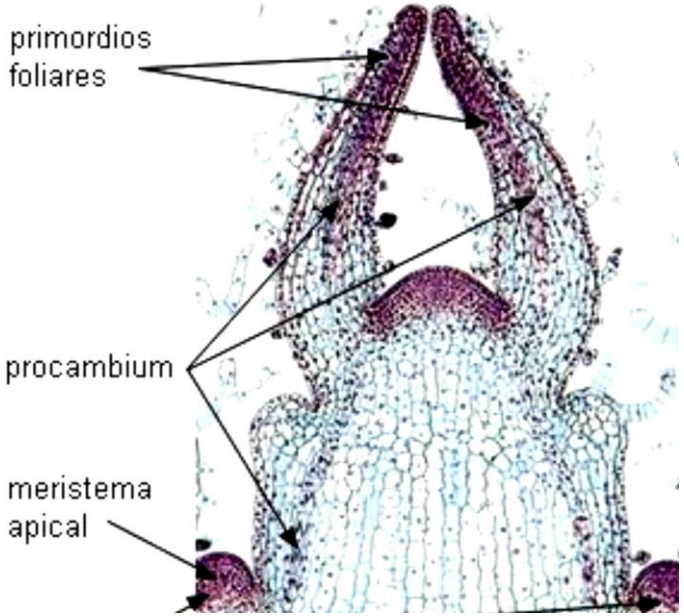


Dentro de "uma complexidade da mais alta simplicidade" as plantas formam seus corpos a partir de células que permanecem com características embrionárias de formação de tecidos por toda a vida das plantas: Meristemas

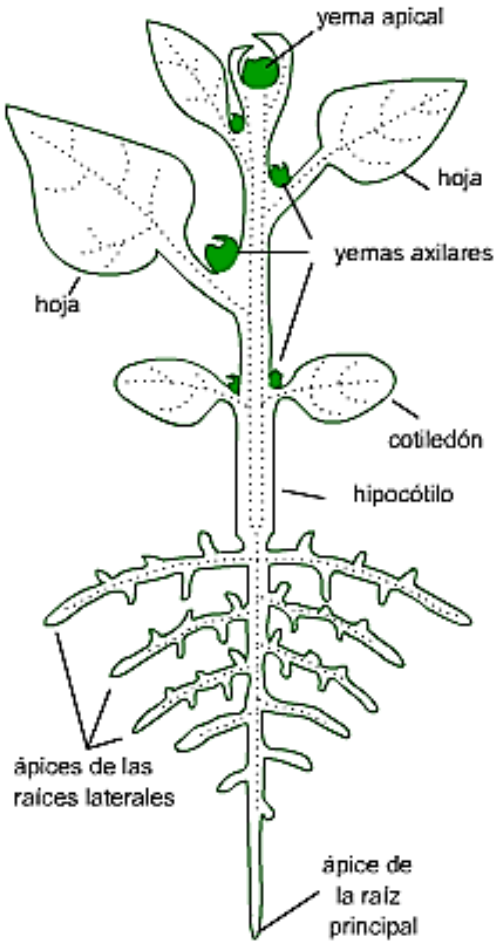
Meristemas primários, pró-câmbio ou gemas apicais –
formam novos tecidos nas pontas de ramos e troncos para a planta crescer em comprimento
Esses tecidos consistem nas madeiras mais primárias das toras (Medula)

O pró-câmbio ou gemas apicais são tecidos meristemáticos que ocupam os ponteiros de ramos e troncos

Eles formam as primeiras células de xilema ou lenho ou madeira (xilema primário) e de floema ou líber (floema primário) das plantas lenhosas



Fonte da Imagem: http://www.biologia.edu.ar/botanica/print/Hipertextos-2019.pdf



Meristemas apicais - Ponteiros e gemas axilares

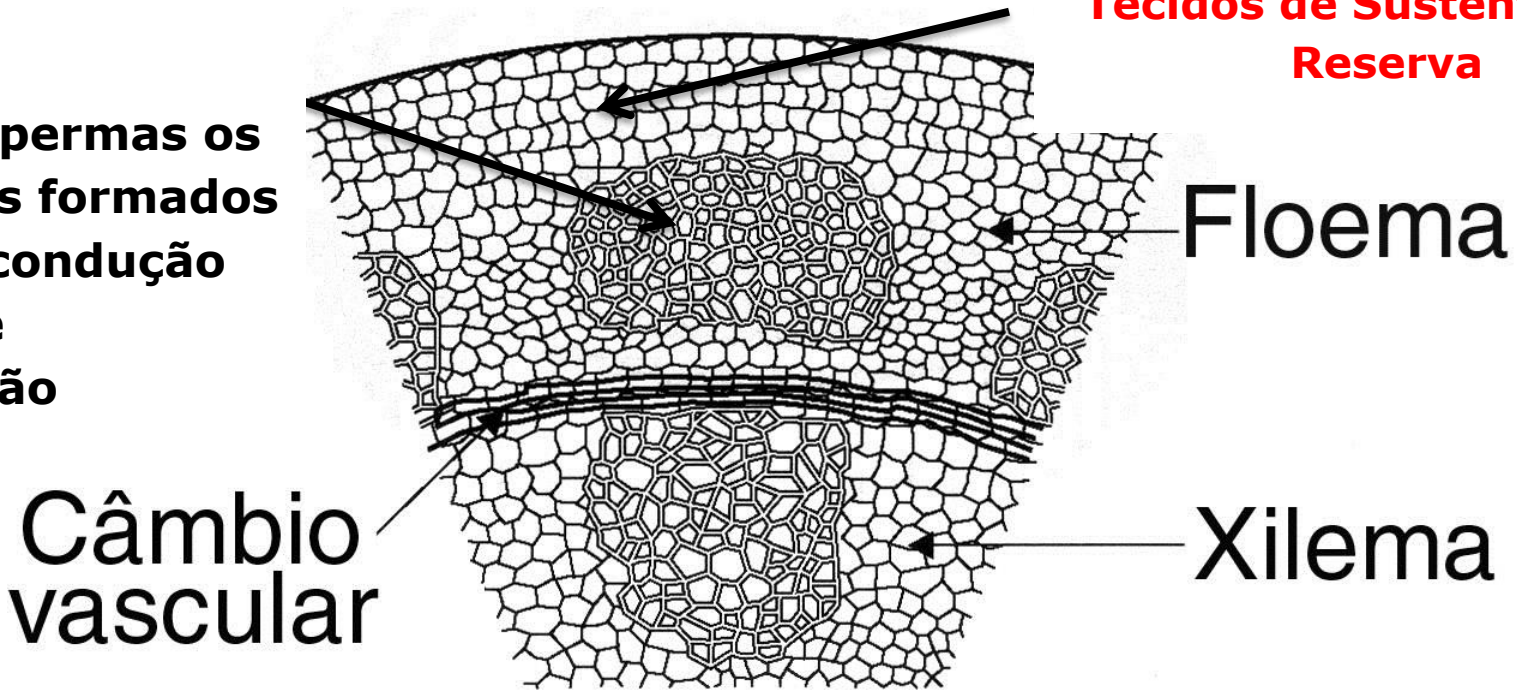
Fonte da Imagem: http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema10/tema10-2.htm

***Meristemas secundários* – formam tecidos para engrossamento do corpo vegetal (tronco, ramos, raízes)**

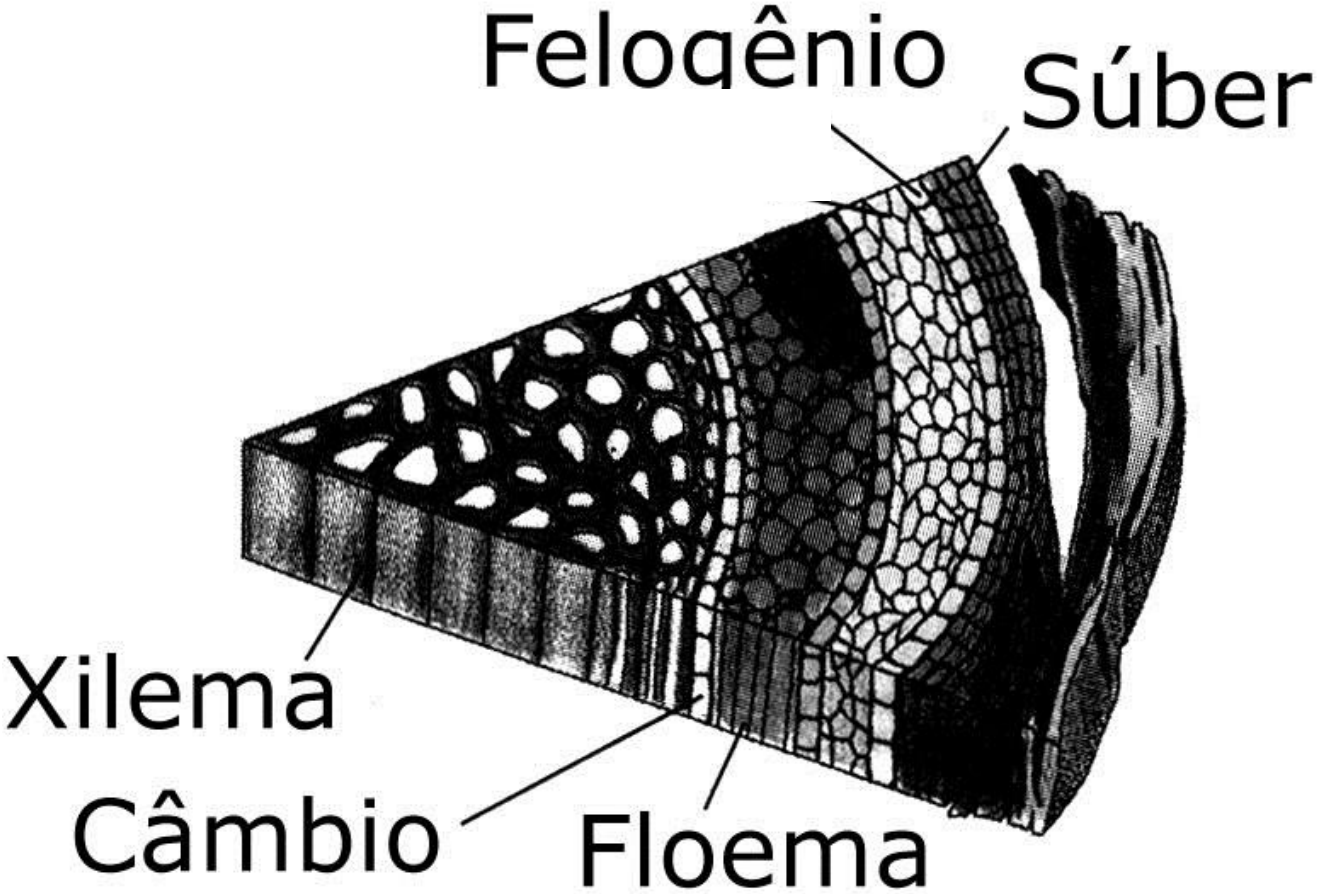
Tecidos de Condução

Tecidos de Sustentação e Reserva

Nas ginospermas os traqueídos formados são para condução de seiva e sustentacão



Fonte adaptada: https://djalmasantos.wordpress.com/2012/03/29/meristemas/



Fonte adaptada:
https://djalmasantos.wordpress.com/2012/03/29/meristemas/

Os principais meristemas formadores do tronco das árvores são:

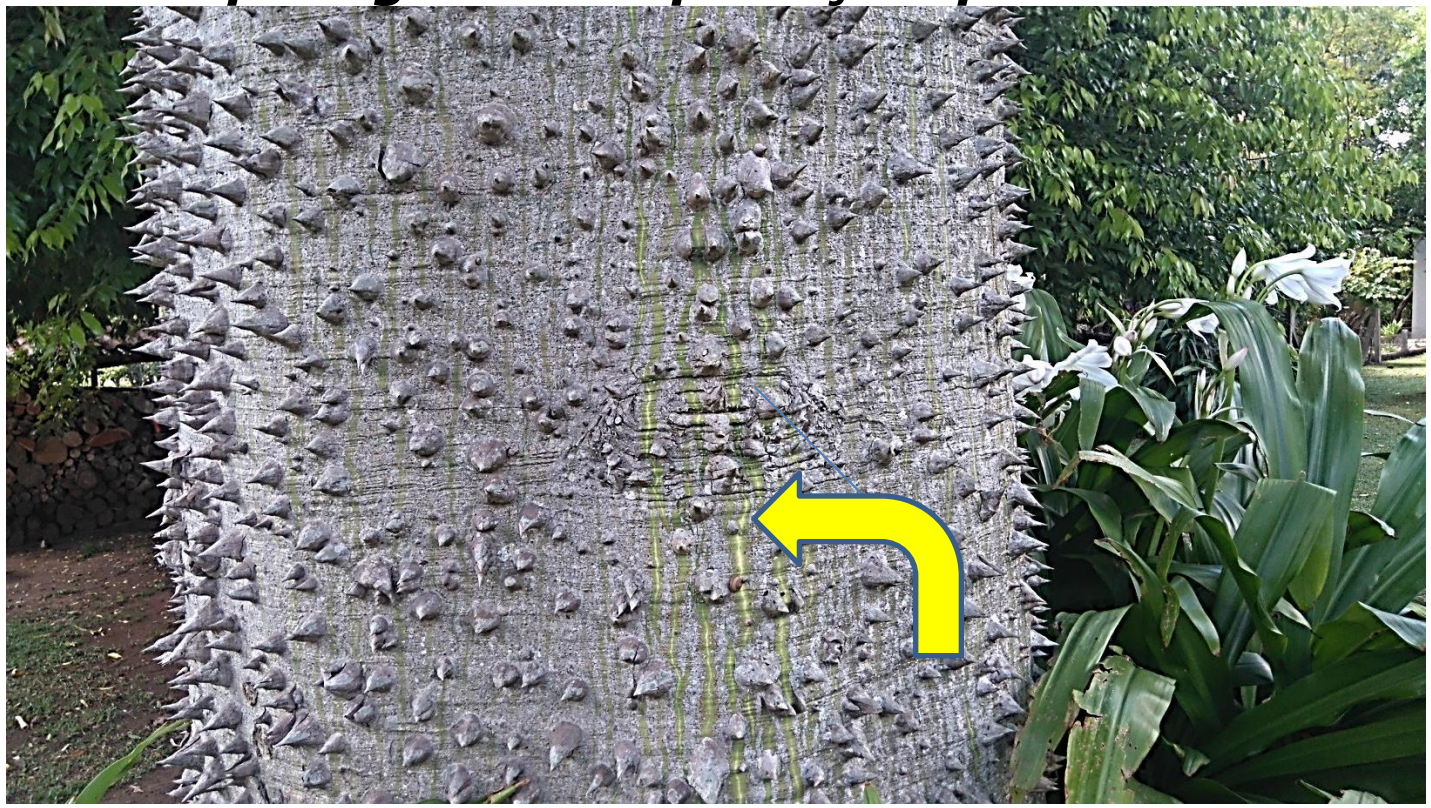
CÂMBIO VASCULAR SECUNDÁRIO – forma o xilema (ou lenho) para o interior do tronco (madeira) e o floema (ou líber) no sentido para fora do tronco e na direção da casca (casca interna)
A formação de xilema é mais intensa do que de floema

FELOGÊNIO (Câmbio Cortical ou da Casca) – forma novos tecidos na casca para permitir que ela acompanhe o crescimento em diâmetro do tronco

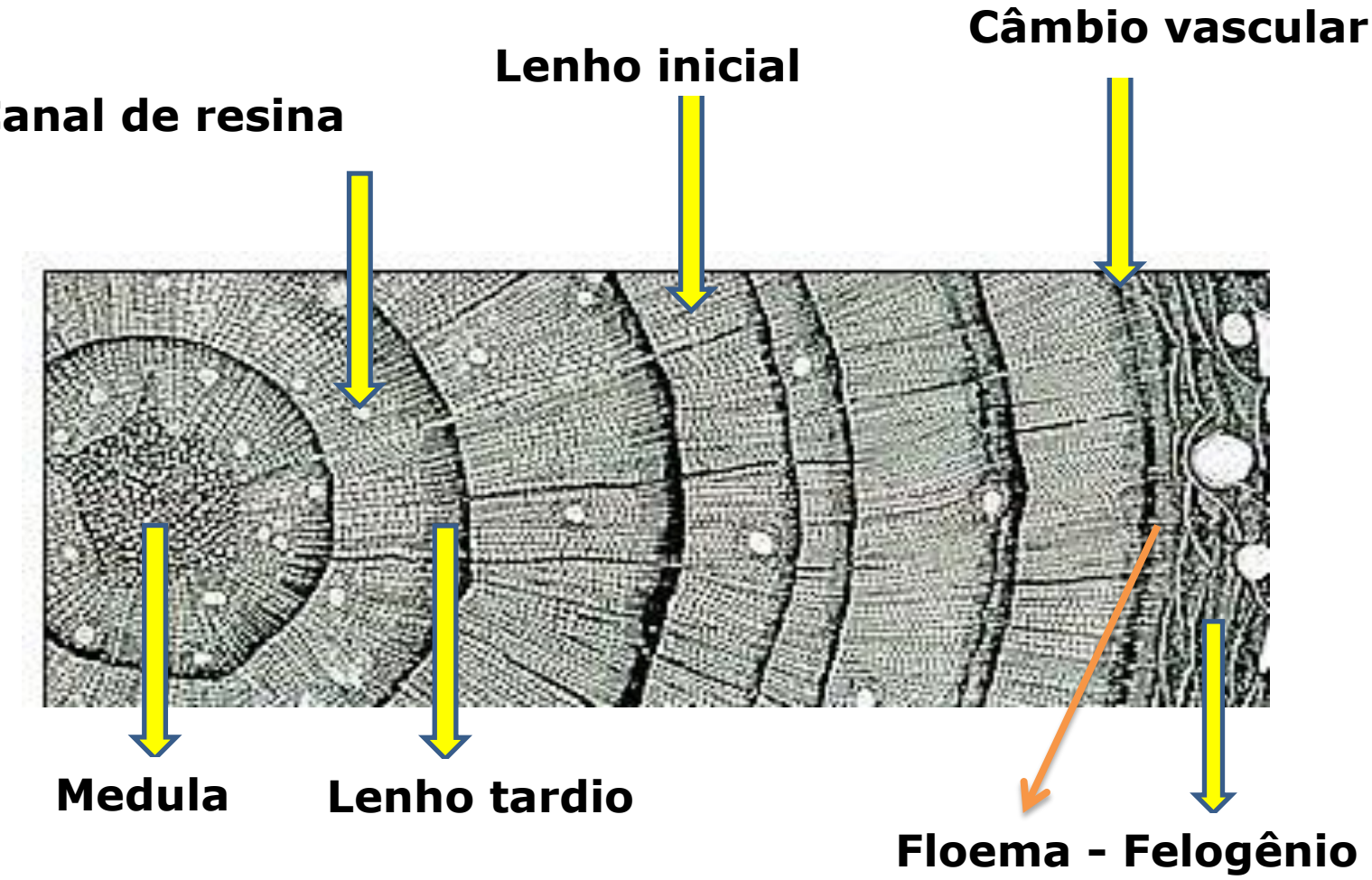
O felogênio origina uma espécie de parênquima chamado feloderme (células de reserva) para dentro e súber (felema) para fora

O sistema súber-felogênio-feloderme constitui a capa protetora mais externa dos troncos e ramos das árvores

O felogênio necessariamente não precisa ser uma camada contínua que circule o tronco da árvore
Ele pode surgir onde a planta acredita que necessita alargar a casca para garantir a proteção que ela fornece



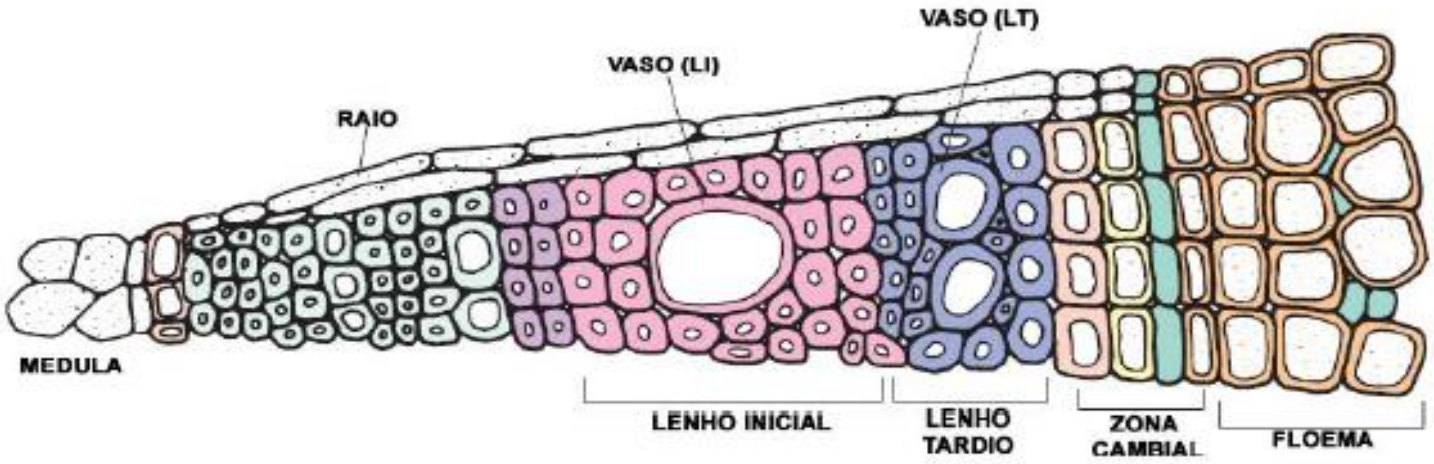
Casca de uma árvore de paineira alargando em alguns pontos



Madeira de conífera

Fonte da Imagem: *https://biology4isc.weebly.com/basic-idea-of-how-secondary-growth.html*

O xilema secundário já é a madeira dos troncos, galhos e raízes
Ele é formado pela ação do Câmbio Vascular Secundário
ou simplesmente CÂMBIO
Diz-se secundário porque o xilema primário é formado pelos meristemas apicais e gemas axilares



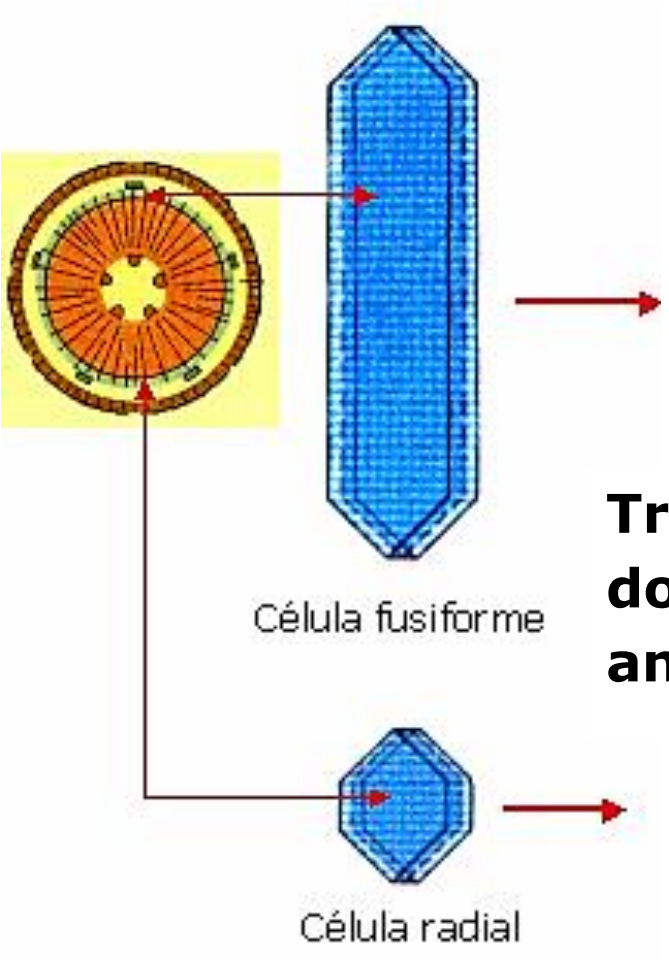
Fonte da Didática Imagem:
https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/8782/COLDEBELLA%2c%20RODRIGO.pdf?sequence=1&isAllowed=y

As paredes das células do câmbio são delgadas e plásticas: são formadas por pectinas, carboidratos não celulósicos e alguma pequena proporção de celulose

Essas células do câmbio são denominadas de células fusiformes iniciais e células iniciais do raio

Chama-se fusiforme a uma célula em forma de fuso (antigo instrumento usado para fiar), ou seja, alongada e com as extremidades mais estreitas que a parte central da célula

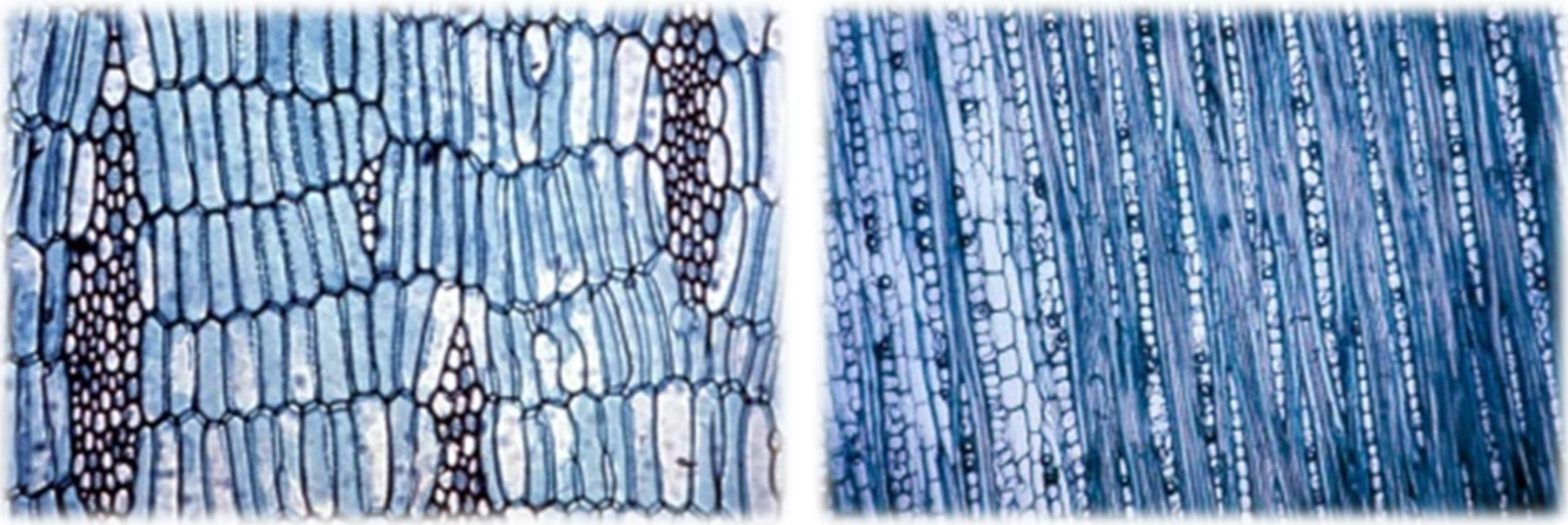
As células fusiformes irão alongar ou se dividir em distintos comprimentos e diâmetros, passando a formar diversos tipos de células *fibrosas* do lenho (xilema) e do floema



Transformações das células iniciais do câmbio vascular em elementos anatômicos do xilema e floema

Fonte da Imagem: http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema18/tema18-3cambium.htm

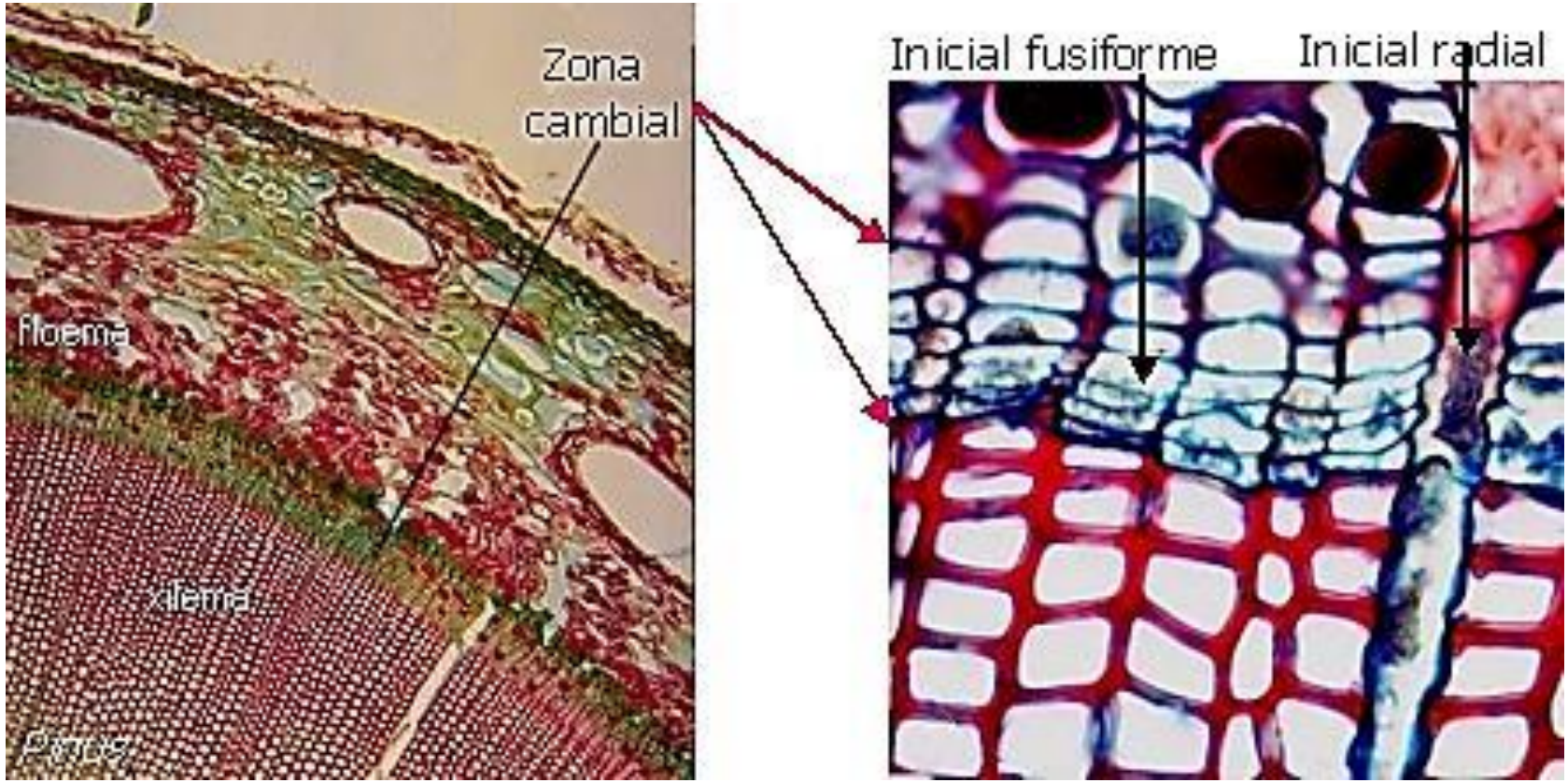
As células iniciais do raio (mais retangulares) podem também serem produzidas pela divisão transversal das células fusiformes iniciais. Elas se diferenciam em células de parênquima radial.



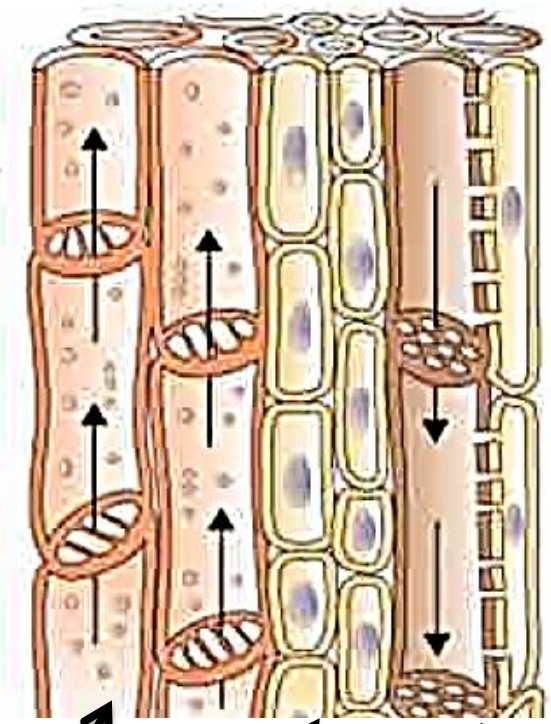
Células fusiformes iniciais e células iniciais radiais (E) e células já diferenciadas no xilema ou lenho (D)

As células iniciais (fusiformes e radiais) formam de maneira orquestrada, conforme a mensagem genética que possuem:

Traqueídos
Fibras libriformes
Fibro-traqueídos
Raios medulares ou parênquima radial
Parênquima axial
Elementos de vaso
Fibras crivadas
Fibras septadas
Elementos crivosos do floema
Células esclerenquimáticas do floema (sustentação)
Células produtoras de resinas ou gomas



Fonte da Imagem: http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema18/tema18-3cambium.htm

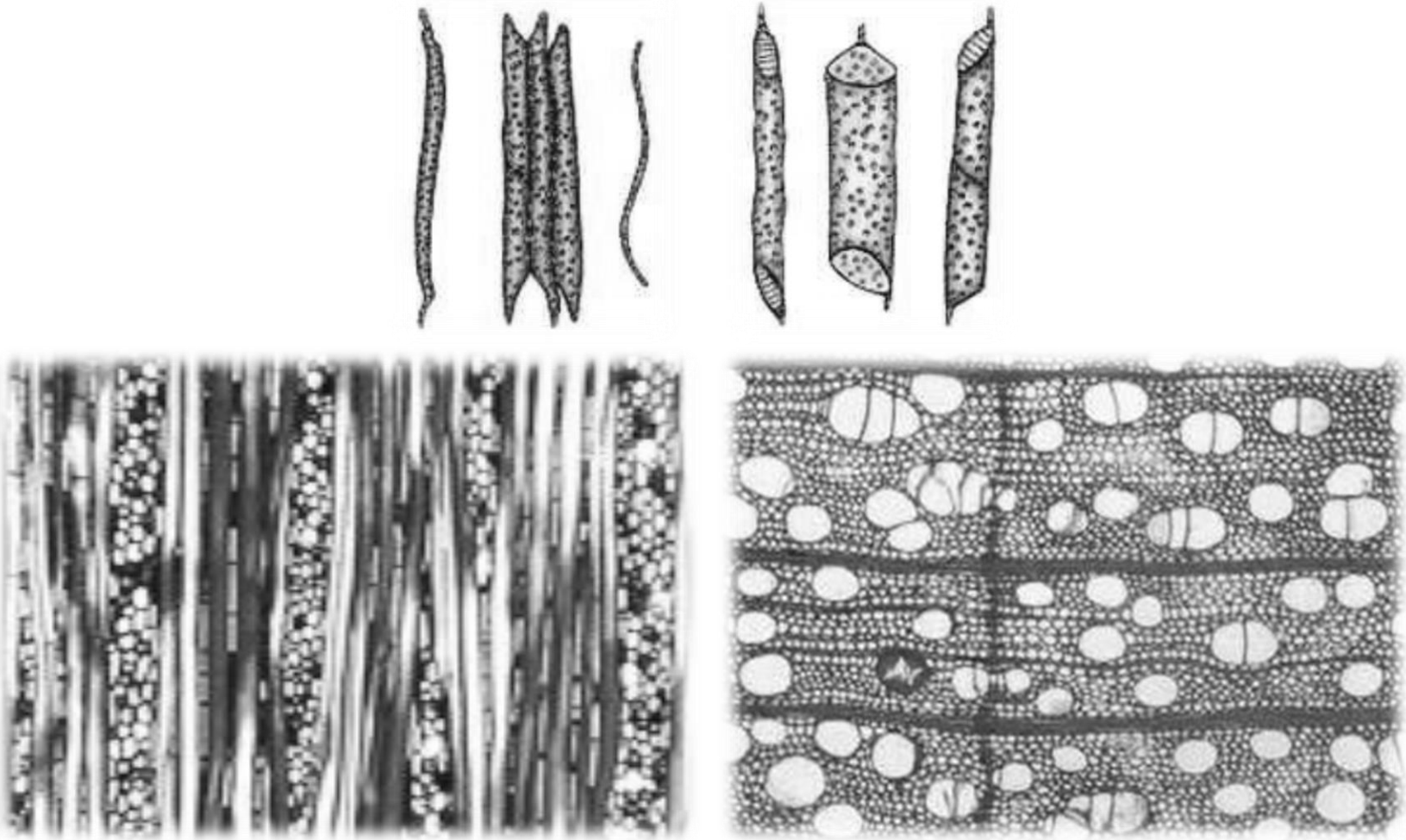


Em direção ao topo da árvore

Em direção à base da árvore

Xilema – Câmbio – Floema

Fonte da Imagem: http://kolibri.teacherinabox.org.au/modules/en-boundless/www.boundless.com/biology/textbooks/boundless-biology-textbook/seedless-plants-25/seedless-vascular-plants-157/vascular-tissue-xylem-and-phloem-614-11834/images/xylem-and-phloem/index.html



A formação da madeira é um processo biológico orquestrado para ser homogêneo e herdável para alguns caracteres

A zona cambial pode ter *atividade contínua* em regiões tropicais e úmidas (Índia e Amazona equatorial)

Em regiões com estações bem ou relativamente definidas, o câmbio tem *atividade diferenciada em cada tipo de estação*: ele pode ficar em repouso, ter atividade formando células de lenho inicial em condições favoráveis ou lenho tardio ao início das condições desfavoráveis

O câmbio praticamente cessa atividades nas regiões com estações muito secas ou com inverno severo

Quando chega a estação favorável, o câmbio se reativa por estimulo de auxinas enviadas pelas gemas apicais, passando a usar material de reserva presente nos vacúolos de suas células

São comuns as variações de atividades do câmbio devidas a falsas estações climáticas ao longo do ano

O câmbio também tem a função de promover a formação de tecidos para cicatrizar feridas na casca ou até mesmo as injúrias mecânicas mais profundas

Ele forma massa de células de parênquima ricas em extrativos e reservas para defesa contra predadores e finaliza com a formação superficial de novas camadas de casca

Muitas vezes a cicatrização deixa uma espécie de calo superficial, que permanece visível até que seja incorporado por novas camadas de xilema e floema, devido ao crescimento em diâmetro da árvore

Chácara Paulicéia – Um paraíso ambiental

Um jardim eucalíptico

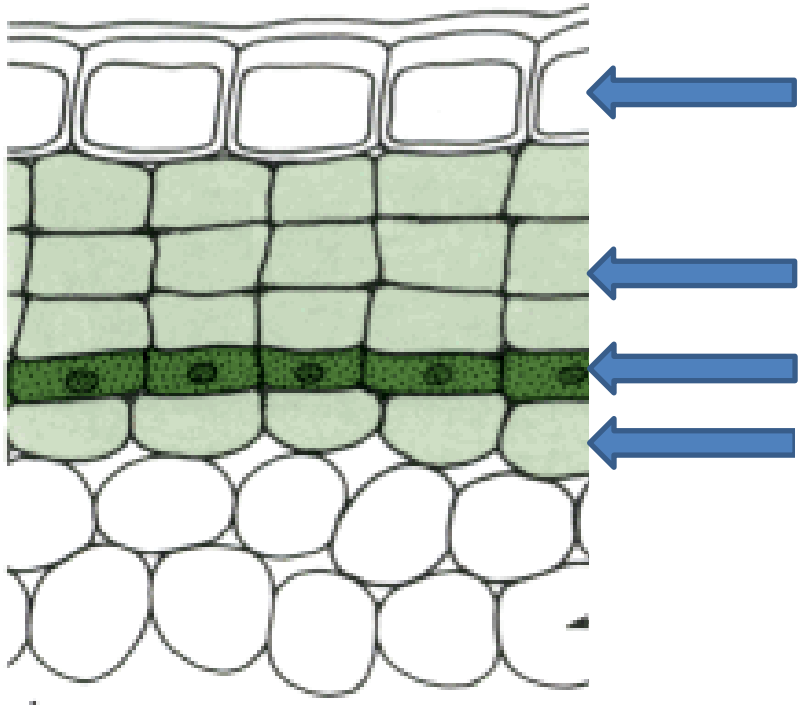
Calo formado por uma árvore de eucalipto por ação de seu câmbio (E)

O meristema cambial vai amadurecendo com o envelhecimento da árvore e conforme a idade das plantas aumenta, o câmbio passa a formar células mais longas e com paredes mais espessas

O felogênio ou câmbio da casca é um meristema lateral secundário que forma súber para o lado de fora para proteger a casca e feloderma (tecido parenquimatoso vivo) para o interior

O súber por ser formado por células resistentes à água e com extrativos ajuda a defender a planta contra predadores

Essas células se ressecam e a casca extrema acaba morrendo



Fonte da Imagem:
http://www.biologia.edu.ar/botanica/print/Hipertextos-2019.pdf

Algumas espécies de *Eucalyptus* e *Corymbia* costumam soltar pedaços de cascas mortas que se posicionam externamente aos troncos e galhos, em geral durante a primavera e início de verão, dando a impressão que estão "trocando de pele"

Esses fragmentos de casca morta que se soltam em uma aparência artística e única são denominados de Ritidoma

Eucalyptus grandis* e *Corymbia citriodora

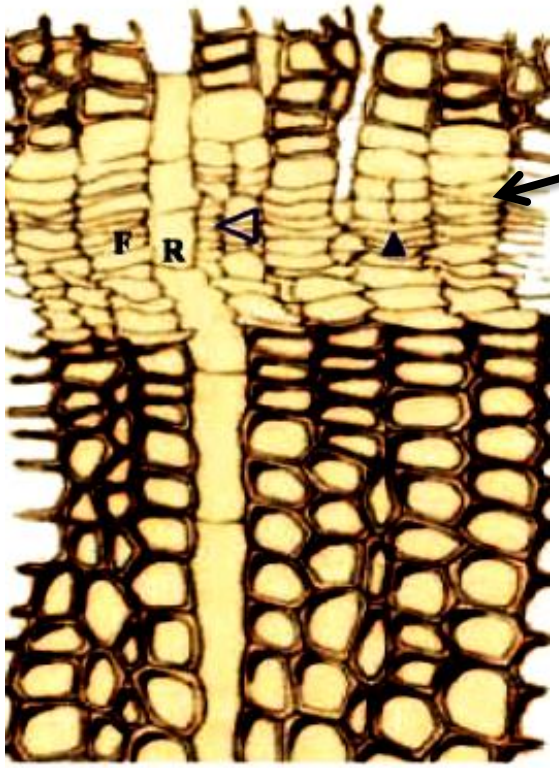
O CÂMBIO é o formador da madeira das árvores

Curiosamente, os engenheiros e os cientistas florestais se preocupam muito mais em controlar a produtividade florestal através de variáveis genéticas e ambientais do que procurando entender a fisiologia da atividade cambial

O que o afeta?
Como ocorre a formação da madeira?
Como esse processo varia entre espécies e clones?

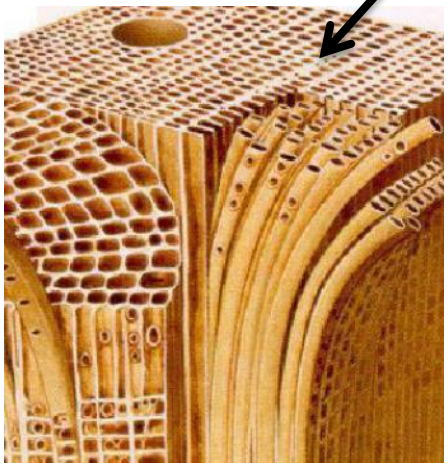
Quais os fatores bioquímicos que interferem positiva e negativamente nesse processo de formação de madeira?

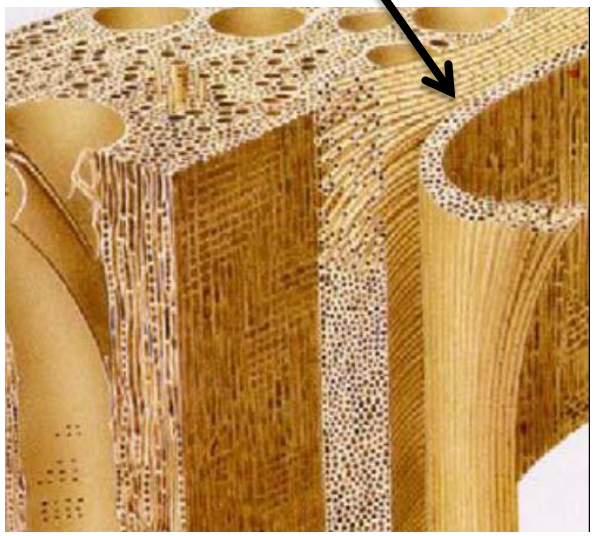
Como potencializar a atividade cambial e a bioquímica e genômica desse processo de formação de madeira?



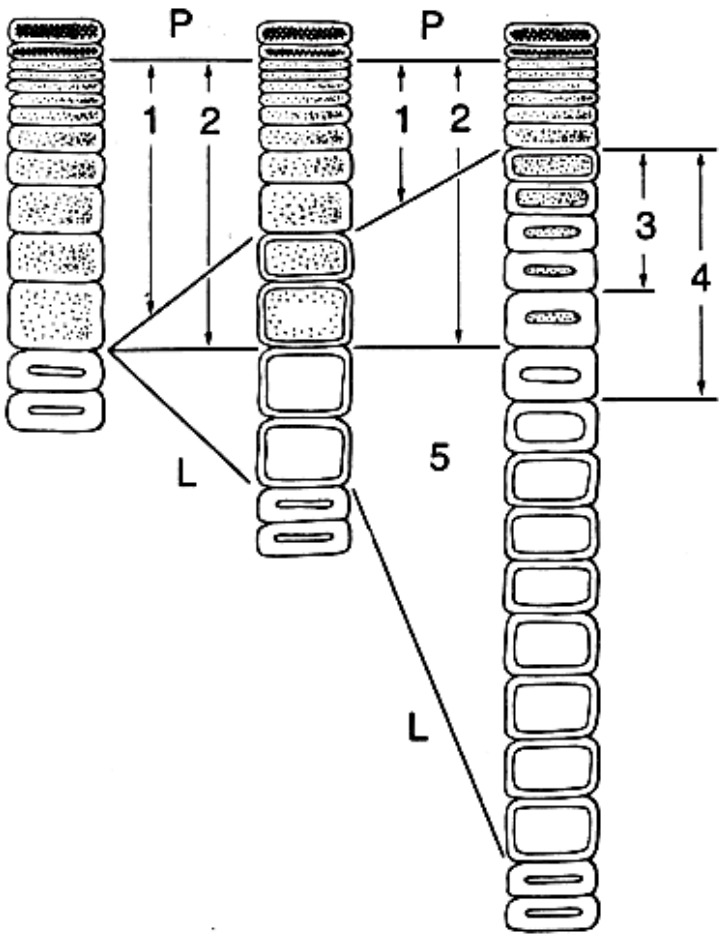
O que poderíamos fazer aqui?

Para melhorar e otimizar isso aqui...





F = Fusiformes iniciais
R = Iniciais do raio



Em uma mesmíssima árvore

Diferentes ritmos e características de formação de sua madeira

Altíssimas variabilidades já conhecidas nos sentido medula/casca e base/topo

A atividade cambial e a diferenciação celular subsequente quando em condições de ótimo irão garantir mais e melhor madeira para os plantadores de árvores

A quantidade de madeira vai depender de:

→ **Atividade de divisão celular do câmbio e da diferenciação das células sendo produzidas**

→ **Proporção de elementos anatômicos sendo produzidos**

→ **Espessura das paredes celulares**

→ **Tipos e quantidades de constituintes químicos da madeira**

A qualidade da madeira depende de quanto o câmbio está produzindo de:

- **Madeira juvenil**
- **Lenho inicial e lenho tardio**
- **Proporção de fibras (fusiformes) e de parênquimas (iniciais do raio)**
- **Madeiras de reação**
- **Substâncias de reserva (extrativos)**

Produção de Florestas

Um negócio que demanda

Ciência & Tecnologia

Conhecimentos & Experiência

A atividade de formação da madeira depende de diversos tipos de fatores, a maioria deles pouco estudada ao nível do câmbio

MUITO POUCA RELAÇÃO DAS CIÊNCIAS DA ENGENHARIA FLORESTAL COM A BOTÂNICA E BIOQUÍMICA VEGETAL DAS ÁRVORES

Fatores genéticos:

- **Proporção, dimensões das células e número de camadas do câmbio vascular**
- **Plasticidade das paredes em formação**
- **Metabolismo da árvore**
- **Disponibilização para uso preferencial dos produtos da fotossíntese**

Fatores silviculturais & ambientais:

- » **Estações do ano (temperatura, neve, secas, etc.)**
- » **Alterações inesperadas do tipo climáticas, edáficas e hídricas**
- » **Disponibilidade de luz (insolação, espaçamentos, densidade populacional, índice de área foliar, etc.)**
- » **Desrama e desbastes**
- » **Oferecimento de água e nutrientes pela silvicultura**
- » **Regime de ventos**

Fatores fisiológicos da árvore:

» **Maturidade fisiológica do câmbio e idade da árvore**

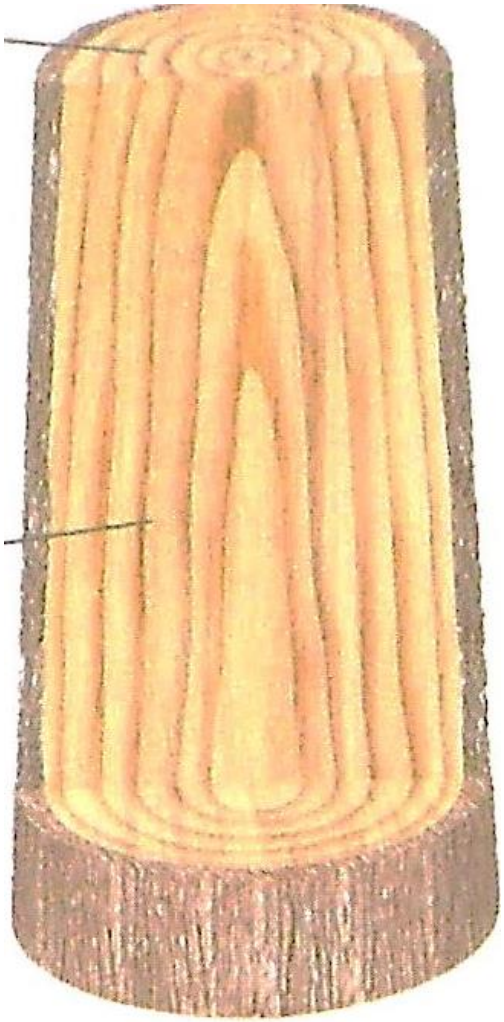
» **Diferenciação fisiológica do câmbio conforme a altura das árvores (função da idade fisiológica de cada altura)**

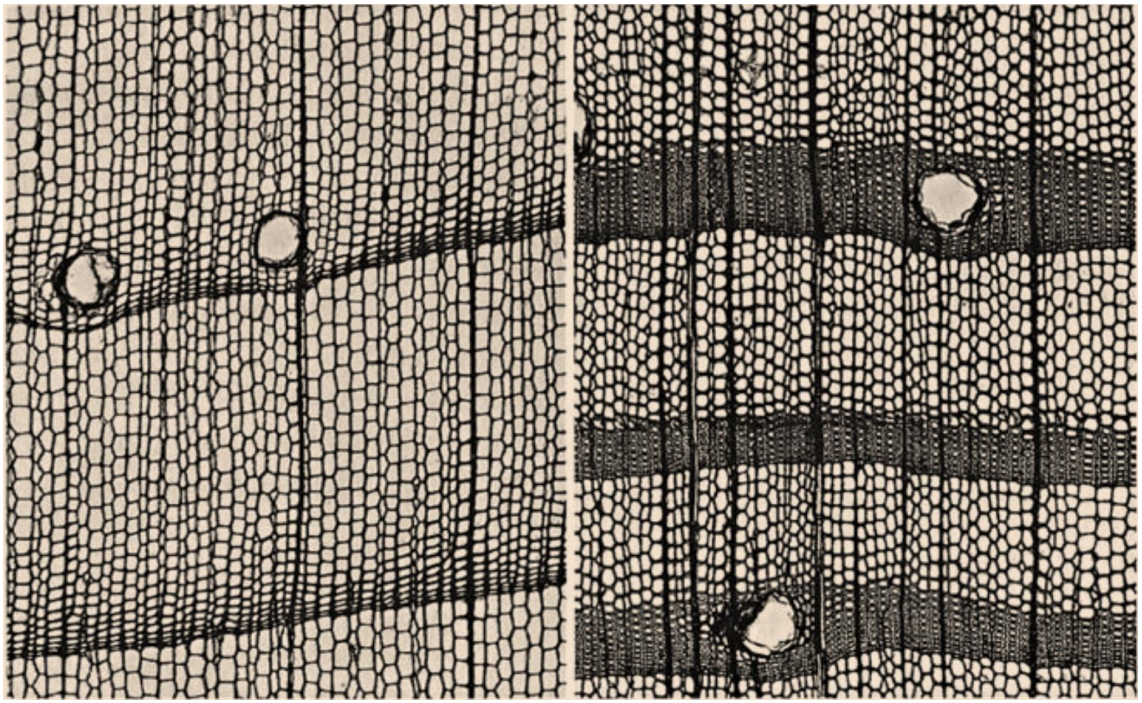
» **Competição pelo uso de fotoassimilados (formação de folhas, flores, frutos, tronco, galhos, raízes, etc.)**

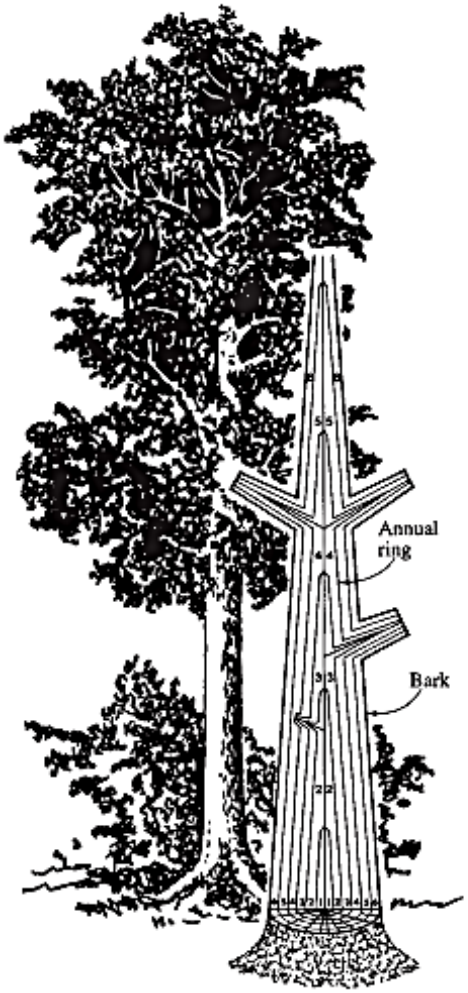
» **Arquitetura da copa**

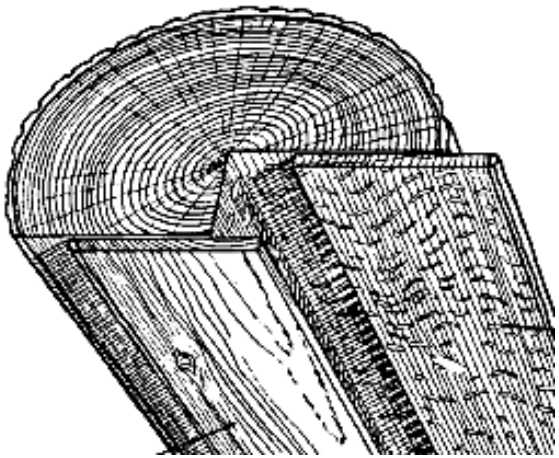
» **Bioquímica dos processos fisiológicos da árvore (hormônios e nutrientes envolvidos no metabolismo)**

» **Concentrações, tipos e gradientes de auxinas na região cambial a adjacentes**





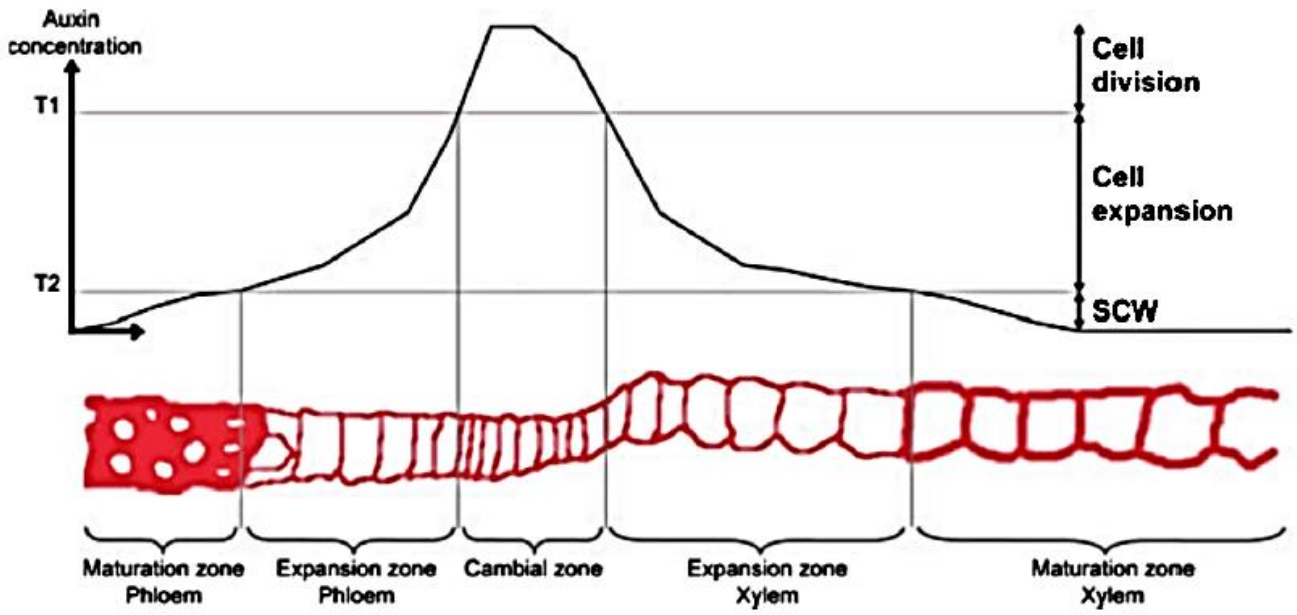




Fonte da Imagem: https://www.uv.mx/personal/tcarmona/files/2019/02/Pallardy-2008.pdf

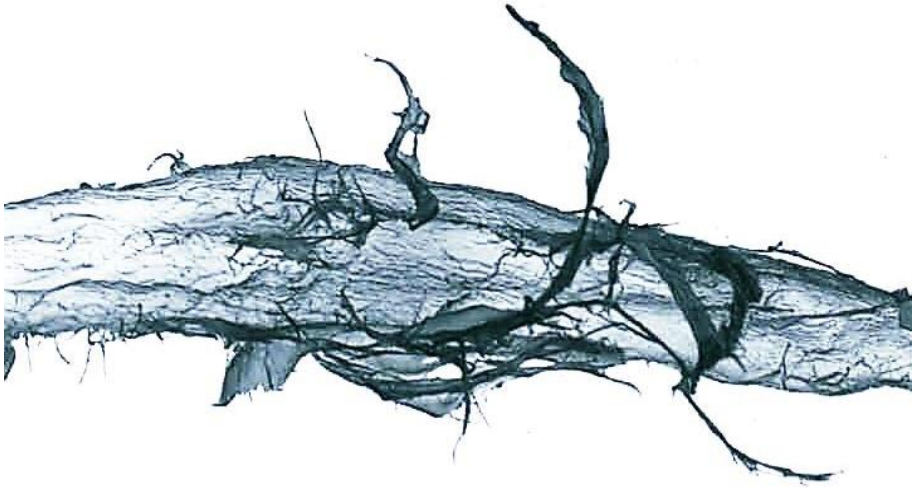
Seria possível se dispor no futuro de algo como?

Modelagem, simulação, planejamento e orquestração da atividade cambial como forma de produzir a madeira desejada e apropriada nas árvores das florestas plantadas



Fonte da Imagem: https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s13595-016-0613-y.pdf

2.3. Formação e Espessamento da Parede Celular



Parede celular: ***Fonte de qualidade e produtividade para as madeiras e suas polpas celulósicas***

As paredes celulares que se formam nas madeiras das árvores acompanham e dão competitividade e qualidade às fibras celulósicas para produção de papel e derivados de celulose

As paredes celulares são tão importantes que diversos índices de qualidade das madeiras e polpas celulósicas medem indicadores que contemplam números relacionados a elas:

Densidade Básica da Madeira

Coarseness

Fração Parede

Espessura da Parede

Ângulo Microfibrilar

Cristalinidade da Celulose

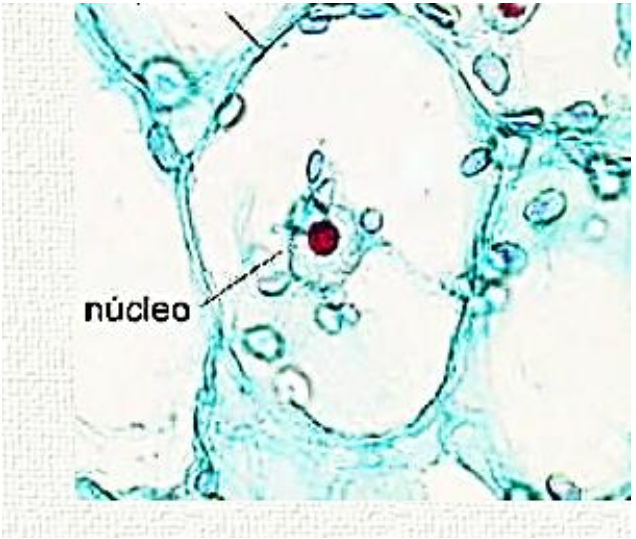
Resistência das Fibras Individuais

Paredes celulares das fibras e polpas celulósicas são matérias vegetais heterogêneos, anisotrópicos, resistentes, numerosos e com uma estrutura extremamente organizada pelos vegetais para cumprirem seus papéis fisiológicos

As madeiras são praticamente constituídas das paredes celulares de seus constituintes anatômicos, sendo que essas paredes acabam criando uma estrutura que abriga em seus vazios (lúmens, fissuras) os outros constituintes da árvore viva: água, sais minerais, extrativos orgânicos, proteínas, pectinas, ar, etc..

As células do xilema das árvores (tronco, galhos, raízes) precisam ser muito resistentes para suportar os estresses mecânicos aos quais as árvores precisam resistir: peso da copa, ventos, força de gravidade, etc.

Por essa razão, as plantas terrestres aprenderam a produzir paredes celulares tão fantásticas



Fonte da Imagem: http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema7/7-2pared1.htm

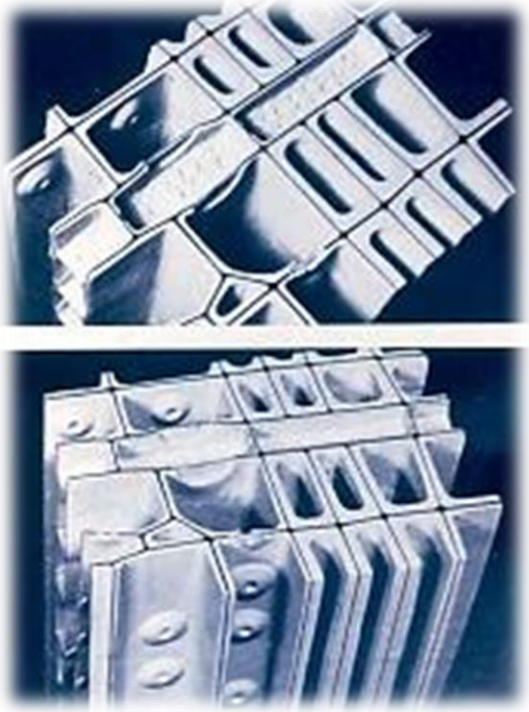
As paredes das células do câmbio são ainda delgadas e plásticas: são formadas por pectinas, proteínas, carboidratos não celulósicos e alguma pequena proporção de celulose

São células frágeis e flexíveis, com suas camadas finas, delgadas e fracas

Já as células do xilema secundário são resistentes, embora diminutas em suas dimensões. Mesmo assim, elas se consolidam em um material de extrema resistência, que pode ser utilizado em estruturas civis, móveis, embalagens, postes e também papéis

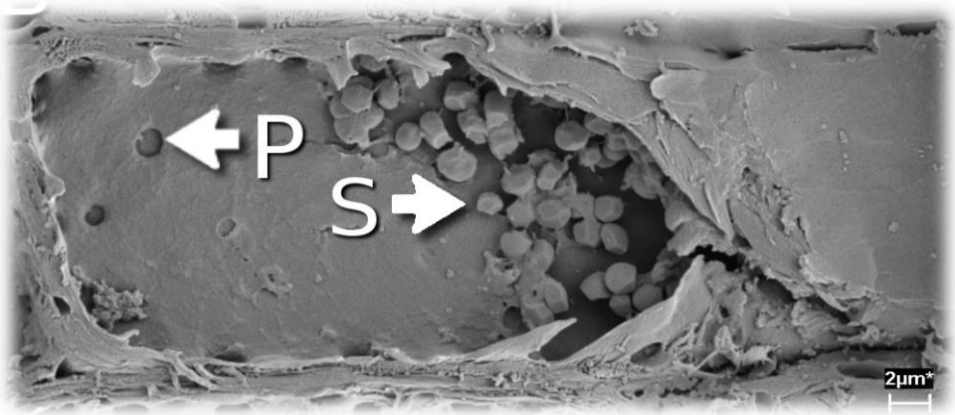
Imaginem que uma grama seca de madeira de eucalipto pode conter mais de 15 milhões de células vegetais, entre fibras, elementos de vaso e células de parênquima

E mais de 3 milhões na madeira de Pinus



A parede celular de uma célula de xilema recém-produzida pelo câmbio é espessada pela atuação de seu conteúdo celular vivo que passa a secretar compostos para tecer a estrutura da parede

Para isso, são consumidas as reservas presentes nos vacúolos ou acumuladas no citoplasma das células originadas do câmbio



Grãos de amido (S = Starch; P = Pontuação) em célula de xilema de *Populus*

Fonte da Imagem: https://pub.epsilon.slu.se/2434/1/Sandquist_D_110120.pdf

A parede celular do xilema das árvores é constituída das seguintes camadas:

Lamela Média (LM; ML ou M): é a camada que une diretamente uma célula a outra e consiste na parede celular das células cambiais, com intensas modificações em seu conteúdo (alta deposição de lignina)

Parede Primária (P): é a primeira camada formada pela célula em desenvolvimento, com a finalidade de reforçar a parede. É a camada mais velha formada pela célula em seu processo de espessamento.

Parede Secundária (S): é uma parede múltipla, formada pela produção de três diferentes tipos de camadas, todas magistralmente organizadas para conferir enorme resistência à madeira (à compressão, tração, cisalhamento, etc.)

Camada Verrugosa (W): consiste na deposição dos resíduos do conteúdo do protoplasto (citoplasma e núcleo) e vacúolos sobre a

parte interna superficial do lúmen, após a morte da célula pela intensa lignificação das paredes.

Nos vegetais lenhosos, o processo de lignificação das paredes encerra a fase de espessamento e consolidação da parede celular. Com essa lignificação, as condições ficam impróprias para a vida da célula, que morre, transformando-se em células mortas do xilema com finalidades apenas de condução e/ou sustentação.

A parede primária se forma após a divisão celular das células-mãe de xilema, antes que a célula complete o seu desenvolvimento

Trata-se de uma parede delgada e com fibrilas de celulose dispostas irregularmente, pois elas são depositadas ainda na fase de alongamento dessa parede, ficando com aspecto de deposição ao acaso dessas fibrilas

Como Lamela Média e Parede Primária são muito finas, costuma-se ver uma coisa só nos microscópios mais simples, por isso, essas duas camadas formam o que se chama de Lamela Média Composta ou (M+P)

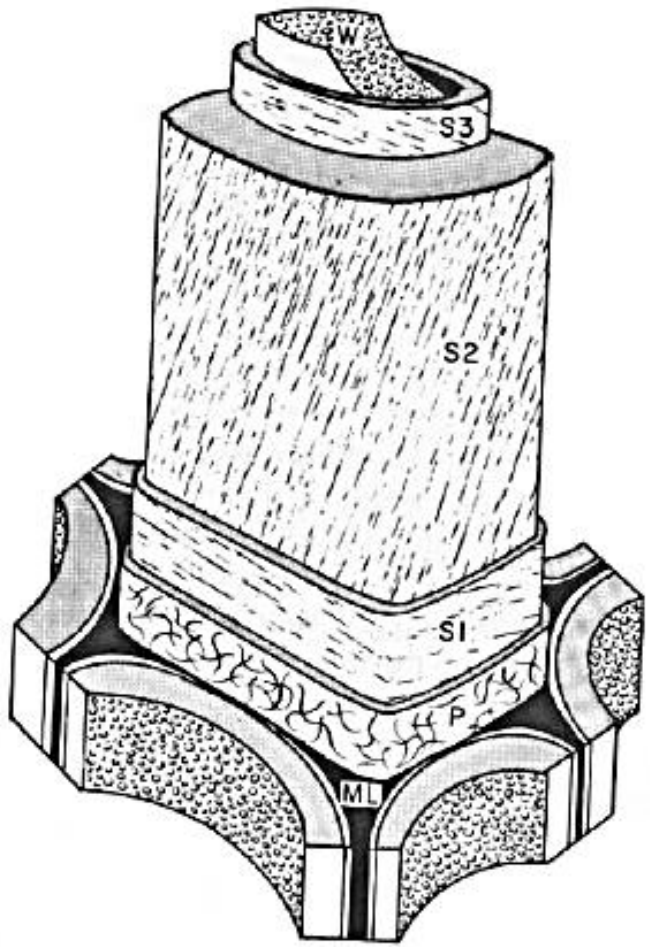
A Parede Secundária é muito rica em celulose, que é depositada de forma bastante organizada na forma de fibrilas ou cordões moleculares imersos em uma matriz de hemiceluloses e depois de lignina também, conforme ocorre o processo de auto-lignificação

A Parede Secundária é constituída de três camadas típicas:

Camada S1 = Camada mais externa e adjacente à Parede Primária

Camada S2 = Camada média, muito mais espessa que as demais e rica em fibrilas de celulose muito bem organizadas e distribuídas

Camada S3 = Camada mais interna, que receberá ao final do espessamento a deposição sobre ela da Camada Verrugosa (*Warty layer)*



ML = Lamela Média (M)

P = Parede Primária

M+P = Lamela Média Composta

S1 = Camada S1 da Parede Secundária

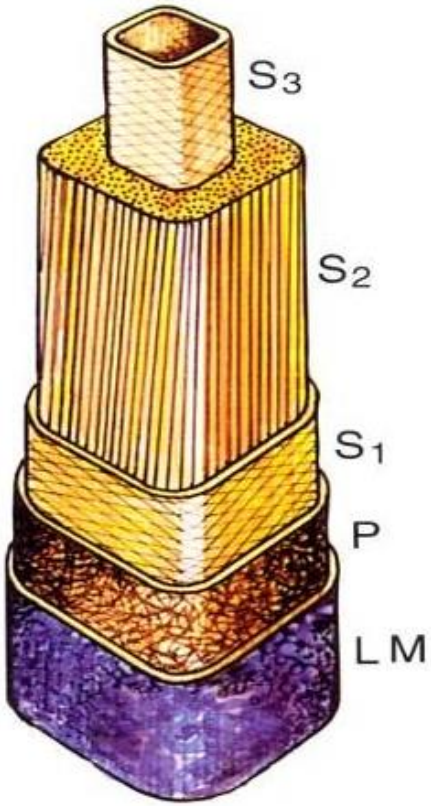
S2 = Camada S2 da Parede Secundária

S3 = Camada S3 da Parede Secundária

W = Camada Verrugosa

Fonte da Imagem:

https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/11197/isbn9789526053806.pdf?sequence=1&isAllowed=y



Proporção relativa em espessura

M+P = 3 - 4%

S_1 = 6 - 8%

S_2 = 83 - 87%

S_3 = 3 - 4%

Fonte da Imagem:
http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasklock/quimicadamadeira/Quimica%20da%20parede%20celular2008.ppt

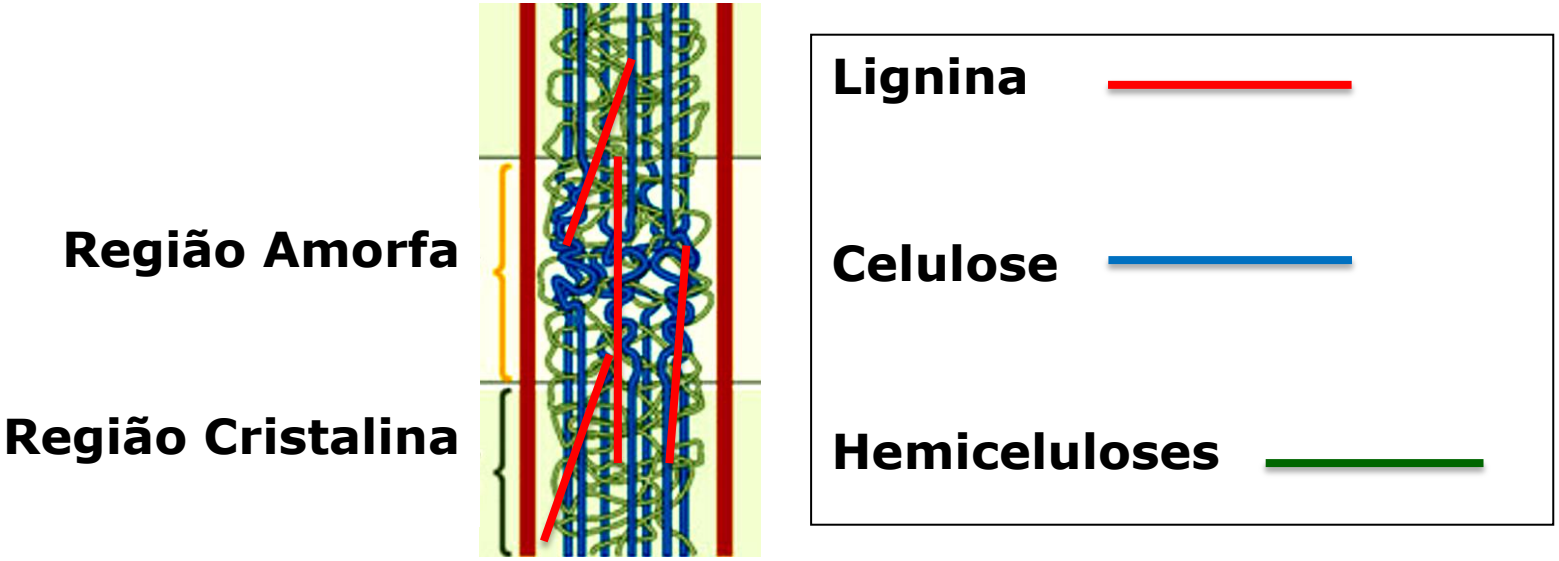
A parede celular das madeiras consiste fundamentalmente de duas frações:

Fração Fibrilar: **são conjuntos de moléculas de celulose, com natureza semicristalina, que se organizam na forma de cordões visíveis ao microscópio**

Fração Amorfa: **consiste de uma espécie de matriz amalgamante de lignina misturada com hemiceluloses. Tem a função de "cimentar" as fibrilas, dando resistência à parede celular e à madeira.**

O processo de lignificação é a fase final da formação da parede celular, quando o protoplasto forma compostos precursores de lignina, que se movem através da parede e vão se convertendo em lignina ao longo desse percurso

A lignina se deposita em maiores concentrações na lamela média e parede primária (M+P), mas uma parte considerável de seu conteúdo na célula está na parede secundária

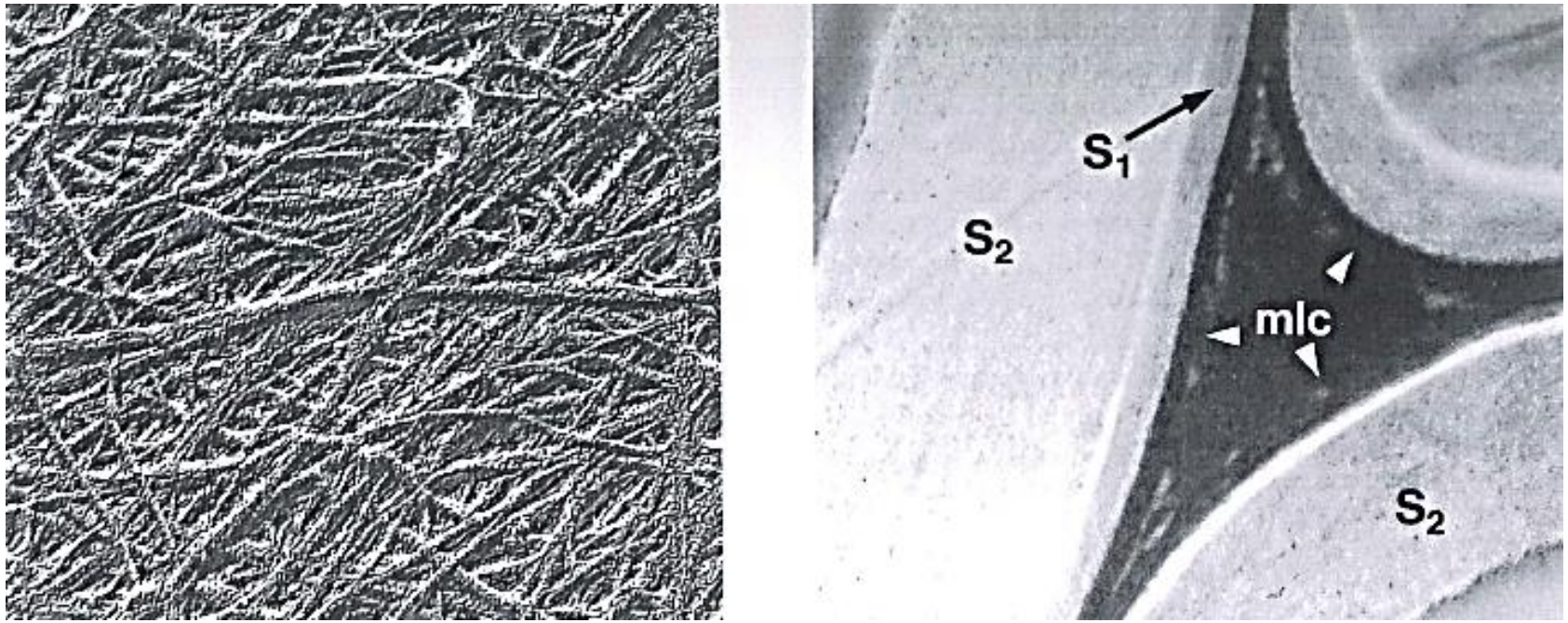


As microfibrilas podem ser vistas tanto no nível de microscopia ótica, como principalmente eletrônica

Enquanto as células estão ainda vivas, seu protoplasto recebe seiva elaborada que vem da casca através dos raios medulares, também enquanto vivos

Com a lignificação, a parede celular se torna mais hidrofóbica e rígida, sendo que o protoplasto acaba morrendo e se depositando para formar a camada verrugosa

Durante certo tempo, esses tecidos mortos serão ativos (como alburno ativo), permitindo a passagem de líquidos (seiva elaborada) através dele



Parede superficial de uma fibra e disposição de fibrilas e das camadas da parede celular

Fonte da Imagem:

https://www.researchgate.net/publication/279891808_The_ultrastructure_of_wood_fibre_surfaces_as_shown_by_a_variety_of_microscopical_methods_-_A_review

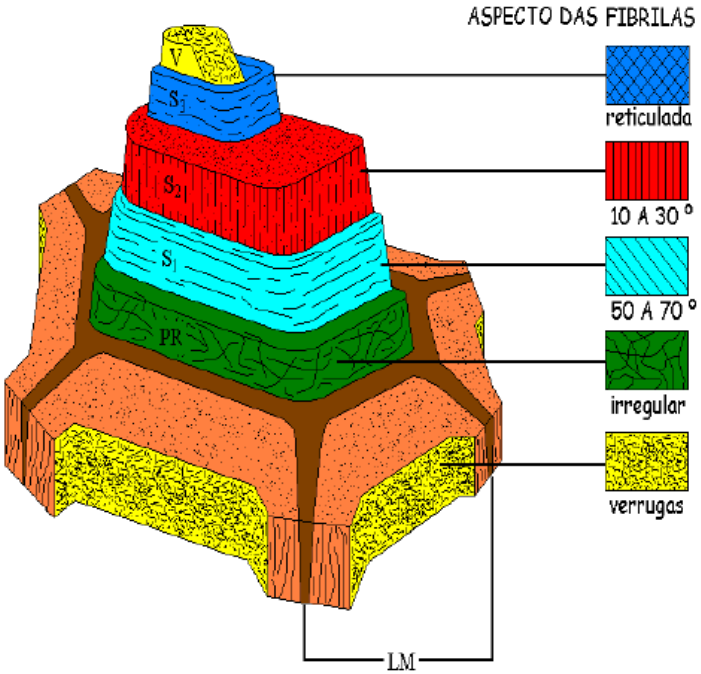
A disposição das fibrilas de celulose varia conforme a camada da parede:

Parede Primária: **fibrilas entrelaçadas e sem orientações definidas, função do processo de crescimento e esticamento da parede enquanto as fibrilas iam sendo depositadas**

Camada S1 da Parede Secundária: **As fibrilas se dispõem em ângulo de 50 a 70º em relação ao eixo da fibra, formando um conjunto que lembra um molho de cordas amarradas para segurar a Camada S2 pelo lado de fora**

Camada S2 da Parede Secundária: **é a camada mais espessa da parede e é ela que confere propriedades à madeira quanto à resistência, teor de celulose, etc. As fibrilas de celulose mantêm um ângulo microfibrilar entre 15º a 40º em relação ao eixo da fibra. Essa disposição dá excelentes resistências à compressão e à tração no sentido do comprimento do tronco.**

Camada S3 da Parede Secundária: novamente consistindo de fibrilas dispostas quase perpendicularmente ao eixo da fibra, mais uma amarração de fibrilas para conter firmemente a Camada S2 presa na parede celular

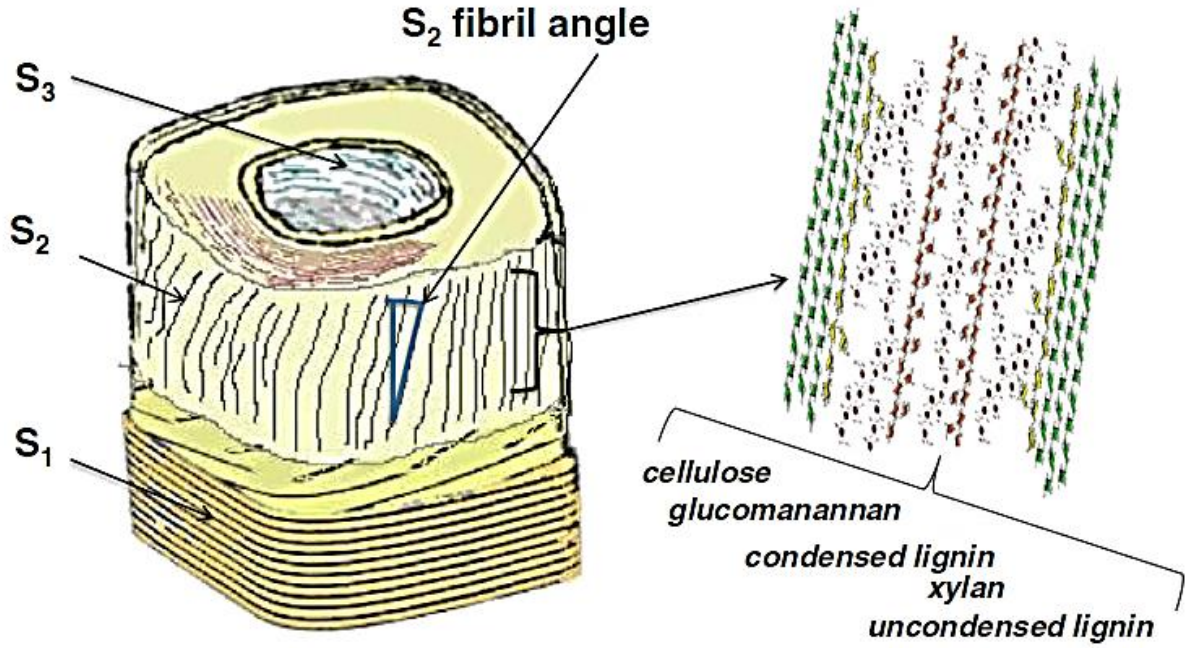


LM = lamela Média
P = Parede Primária
S1 = Camada 1 da Parede Secundária
S2 = Camada 2 da Parede Secundária
S3 = Camada 3 da Parede Secundária
W = camada verrugosa (warts)

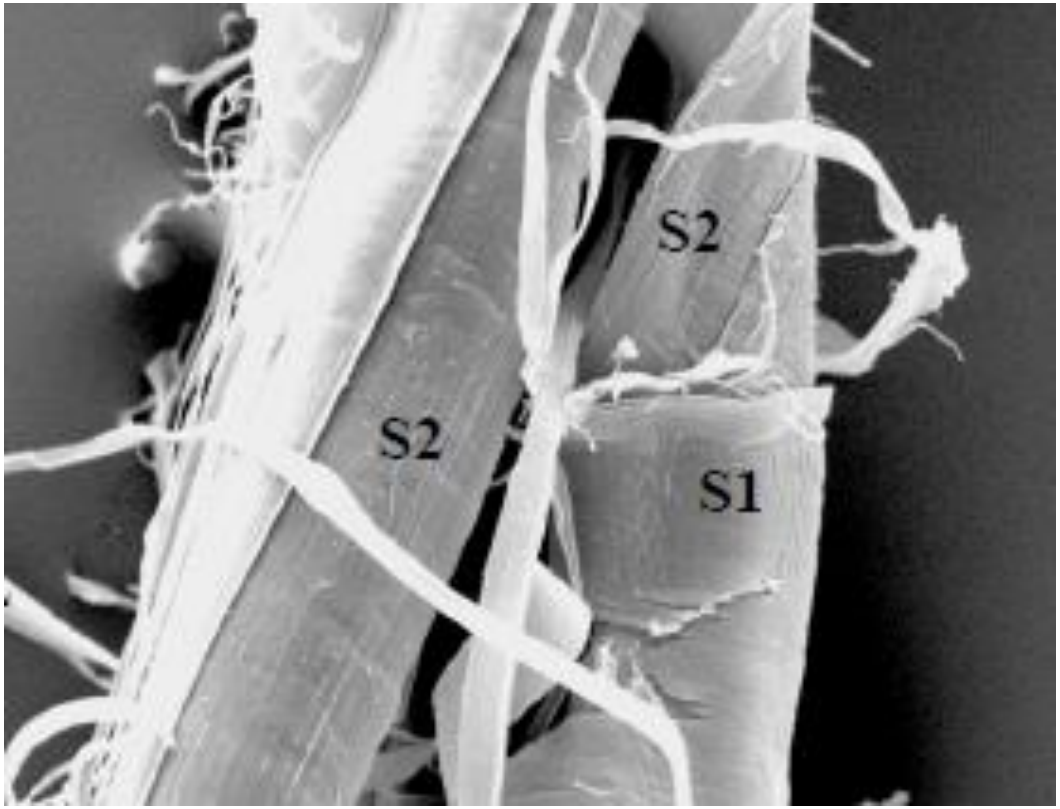
Fonte da Imagem:
http://www.engenhariaflorestal.ufpr.br/disciplinas/at113/ultraestruturaparedecelular2013.pdf

O ângulo fibrilar da Camada S2 varia com a idade do câmbio. Em idades mais jovens, a parede possui nessa camada ângulos mais abertos (25º - 35º), enquanto às idades mais velhas o câmbio forma ângulos mais fechados (15º a 20º)

Portanto, as madeiras mais próximas à medula possuem ângulos mais abertos em relação ao eixo das fibras

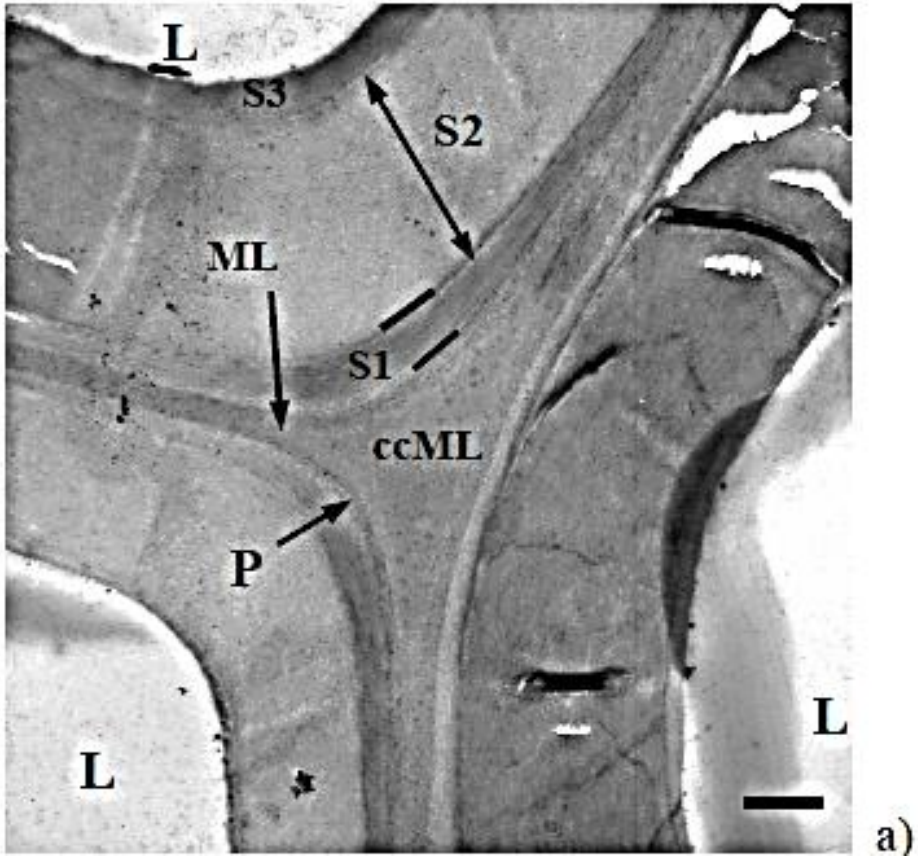


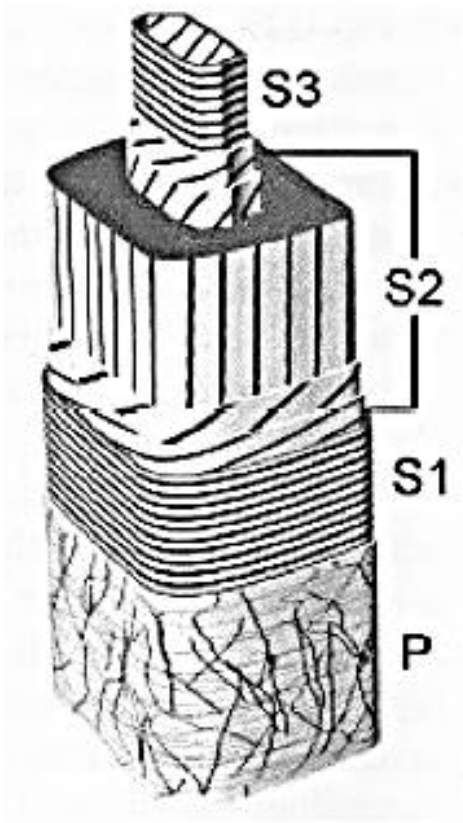
Fonte da Imagem: https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s13595-014-0403-3.pdf



Fibra vegetal com delaminação de camadas da parede secundária

Fonte da Imagem: https://pub.epsilon.slu.se/1367/1/Thesis_DF_Final_.pdf



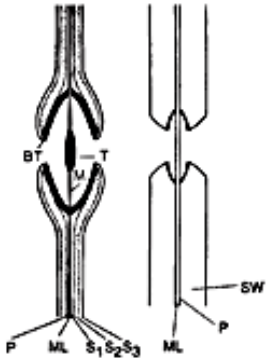


Fonte da Imagem: https://pub.epsilon.slu.se/1367/1/Thesis_DF_Final_.pdf

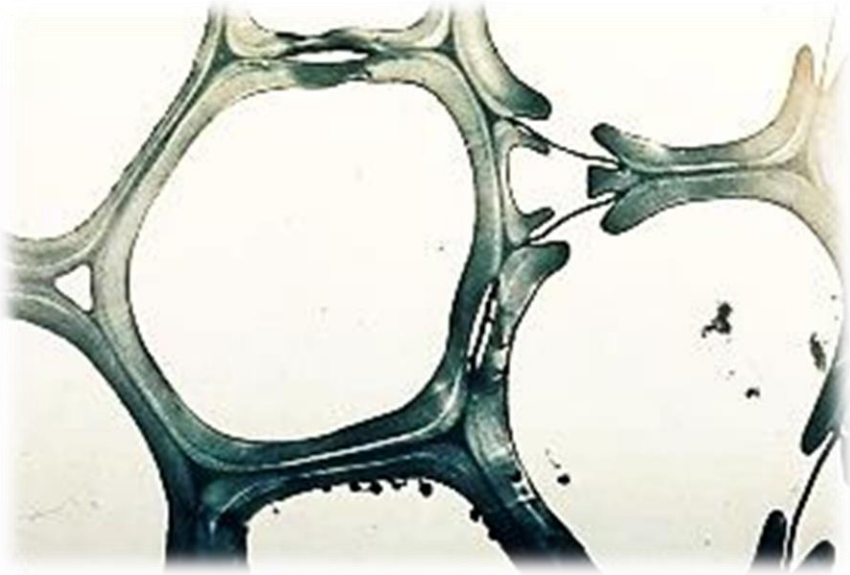
Durante o processo de formação e estruturação da parede celular de todos os elementos anatômicos das madeiras, a planta cria pequenas aberturas nas paredes para permitir a movimentação de líquidos vitais entre as células

O líquido pode ser o próprio citoplasma, enquanto as células estão vivas e interagindo com células adjacentes.
Ou pode ser seiva bruta ou mineral (xilema) ou seiva orgânica ou elaborada (floema).

Essas aberturas são denominadas de PONTUAÇÕES OU PONTOAÇÕES



Pontuação Aureolada e Pontuação Simples (*Pits*)



As pontuações regulam os fluxos de passagem de líquidos de uma célula para a outra: podem favorecer ou dificultar

Isso se com segue fazer através de diferenciais de pressão hidrostática, de tensão superficial e de abertura ou fechamento de membranas que podem possuir ou não espessamento central (tórus)

As pontuações costumam acontecer entre células adjacentes dos seguintes tipos:

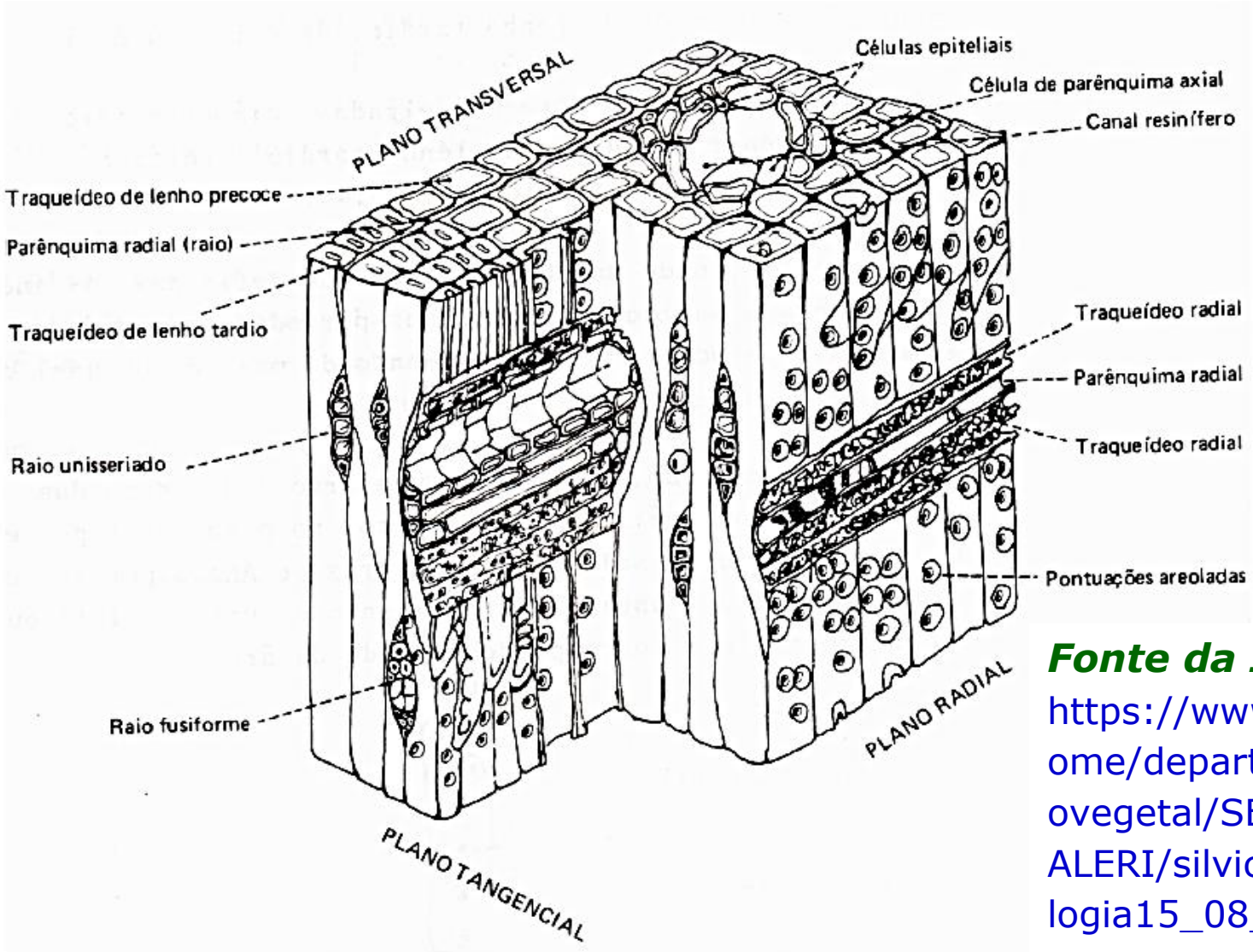
No Xilema:

Traqueído e Traqueído
Traqueído e Parênquima radial
Traqueído e Parênquima axial
Fibra libriforme e fibra libriforme
Fibra libriforme e Parênquima radial
Fibra libriforme e Parênquima axial
Elemento de vaso e Parênquima radial
Elemento de vaso e Parênquima axial
Elemento de vaso e Fibra libriforme
Células de parênquima entre si
Células do xilema com o câmbio vascular

No Floema:

Elementos crivosos do floema entre si
Células esclerenquimáticas e Elementos crivosos
Elementos crivosos e Parênquima radial
Células de parênquima entre si
Células do floema com o câmbio vascular

As pontuações podem ser simples buraquinhos nas paredes das fibras (pontuações simples), ou elas são arquitetadas de maneira a poderem melhor controlar os fluxos de seiva entre uma e outra das células que se intercomunicam através das pontuações



Fonte da Imagem:
https://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/producaovegetal/SERGIOVALIENGOVALERI/silvic_modulo2_dendrologia15_08_2016.pdf

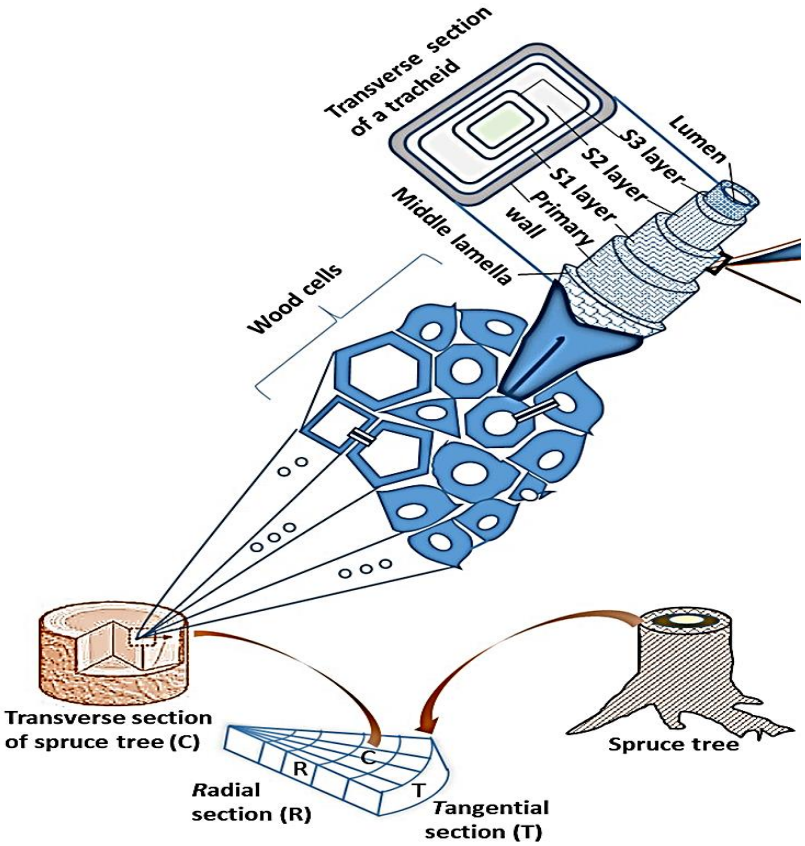
Madeiras são basicamente constituídas de paredes celulares que correspondem à maior proporção de seu peso seco

Praticamente todo o conteúdo em lignina, celulose e hemiceluloses de uma madeira de troncos de árvores está presente em suas paredes celulares do xilema

A densidade da substância madeira ou da parede celular isenta de vazios é relativamente constante para todas as madeiras e varia entre 1,50 a 1,56 g/cm³

A parede celular das madeiras de árvores industriais são fontes de inesgotáveis riquezas, principalmente nesse momento onde as biorrefinarias estão surgindo como alternativas para integrações dos negócios no setor de celulose e papel

2.4. Ultraestrutura da Parede Celular das Madeiras



Fonte da Imagem: https://www.nature.com/articles/s41598-019-40303-4

Ultraestrutura nada mais é do que a arquitetura e o arranjo de células de biomateriais quando visualizados em outros tipos de equipamentos de caracterização dos mesmos que tenham capacidade de enxergar o que os microscópios óticos não conseguem mostrar devido à sua menor resolução

Em geral, apresenta a maneira como as células e suas organelas são vistos e entendidos pelos Microscópios Eletrônicos, com a ajuda complementar de:

Difratômetros de raios-X

Equipamentos para microfluorescência

Espectrógrafos Ultra-Violeta,

Cintilógrafos

Softwares especializados para interpretação e modelagens

Inicialmente, vamos recordar com o amigo Alfredo Mokfienski as dimensões mais usuais de elementos fibrosos de madeiras usadas no Brasil, com foco nas dimensões de suas paredes:

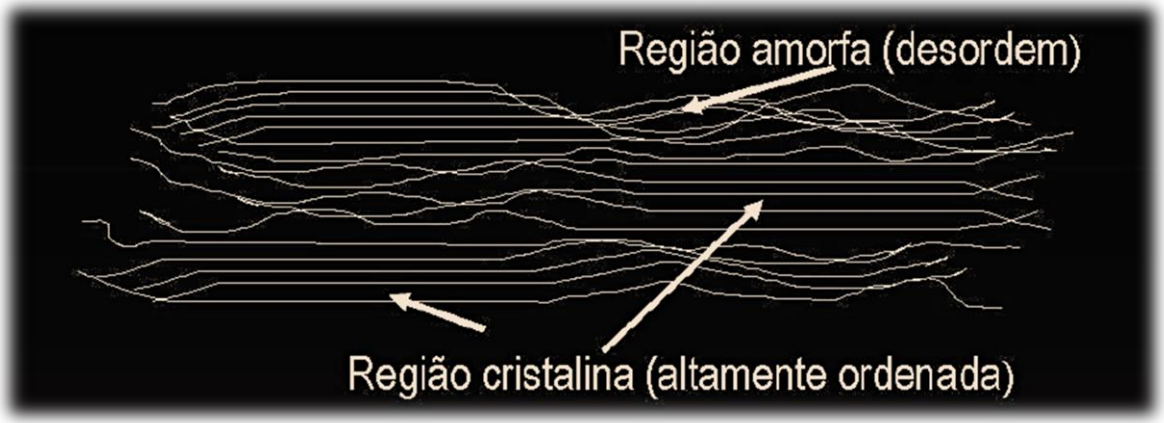
Dimensões	*P. elliotti*	*P. caribaea*	*E. grandis*	Acacia negra
Comprimento, mm	3,3	4,3	1,0	1,0
Largura, µm	46,7	49,6	18,2	18,2
Diâmetro lúmem, µm	31,0	28,8	9,1	9,2
Espessura parede, µm	7,8	10,4	4,5	4,5

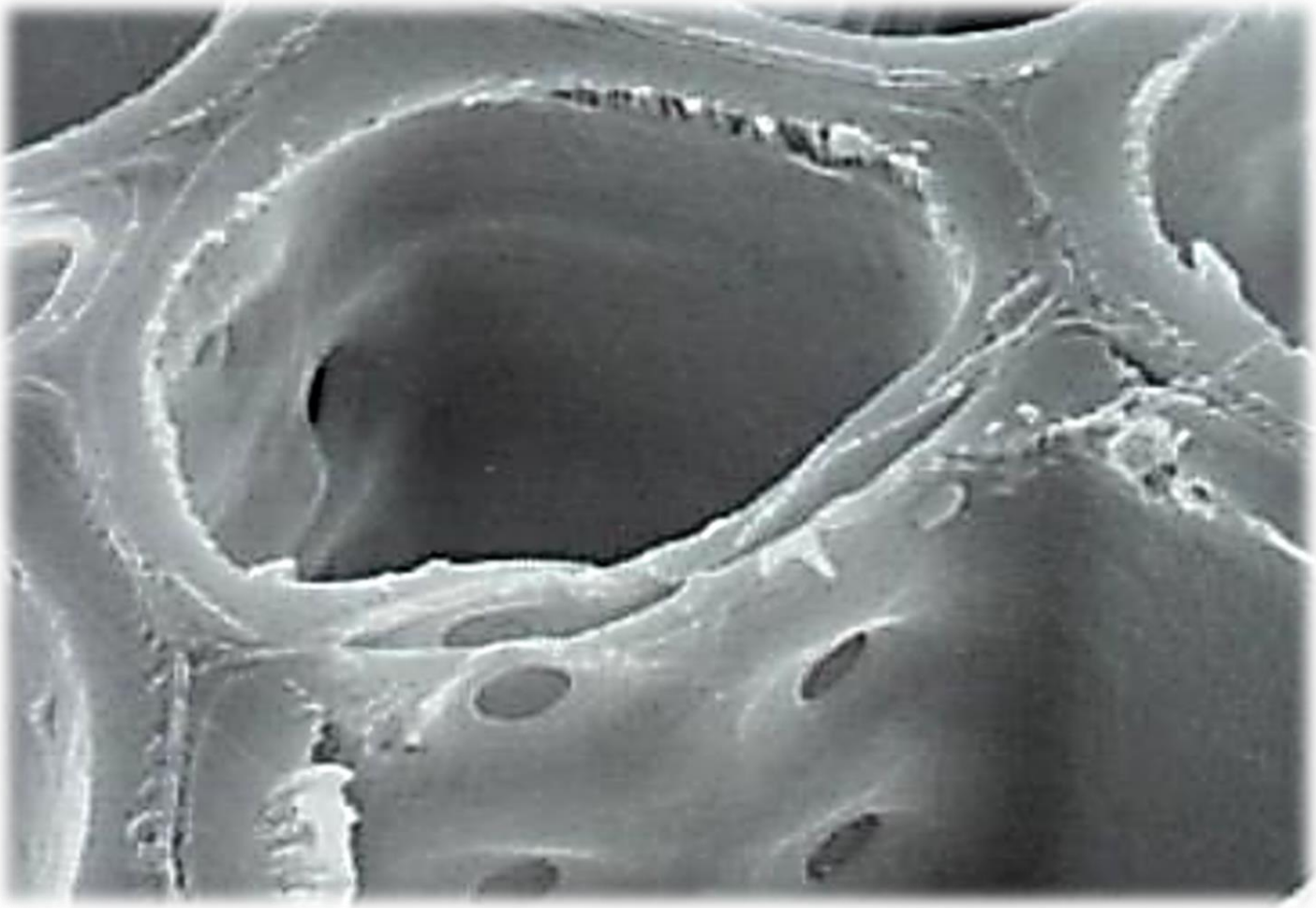
Fonte da Tabela:

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2004_Materias+Primas+Fibrosas_Quimica+%20Madeira.pdf

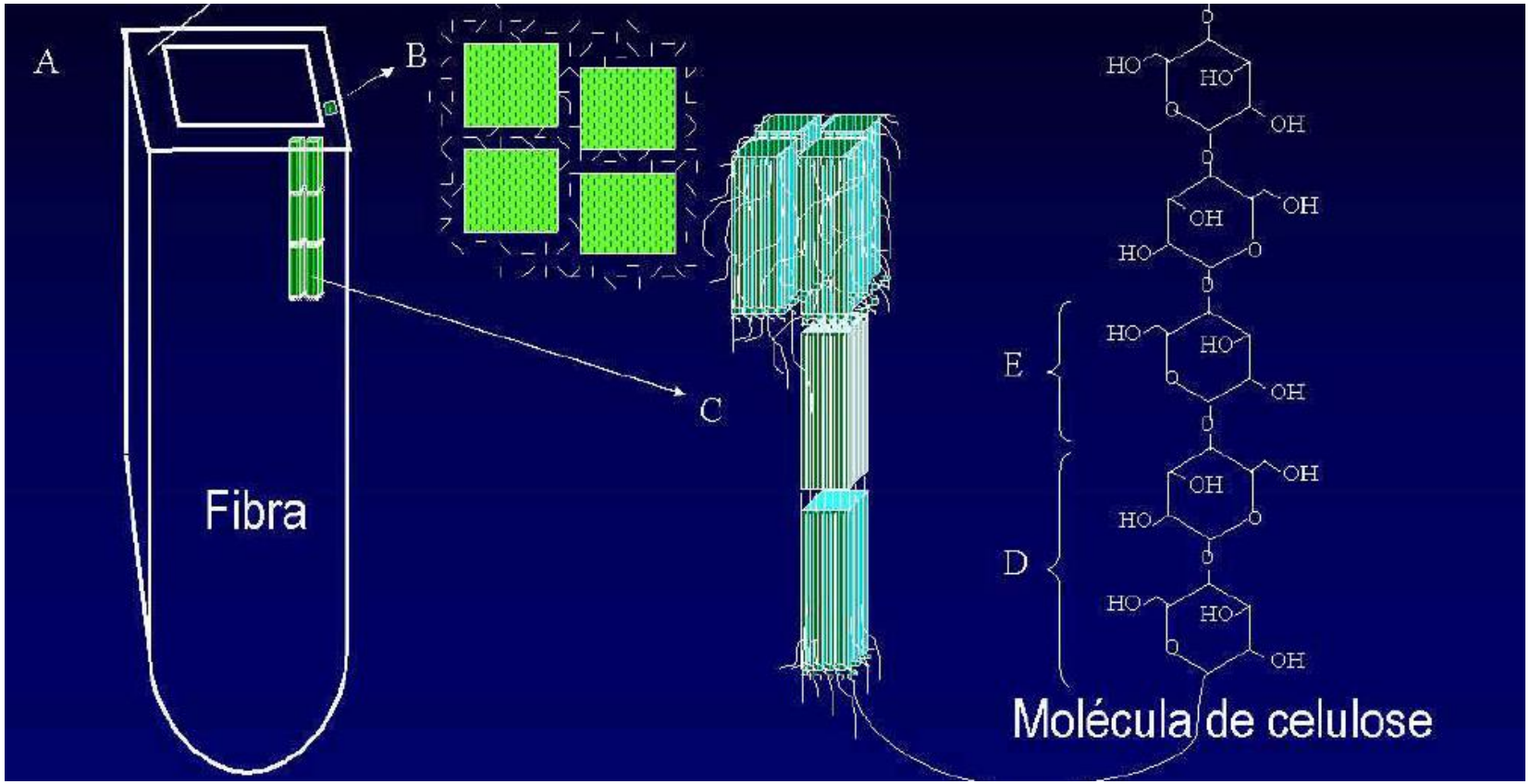
As paredes das fibras e também de outros elementos anatômicos como elementos de vaso, células de parênquima, fibrotraqueídos, etc. possuem similaridade na sua estrutura, entretanto variando suas dimensões, tipos e frequência de pontuações, etc.

Portanto - Paredes celulares de elementos anatômicos de madeiras sempre possuem moléculas de celulose, lignina e hemiceluloses, apresentando características cristalinas devido à maior presença de celulose nessa matriz



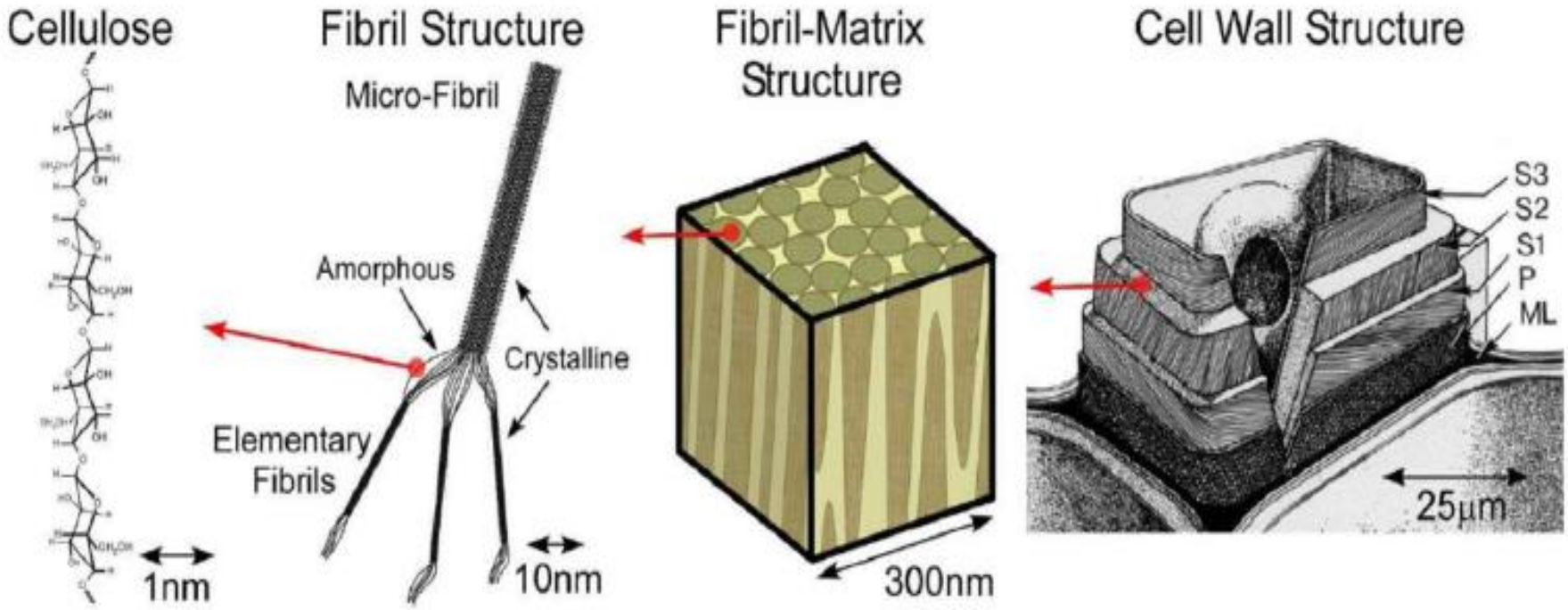


Paredes celulares e suas pontuações



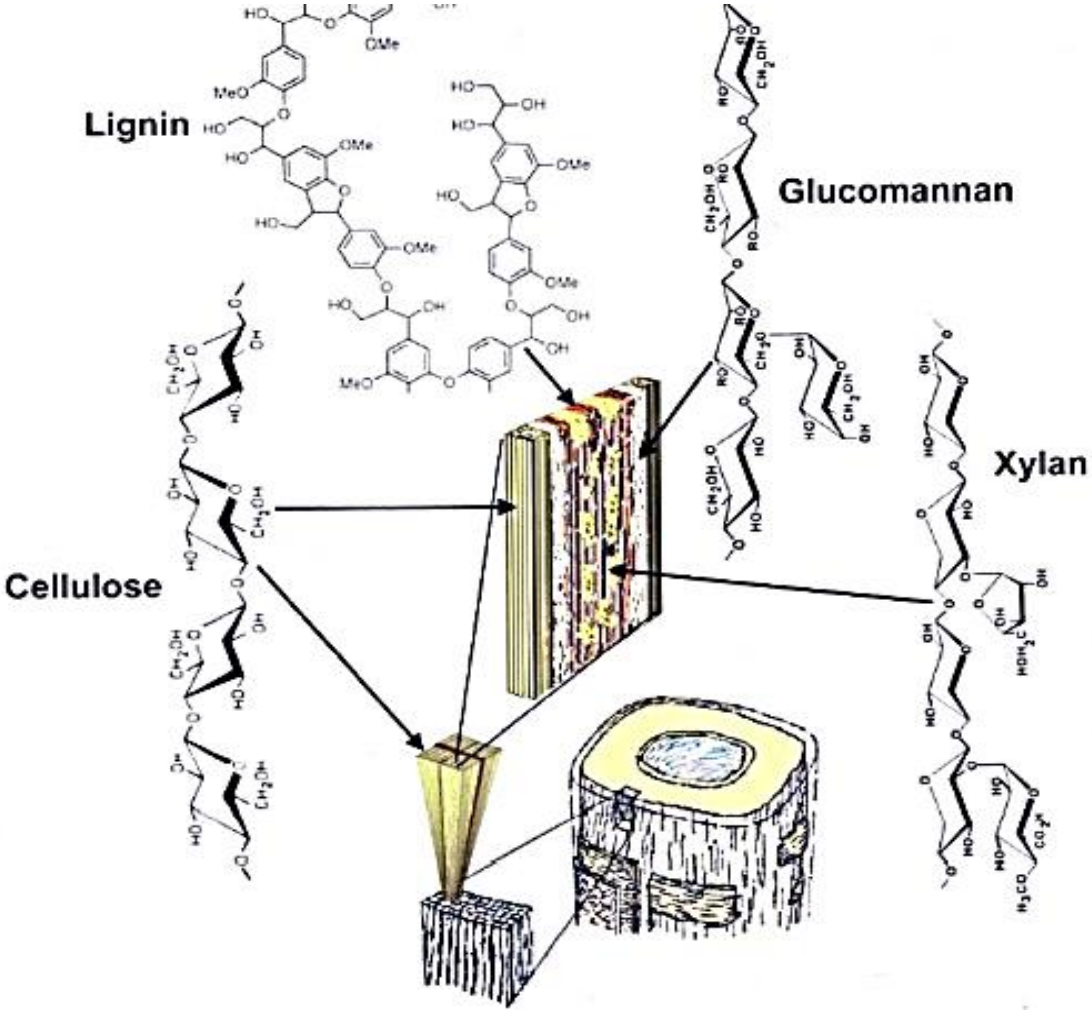
Fibras – Fibrilas – Microfibrilas
Fibrilas Elementares – Moléculas

Fonte da Imagem:
https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2004_Materias+Primas+Fibrosas_Quimica+%20Madeira.pdf



Hierarquia na estrutura da madeira

Fonte da Imagem:
https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/11197/isbn9789526053806.pdf?sequence=1&isAllowed=y



Hierarquia na estrutura da madeira

Fonte da Imagem: https://pub.epsilon.slu.se/1367/1/Thesis_DF_Final_.pdf

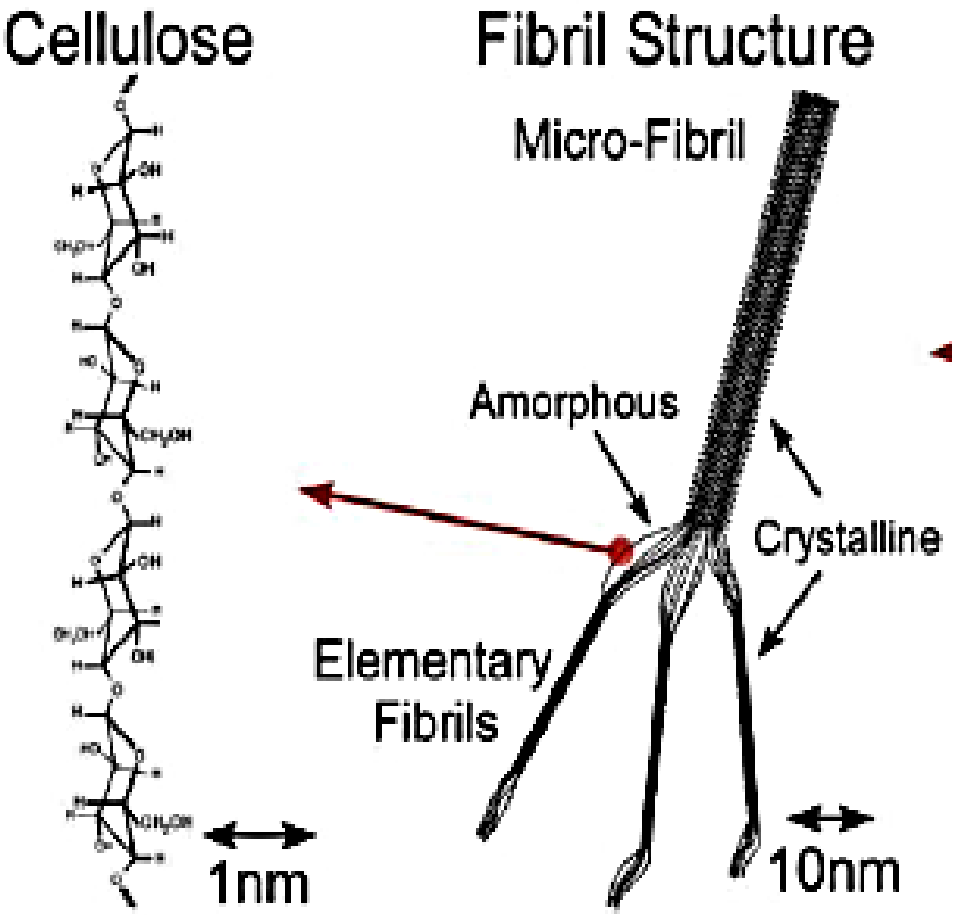
As coisas são nanométricas na visão da ultraestrutura

1 Ångstrom = 0,1 nm

1 nm = 0,001 µm

1 µm = 0,001 mm

1 mm = 0,001 m

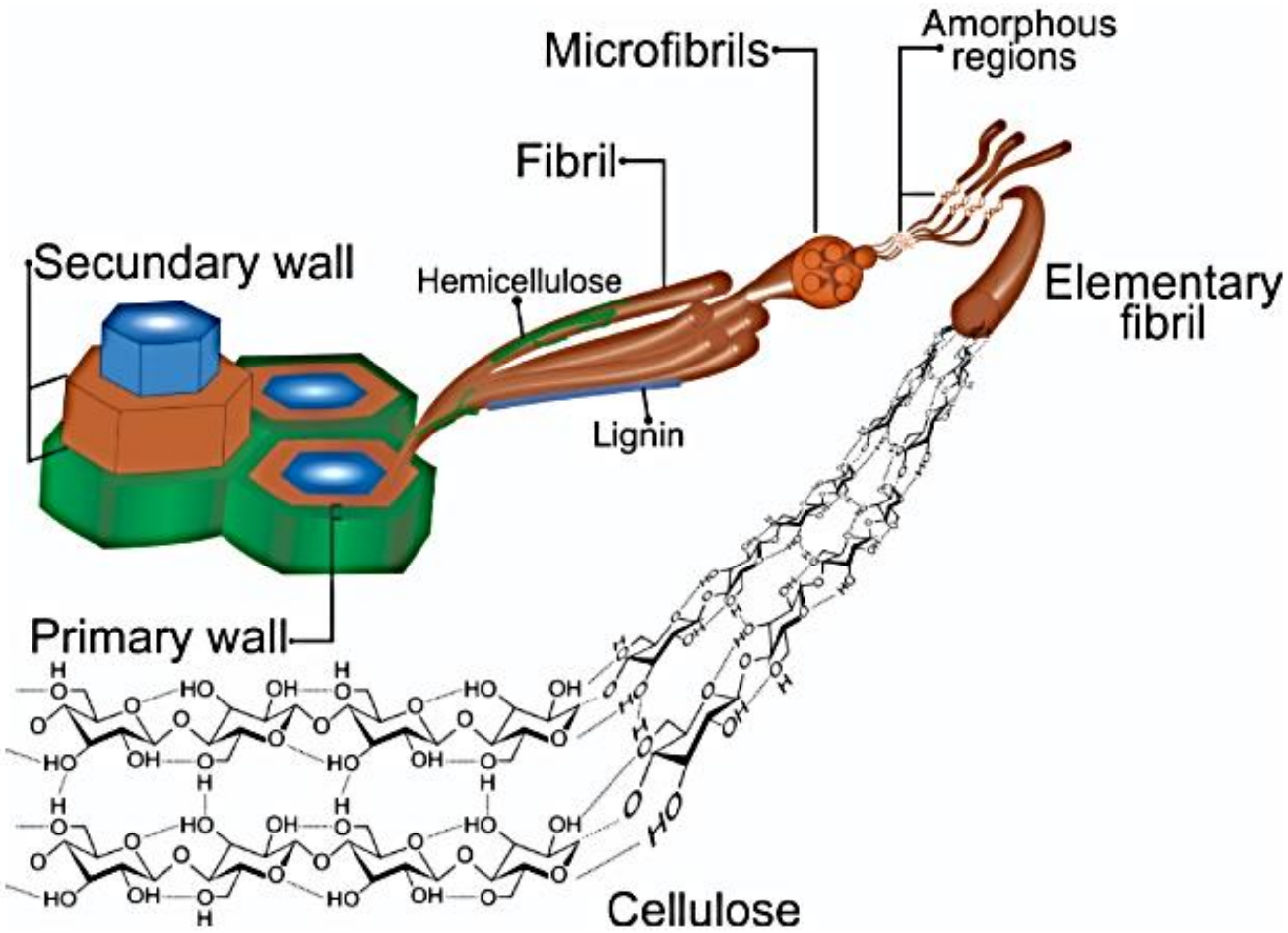


Fibrilas elementares: ***grupamentos moleculares constituídos de 30 a 100 moléculas de celulose (mais relatadas como 36), mostrando regiões amorfas (25 a 35% do peso) e cristalinas (65 a 75%) - para o caso das madeiras***

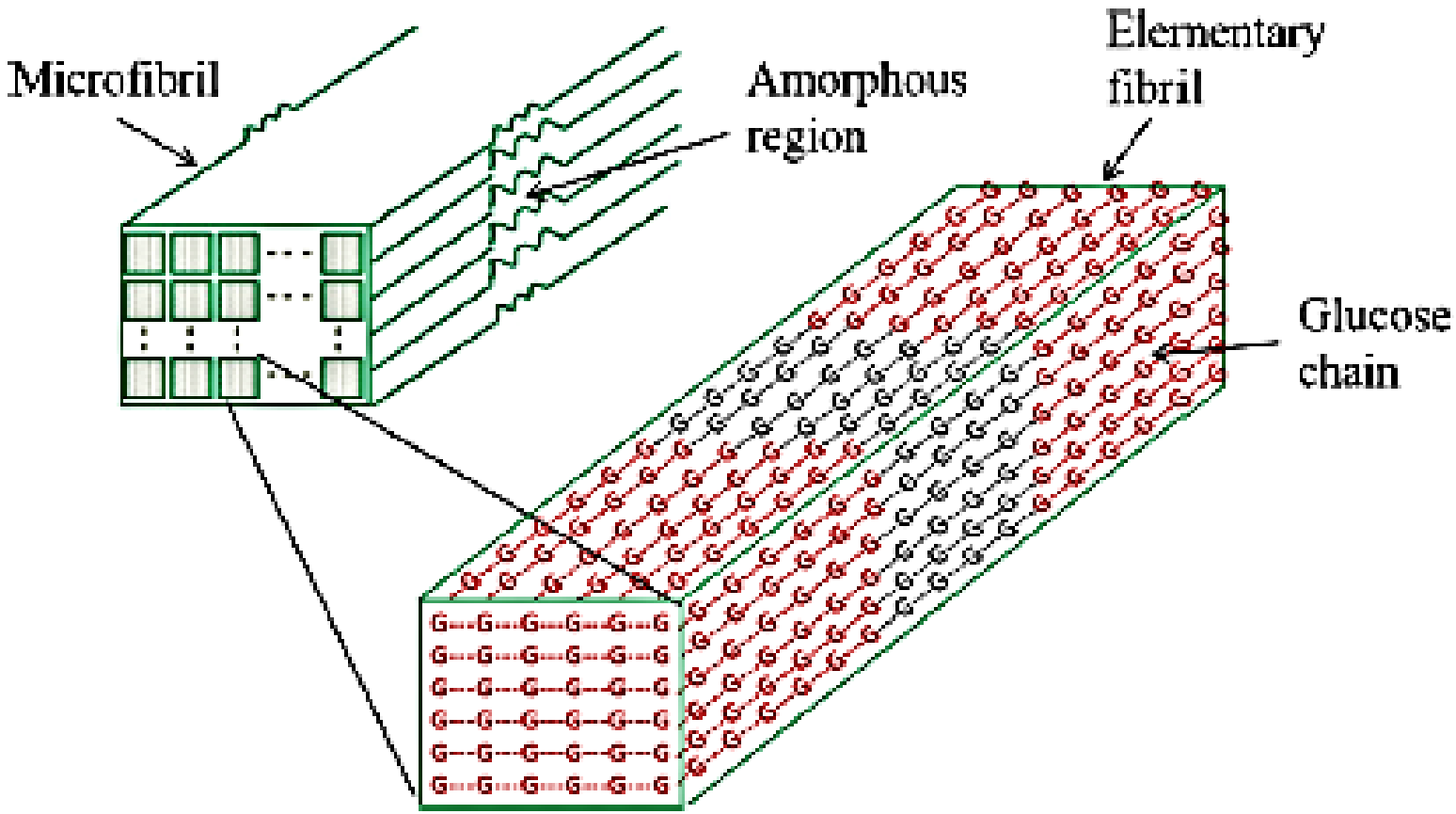
Dimensões das fibrilas elementares: 2 a 10 nm de diâmetro e 1 a 5 µm de comprimento

Microfibrilas: ***grupamentos contendo 10 a 20 fibrilas elementares próximas e com similaridade de comprimento e posicionamento das regiões amorfas***
Em geral, as microfibrilas possuem entre 15 a 20 nm de diâmetro e comprimento similar ao das fibrilas elementares

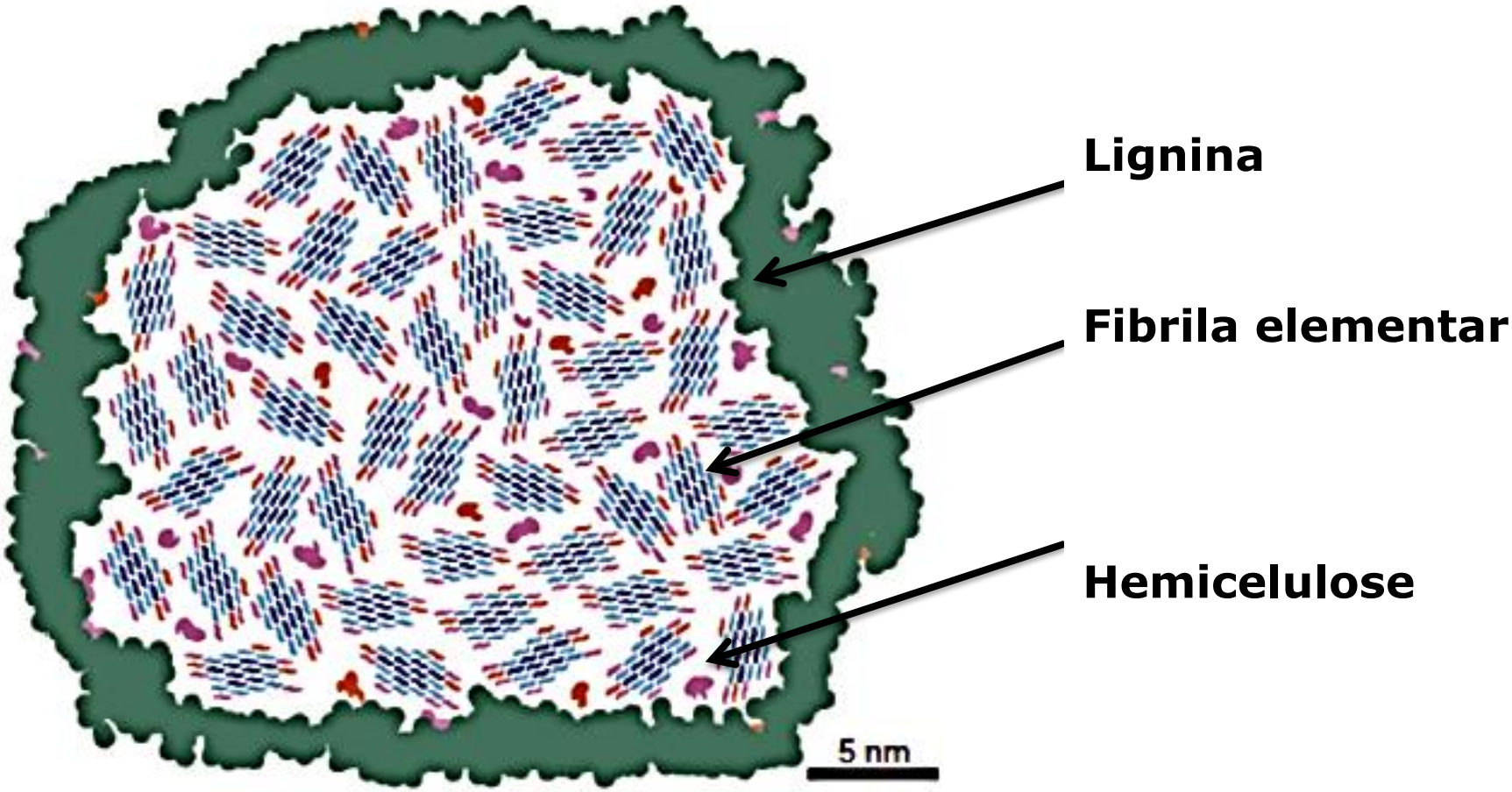
Fibrilas: ***conjuntos de aproximadamente 20 microfibrilas próximas, unidas entre si e organizadas formando espécies de cordões visíveis em microscopia eletrônica***



Fonte da Imagem: https://www.intechopen.com/books/cellulose-fundamental-aspects-and-current-trends/current-trends-in-the-production-of-cellulose-nanoparticles-and-nanocomposites-for-biomedical-applic



Fonte da Imagem:
https://www.researchgate.net/publication/236592532_Stochastic_molecular_model_of_enzymatic_hydrolysis_of_cellulose_for_ethanol_production/figures?lo=1



Sugestão de estrutura para uma microfibrila de conífera

Fonte da Imagem:

https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/adma.202001613

2.5. Topoquímica da Madeira e sua Importância

Uma madeira, para ser de boa qualidade para o processamento kraft, deve mostrar boa acessibilidade ao licor de cozimento. Acessibilidade é a facilidade que os cavacos vão oferecer para a penetração, difusão e reações do licor de cozimento no interior da madeira

Sem a entrada do licor para dentro dos cavacos de madeira, não ocorrerão as reações químicas necessárias para a dissolução dos constituintes da madeira que unem as fibras umas às outras

Sem que ocorram essas reações em sua plenitude e nas doses corretas, sobrarão muitas regiões da madeira que não terão suas fibras individualizadas

Por isso, além de se ter que conhecer as etapas da impregnação e entrada do licor de cozimento nos cavacos, há que se conhecer a TOPOQUÍMICA DOS CONSTITUINTES DA MADEIRA, ou seja, onde estão localizados os componentes químicos, sua concentração e distribuição

Já dissemos, mas vale a pena repetir:

Conhecendo como a madeira está estruturada e como seus diversos constituintes se distribuem nas células, poderemos ter uma visão privilegiada do processo kraft para otimizar o mesmo

Bem diferente do que enxergar apenas cavacos, licores (álcali ativo e sulfidez) e indicadores como o número kappa e a viscosidade das polpas

As camadas das paredes celulares diferem em espessura, composição e distribuição das microfibriilas de celulose

Tipo de Parede/Camada	Espessura (µm)	Constituintes Químicos
(M+P)corner	0,5 µm	Lignina
Lamela média	0,2 µm	Lignina, Hemiceluloses
Lamela Média Composta (M+P)	Menor 0,7 µm	Lignina, Hemiceluloses, Celulose
S_1	0,5 µm	Celulose, Lignina, Hemiceluloses
S_2	3 a 8 µm	Celulose, Hemiceluloses, Lignina
S_3	0,3 µm	Celulose, Hemiceluloses, Lignina

E ainda:

W – irregular e fragmentada (extrativos depositados)

Os resultados para análises de diferentes madeiras apontam o seguinte para a lamela média composta (M+P):

50 a 70% de concentração de lignina

25 a 40% de concentração de carboidratos sendo a maior parte pentoses

2 - 5% de concentração de cinzas minerais

A Lamela Média não consegue conter ou abrigar mais do que uma limitada proporção da lignina da madeira, o restante está distribuída nas camadas das paredes secundária

A lamela média pura (M) não possui celulose em sua constituição, a lamela média composta (M+P) já a possui, embora em pequena percentagem

Em (M+P) podem também serem encontradas, dependendo do estágio de desenvolvimento celular: proteínas, pectinas, xilanas, glucanas, mananas, galactanas, etc.

A presença de cinzas minerais é também expressiva na lamela média composta.

(M+P) representa entre 7 a 15% do volume sólido da fibra, variando para mais ou para menos dependendo da espessura total da parede celular

Distribuição aproximada da lignina total nas diversas camadas da fibra de eucalipto:

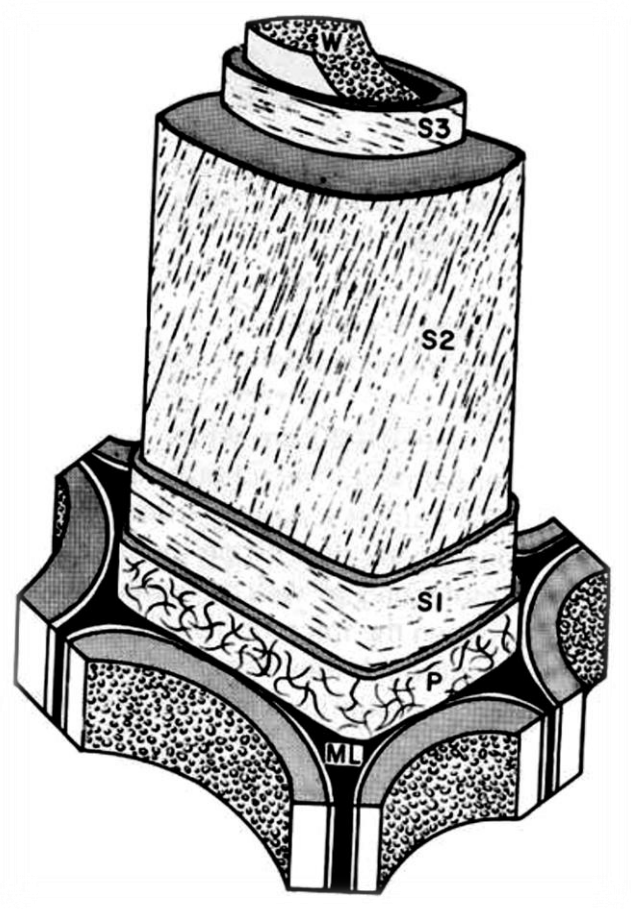
Somente Lamela Média (M) = 23 – 28%

Lamela Média Composta (Lamela Média+Primária) = 38 – 42%

$S_1 + S_2$ = 55 - 60%

S_3 = 2 – 6%

Distribuição da lignina total na madeira de eucalipto



Conteúdo Total Lignina =

26% base madeira a.s.

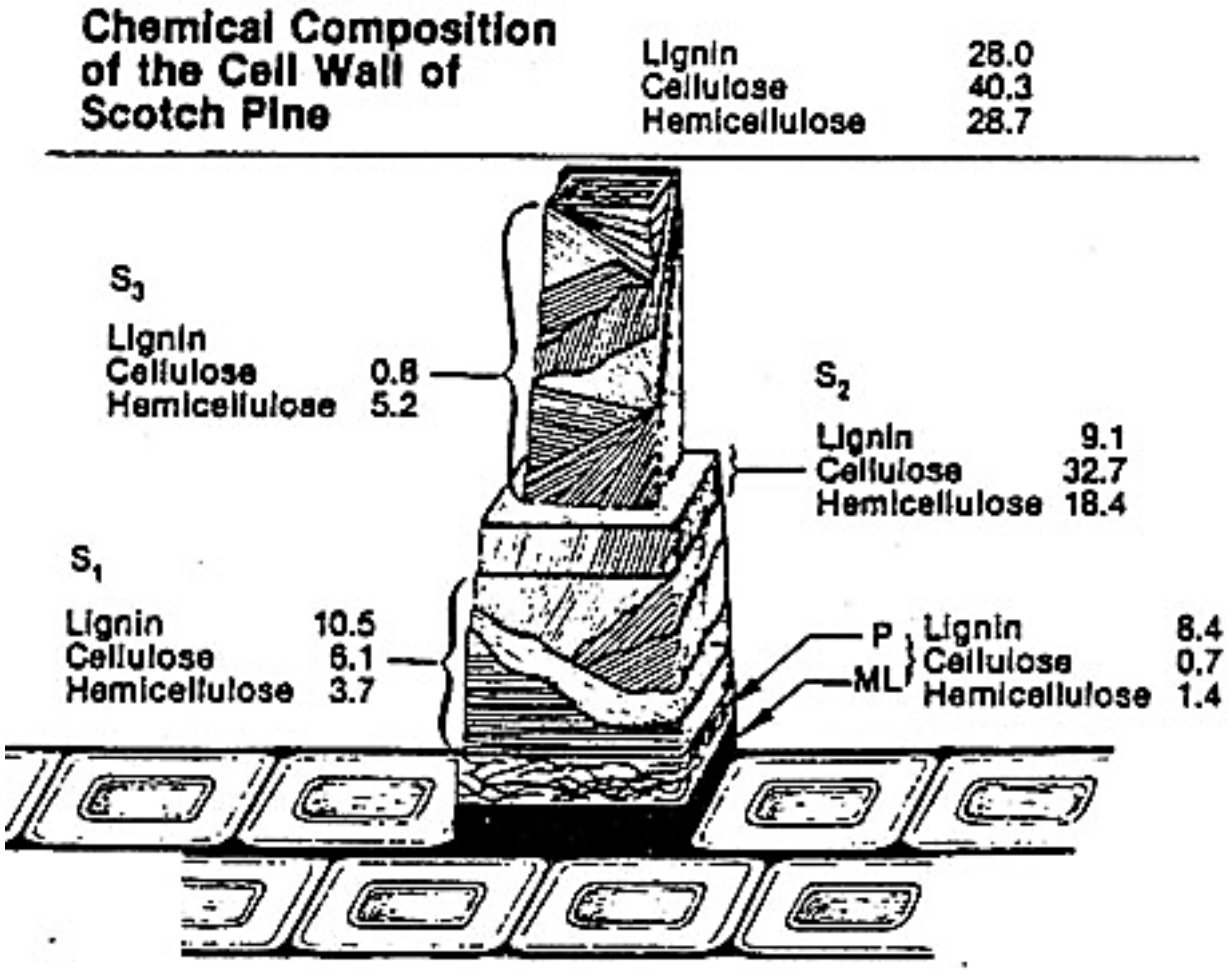
(M+P) = 8%

S1 + S2 = 16,5%

S3 = 1,5%

Ou seja, a maior parte da lignina a ser extraída pela polpação química está na parede secundária

Distribuição de constituintes químicos em traqueído de conífera:



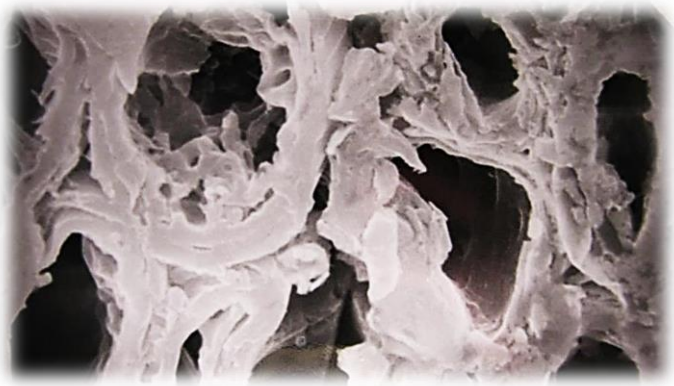
Fonte da Imagem:

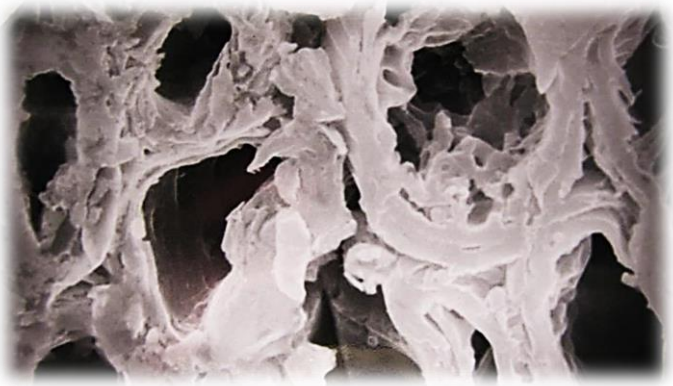
https://www.researchgate.net/publication/266863696_Can_the_Cell_Wall_be_Stabilized

M+P é a última camada das células a ser acessada pelo licor de cozimento, pois o licor entra nas células pelos lúmens, atravessa as paredes verrugosa e secundária para só depois começar a deslignificar (M+P)

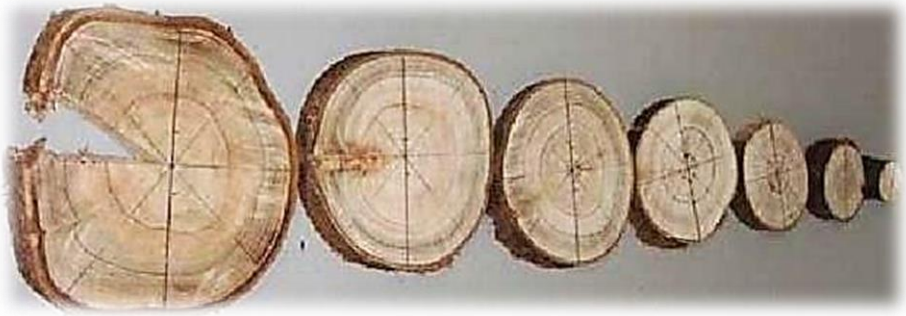
Enquanto o licor de cozimento trafega no sentido de buscar acessar (M+P) para dissolver a mesma e liberar as fibras, ele vai encontrando em contracorrente um fluxo de sólidos orgânicos dissolvidos das paredes já acessadas da fibra, enriquecendo-o assim de mais materiais orgânicos dissolvidos

Enquanto faz esse trajeto vai perdendo sua alcalinidade ativa





Tema 3: ***Anéis de Crescimento, Lenhos, Madeira Juvenil & Adulta, Cerne & Alburno***



Anéis de crescimento *Eucalyptus*

Fonte da Imagem:
https://www.researchgate.net/publication/275674779_Alteracoes_nas_caracteristicas_quimicas_da_madeira_com_a_substituicao_do_K_por_Na_em_plantacoes_de_eucalipto/figures?lo=1

Anéis de crescimento *Pinus*

Fonte da Imagem:
http://www.if.ufrrj.br/biolig/art_citados/Caracteriza%C3%A7%C3%A3o%20f%C3%ADsica%20e%20qu%C3%ADmica%20da%20madeira%20de%20Pinus%20elliottii.pdf

A formação de madeira pela atividade cambial é bastante afetada pelas condições ambientais, pois a fisiologia e metabolismo das árvores são muito influenciados por esses fatores

Clima (temperatura e chuvas), insolação (comprimento do dia e taxa de insolação/luminosidade) são fortes modificadores do tipo e quantidade de madeira formada

LENHO INICIAL: Condições favoráveis ao crescimento das árvores promovem aumento do ritmo de produção celular, formando células mais largas, com lúmens mais abertos e paredes celulares mais finas
O crescimento é maior, mas a qualidade das madeiras pode não ser tão adequada para alguns tipos de papéis ou uso estrutural das madeiras, seja de *Pinus* ou de *Eucalyptus*

Também a penetração e impregnação do licor de cozimento podem ser influenciadas pelo tipo de madeira

Diferentes ritmos de crescimento e tipos de madeiras em *Pinus*

Fonte da Imagem: https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/2010_Impactos_sazonalidade.pdf

LENHO TARDIO: Em condições mais desfavoráveis, o crescimento é mais lento e os elementos anatômicos formados são mais longos, com paredes mais espessas e diâmetros das células e dos lúmens menores

Em regiões de clima temperado e subtropical as estações do ano costumam ser bem definidas:

Primavera/Verão: Quentes e úmidos ou quentes e secos

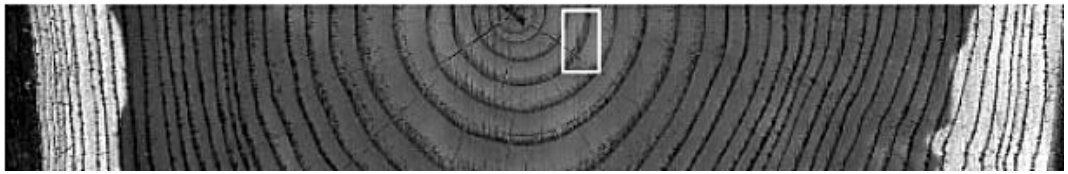
Outono/Inverno: Frios e úmidos ou frios e secos

Em geral, o crescimento na primavera e verão é mais pronunciado e a madeira formada é do tipo *Lenho Inicial* ou *Lenho Primaveril*

O crescimento das árvores em condições desfavoráveis de frio ou seca forma madeiras do tipo *Lenho Tardio* ou *Lenho Outonal*

Em situações de mudanças anormais de clima durante o verão ou inverno, surgindo invernicos ou veranicos durante a estação principal, as árvores podem dar origem à formação de lenhos diferentes pelas razões climáticas durante o tempo que durarem as mudanças climáticas

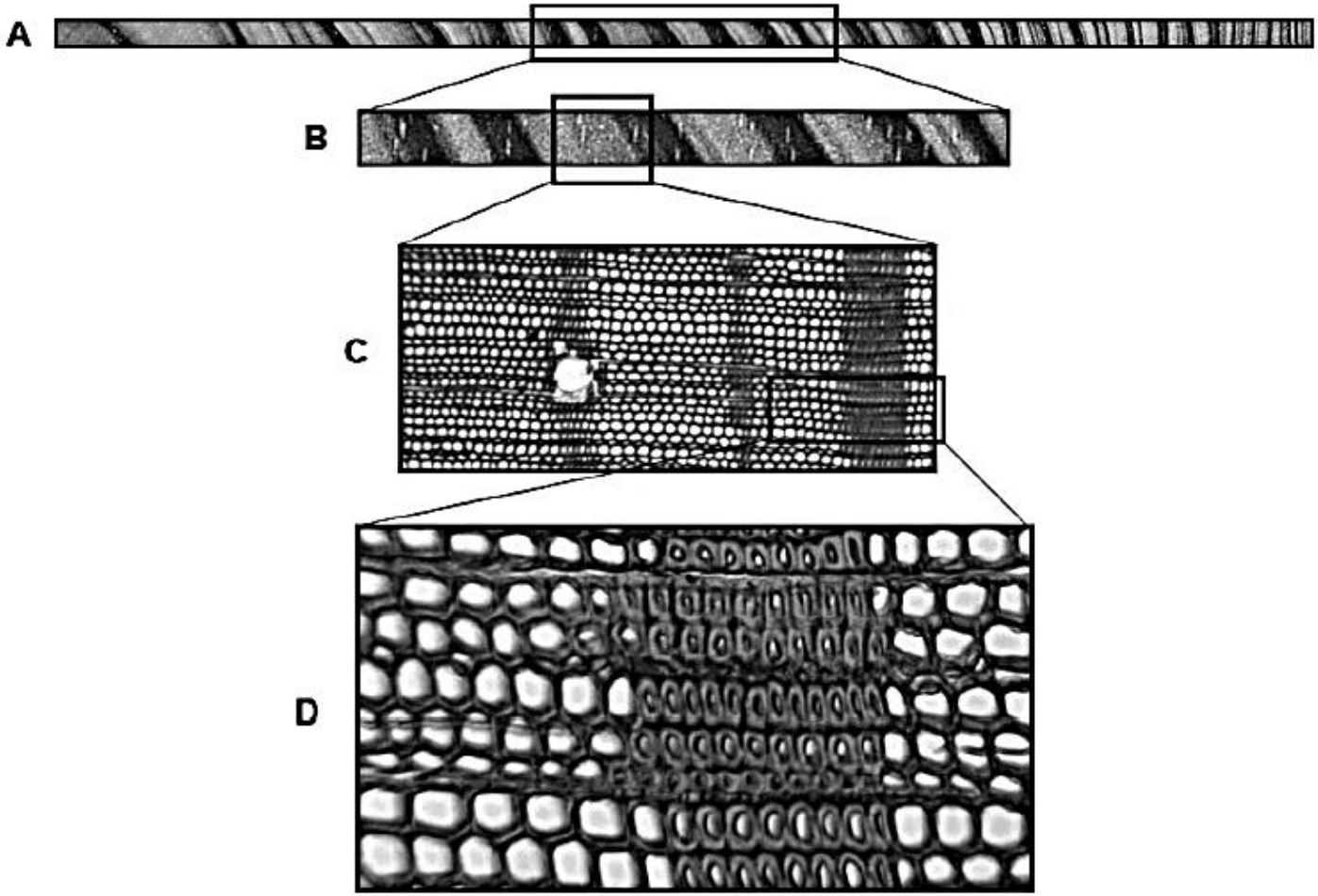
Madeira *Pinus nigra*



Anéis de crescimento, lenhos inicial e tardio, cerne e alburno

Fonte da Imagem:

http://www.plantphysiol.org/content/plantphysiol/127/4/1513.full.pdf

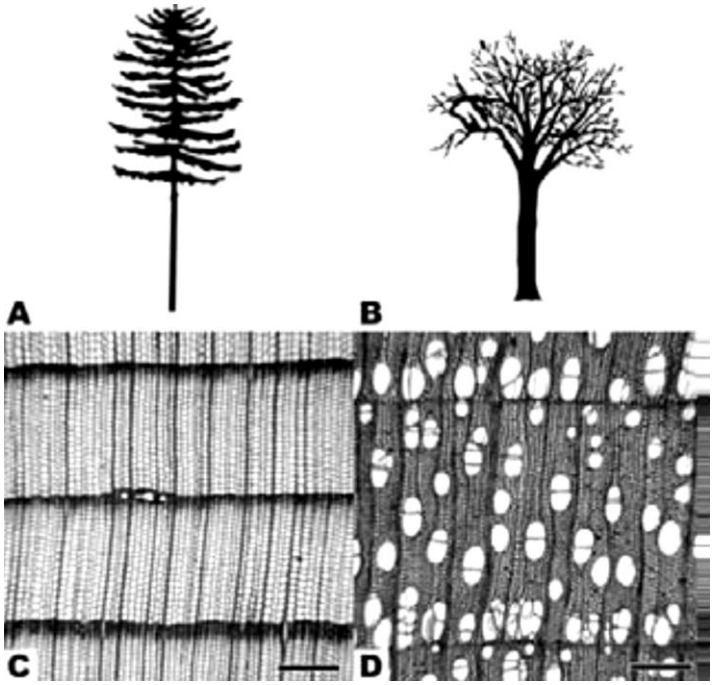


Estrutura anatômica do xilema de *Pinus caribaea var. hondurensis*

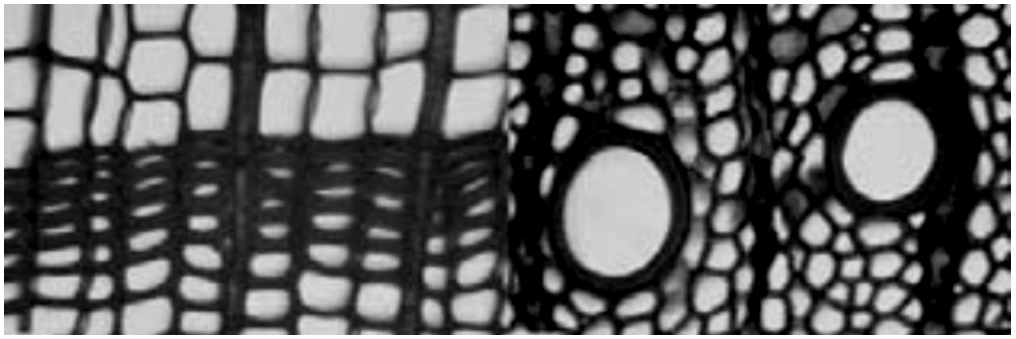
Fonte da Imagem: https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr83/cap07.pdf

Assim, em situações normais de variação do clima teremos a formação de dois tipos de madeira: lenho inicial e lenho tardio, sendo que a esse conjunto se chama de *Anel de Crescimento*

***Falsos Anéis de Crescimento* podem surgir caso tenhamos mudanças climáticas mais fortes e longas**

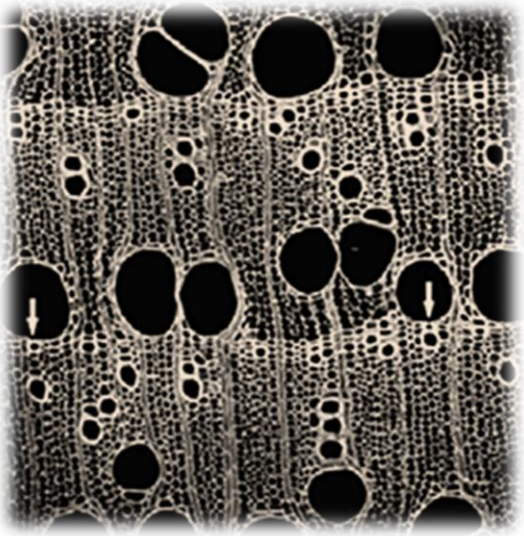


Fonte da Imagem:
https://www.researchgate.net/publication/237823123_2_Structure_and_Function_of_Wood



Fonte da Imagem:
https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/JBB/article/view/7403/16173

Anéis de crescimento: Eucalyptus



Fonte da Imagem:
https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/adma.202001613

Anéis de crescimento: Madeira de Folhosa

Durante a estação favorável de crescimento, as células vivas do câmbio e as adjacentes a elas estão repletas de substâncias de reserva, mesmo mantendo um ritmo alucinante de formação de xilema e floema

Quando chega a estação desfavorável, a divisão celular diminui de ritmo e as células usam essas reservas para espessar as suas paredes no lenho tardio. Fazem isso para aumentar a resistência da madeira contra as intempéries (ventos, secas, acúmulo de neve nas copas, incêndios, etc.)

Árvores dominadas e quase sem insolação acabam "*não tendo forças suficientes*" para produzir muito lenho inicial porque seu ritmo de crescimento é sempre lento devido à sua condição sofrida de dominada

Dessa forma, as árvores dominadas acabam tendo muito maior proporção de lenho tardio e com isso mostram maiores valores de densidade básica e de parede secundária

Essa situação é comum em todos os tipos de madeiras

Espécies pioneiras de rápido crescimento em geral possuem maior proporção de lenho inicial e as espécies que vivem na sombra maior proporção de lenho tardio

Com o envelhecimento e crescimento em altura, a parte inferior da árvore fica cada vez mais distante das gemas apicais produtoras de auxinas e das folhas produtoras de fotoassimilados

Essa região é também a de maior diâmetro da árvore

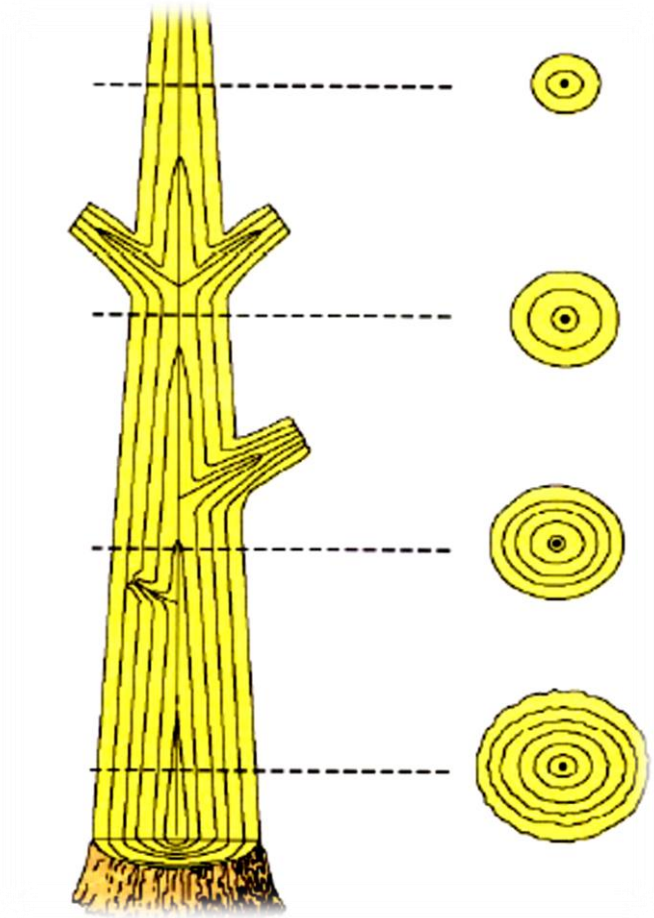
Como a árvore cresce formando capas de madeira em relação ao seu eixo (medula), as capas da base da árvore se tornam cada vez mais finas (e consequentemente seus anéis de crescimento) e com maior proporção de lenho tardio

O número de anéis de crescimento por unidade de comprimento (p.e.: polegada) em seção transversal do tronco indicam a qualidade e resistência de uma madeira

Quanto mais anéis, maior a resistência mecânica, pois é maior a proporção de madeira de lenho tardio

Na região mais central e próxima da medula, as capas de madeira são mais ricas em lenho inicial
Isso acontece em toda a extensão da altura da árvore

Entretanto, conforme a árvore envelhece, seu câmbio aprende a formar madeira de melhor qualidade



A estimativa de idade da árvore através da contagem do número de anéis de crescimento (um anel por ano) deve ser feita apenas na base da árvore

A madeira mais irregular em qualidade é exatamente a da região da base do tronco, visto que:

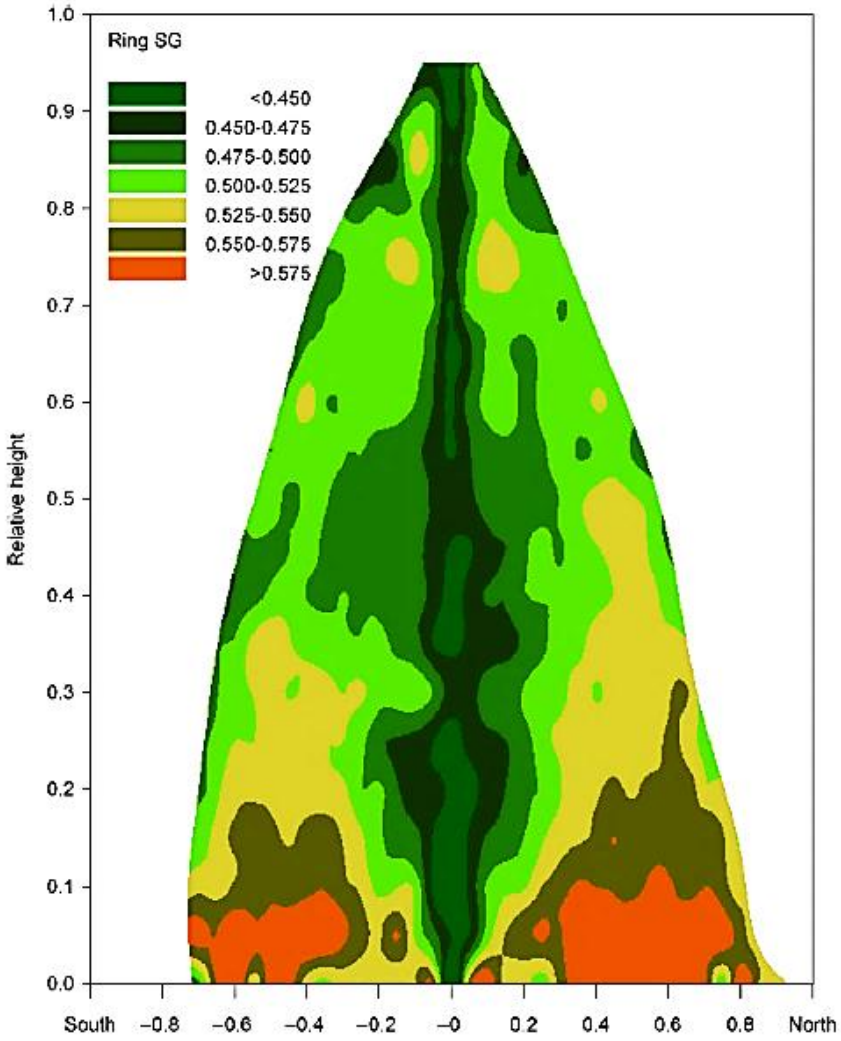
- ***É alta a presença de uma região central com alta proporção de lenho inicial e muitas células formadas em uma idade em que o câmbio era infantil ou juvenil***

- ***As raízes estão muito próximas da base do tronco e suas madeiras diferem daquelas do tronco em fisiologia e qualidade***

- ***A região próxima à casca possui alta proporção de anéis de crescimento finos e ricos em lenho tardio***

- ***A formação do cerne (cernificação) já está ocorrendo nessa parte da árvore, como uma forma que a árvore encontra para aumentar sua resistência mecânica e a patógenos***

- ***A região da base sofre grandes influências de ventos, suporte do peso da árvore, força da gravidade em solos declivosos, etc.***



Fonte da Imagem:
https://wfs.swst.org/index.php/wfs/article/view/2825

A madeira formada na região média da altura comercial do tronco não recebe nem tantas influências dos mencionados efeitos negativos da base e nem da presença tão próxima da copa e de seus galhos criadores de nós no fuste

Além disso, nessa região o câmbio nem está muito "velho" como na base, nem tão "juvenil" como no topo

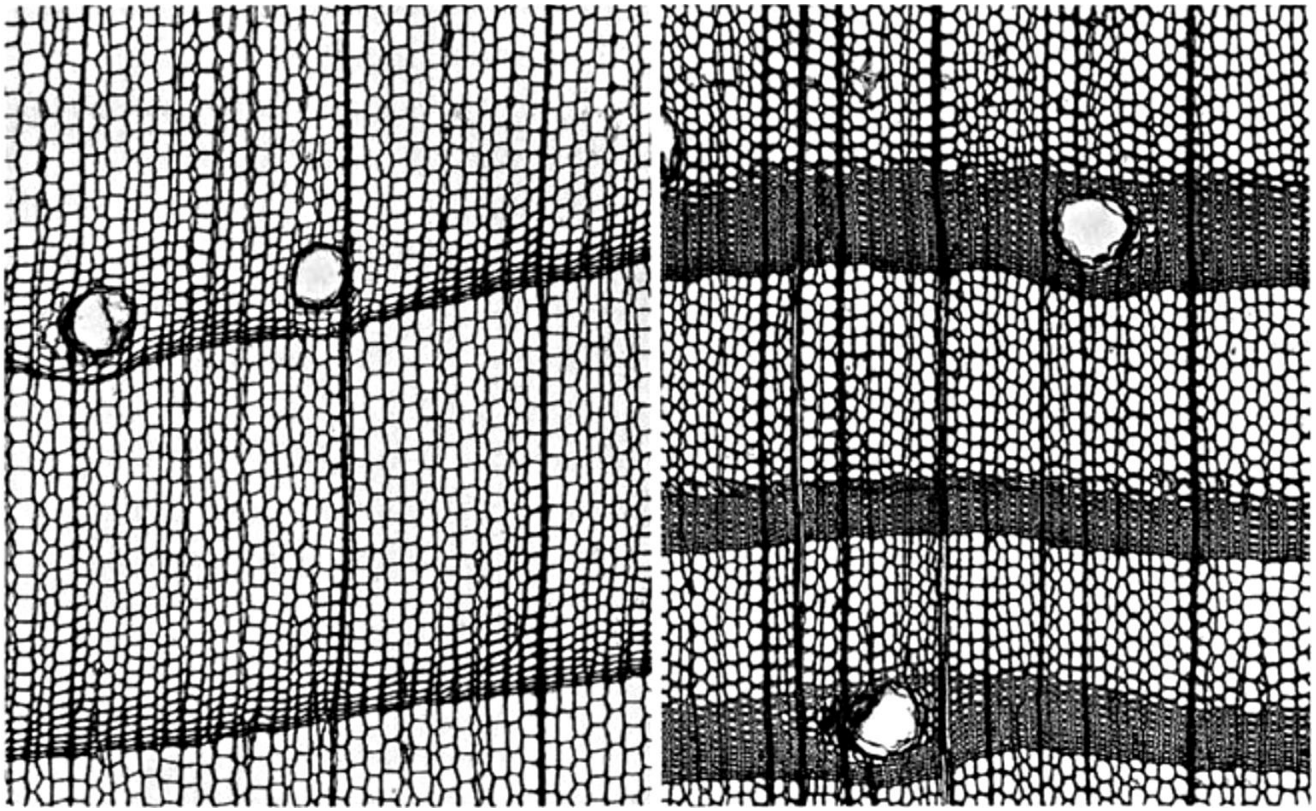
Por isso, alguns autores têm encontrado características ideais nessa madeira da "metade do tronco", mostrando que ela seria uma das melhores madeiras formadas pelas árvores. Mas sempre há a pergunta: Melhor para que finalidade?

Importante mencionar que os efeitos de espessamento de parede no lenho tardio ou de rápido crescimento no lenho inicial acabam acontecendo em maior ou menor proporção em todos os tipos de elementos anatômicos tanto de folhosas como de coníferas

Dessa forma, tanto fibras, traqueídos, elementos de vaso e células de parênquima e até mesmo as células cambiais são influenciados pelos fatores ambientais que regulam a formação de lenho inicial e lenho tardio, determinando alterações em dimensões de comprimento, largura e espessura das paredes

Em situação de intensa atividade cambial pela não existência de estações desfavoráveis, as árvores formam praticamente só madeira de lenho inicial e apenas uma leve e tênue camada de células de lenho tardio quando alguma alteração ambiental assim as orientar a mudança na formação de xilema

Em situações muito favoráveis inclusive os elementos de vaso são maiores e muito ricos em pontuações, pois precisam bombear muito mais seiva mineral e trocar muitos sucos vegetais com as células vizinhas de parênquima e fibras

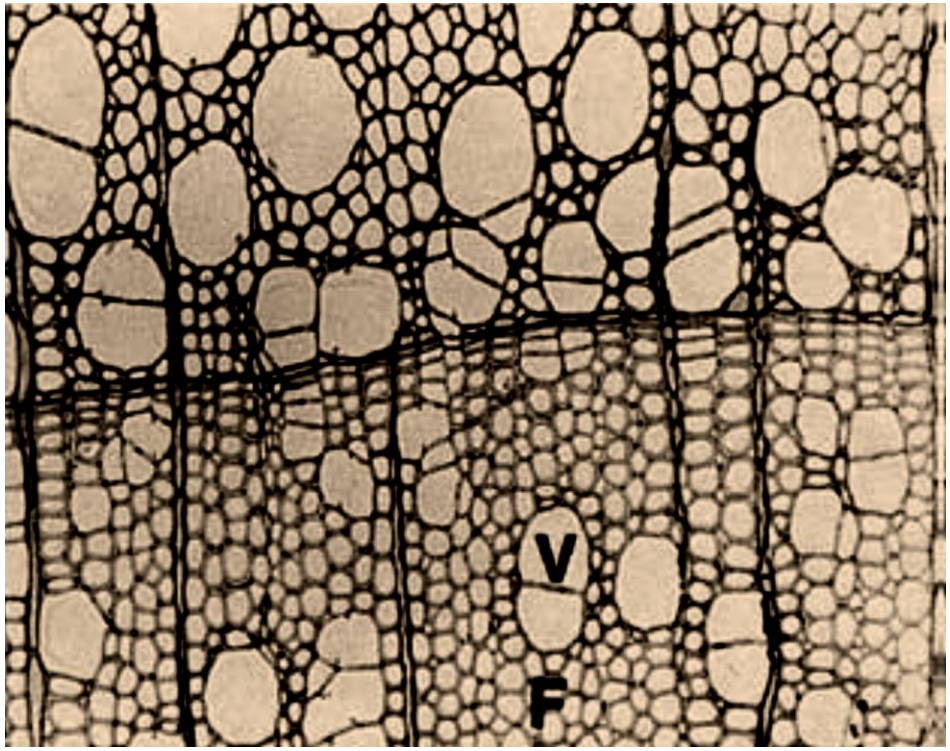


Fonte da Imagem:

https://www.uv.mx/personal/tcarmona/files/2019/02/Pallardy-2008.pdf

Ritmos de crescimento rápido e lento mostrados pela relação entre os lenhos inicial e tardio
O ambiente oferecido às árvores é um dos principais responsáveis pela qualidade de suas madeiras

Madeira de *Populus*
(Folhosa)



Lenho inicial

Lenho tardio

Fonte da Imagem:
https://www.researchgate.net/publication/225902156_Unraveling_cell_wall_formation_in_the_woody_dicot_stem

Apesar de muitos acreditarem que a cor mais escura mostrada pelo lenho tardio se deva ao maior teor de lignina desse tipo de madeira, ISSO NÃO É VERDADEIRO

As razões para essa cor mais escura se deve à maior densidade dessa madeira tardia em relação à inicial com maior compactação e ocupação de espaços

A quantidade de vazios de lúmens é que acaba afetando a sensação de cor pelos que olham uma peça dessa madeira

Inclusive, o teor de lignina costuma ser menor para a madeira do lenho tardio em relação ao lenho inicial, em função dessa madeira ter uma maior proporção de parede secundária em sua camada S2 mais holocelulósica

Cerne, alburno, casca e lenhos inicial e tardio em Eucalyptus

Madeiras de lenho inicial costumam apresentar as seguintes diferenças em relação às de lenho tardio:

- ***Menor densidade básica***
- ***Paredes mais finas (menor fração parede)***
- ***Maior teor de lignina***
- ***Menor teor de holocelulose***
- ***Maior teor de cinzas (mais intensa presença de seiva mineral em relação à quantidade de paredes)***

Ações da silvicultura que impactam a relação entre lenho inicial e lenho tardio:

- ***Irrigação***
- ***Fertilização***
- ***Desbastes***
- ***Desrama***
- ***Espaçamento ou densidade populacional***

Pela genética também é possível encontrar clones ou materiais genéticos que apresentem valores mais adequados de características nos lenho inicial e tardio

Madeira Juvenil e Madeira Adulta – Lenho Juvenil & Lenho Adulto

Madeira de Pinus elliottii – 22 anos de idade

Fonte adaptada:

http://www.if.ufrrj.br/biolig/art_citados/Caracteriza%C3%A7%C3%A3o%20f%C3%ADsica%20e%20qu%C3%ADmica%20da%20madeira%20de%20Pinus%20elliottii.pdf

Madeira Juvenil: **Consiste em um cilindro de madeira muito rico em lenho inicial que se prolonga desde a base do tronco até o topo da árvore**

É a madeira mais próxima da medula da madeira do tronco em toda a sua extensão

Também ocorre em ramos

Razão de sua formação: **Meristema cambial ainda em idade fisiológica juvenil nessas regiões, sem ter ainda atingido uma maturidade para formar madeira mais rica em lenho tardio. Maior propensão ao rápido crescimento durante a fase jovem nessas alturas.**

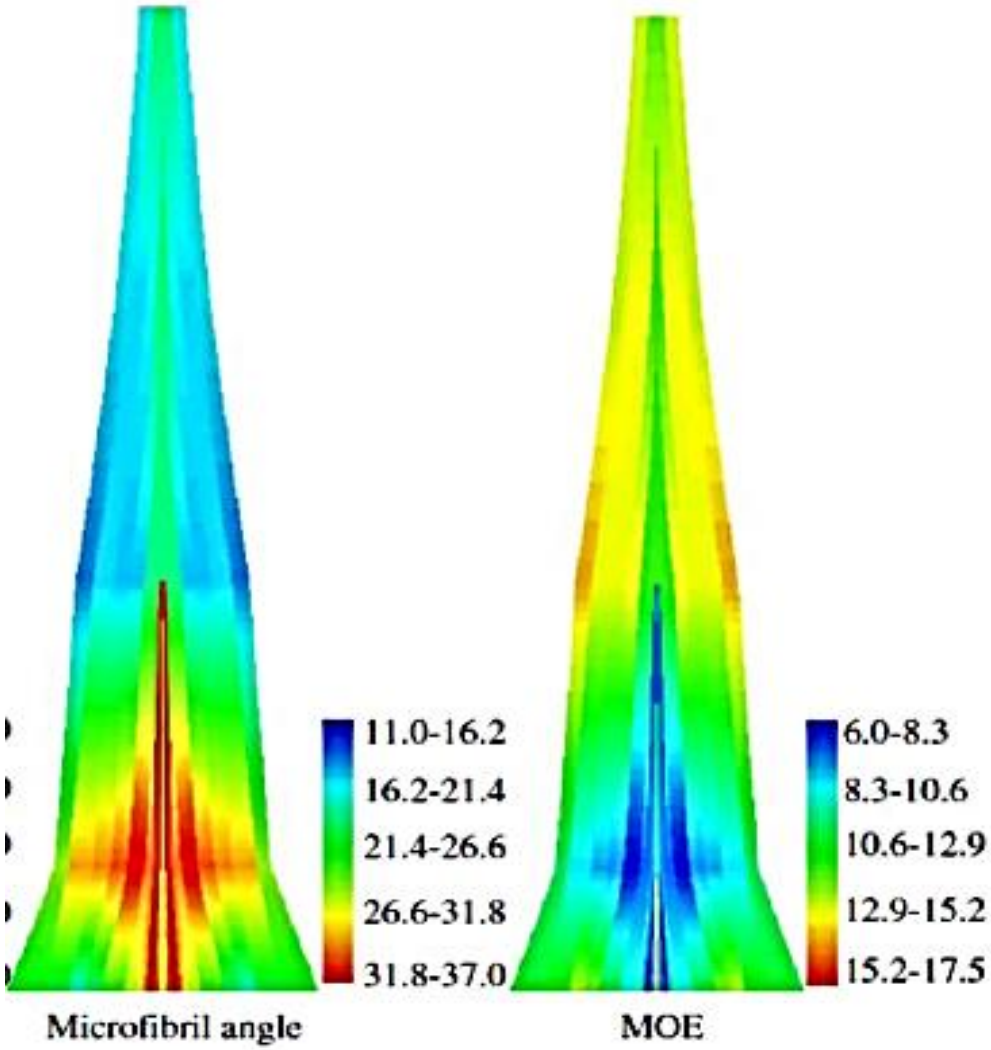
Como a árvore cresce em altura e cada altura apresenta-se uma idade fisiológica para as células do câmbio, sempre teremos em uma árvore regiões onde o câmbio ainda está na imaturidade fisiológica. Também a idade da madeira varia conforme a altura.

Entretanto, apesar de termos um cilindro de madeira juvenil da base ao topo, essas madeiras não são iguais em toda a extensão do tronco

Na base do tronco, muitas vezes a madeira juvenil já se encontra cernificada, com deposição mais intensa de extrativos, o que afeta suas características químicas, físicas e de desempenho industrial

No topo da árvore, chega-se inclusive a ter alguma proporção de madeira de alburno vivo constituindo a madeira juvenil. Nessas situações de topo de tronco, quase toda a madeira do xilema é juvenil. Também existe maior influência de nós resultantes da inserção dos galhos.

Esse cilindro de madeira juvenil impacta de maneiras variadas as toras retiradas ao longo da altura do tronco das árvores



Árvore de Abeto (*Spruce*)

140 anos de idade

Ângulo Microfibrilar

Módulo de Elasticidade

Fonte da Imagem:

https://www.scielo.br/pdf/floram/v26n3/2179-8087-floram-26-3-e20180353.pdf

Quanto mais próximo se encontrar o câmbio em relação à medula na seção transversal de uma tora, maior será a ocorrência e proporção de madeira juvenil

São características típicas da madeira juvenil em relação às madeiras adultas de uma mesma árvore:

- **Anéis de crescimento largos**
- **Alta proporção de lenho inicial em cada anel de crescimento**
- **Células fibrosas de paredes delgadas e de menor comprimento**
- **Menores valores de fração parede nas fibras**
- **Menores valores de densidade básica**
- **Muito maior teor de umidade ao abate, em função da maior proporção de espaços vazios a serem ocupados por água**

- **Menores pesos de suas fibras individuais (maior população fibrosa em polpas comerciais)**

- **Menor resistência das fibras individuais e da madeira também**

- **Maiores valores de ângulo microfibrilar na camada S2 da parede celular**

- **Maior quantidade de elementos de vasos em folhosas, ocupando a seção transversal da madeira juvenil (Nº vasos/mm² de seção transversal)**

- **Maior anisotropia, o que afeta estabilidade dimensional, retração e contração, etc.**

- **Menor teor de holocelulose em função da menor espessura da camada S2 da parede secundária**

- **Maiores teores de lignina e de extrativos, em função do avanço da lignificação e da cernificação**

- **Maior proporção de xilanas**

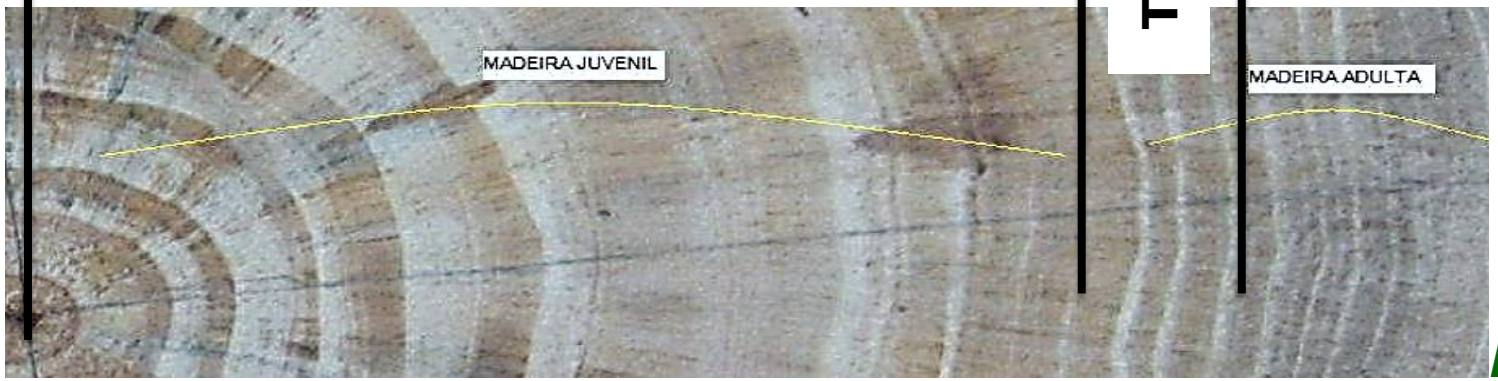
- **Uso comercial prejudicado em diversos tipos de produção: papéis kraft resistentes, pastas mecânicas, madeira serrada, laminação, madeiras estruturais, madeira preservada, etc.**

Mesmo nas regiões da base das árvores, onde existe tanto a cernificação como a maior presença de madeira de reação, a madeira juvenil ainda apresenta-se com menor densidade básica que a madeira adulta em árvores de florestas plantadas de Eucalyptus e Pinus nas idades em que a madeira é consumida no Brasil

Nas idades em que as florestas plantadas são consumidas no Brasil, quer seja a madeira obtida por corte raso, ou as madeiras de desbastes, a proporção de madeira juvenil é bastante alta: entre 60 a até 100% (no caso de madeiras do primeiro desbaste de Pinus)

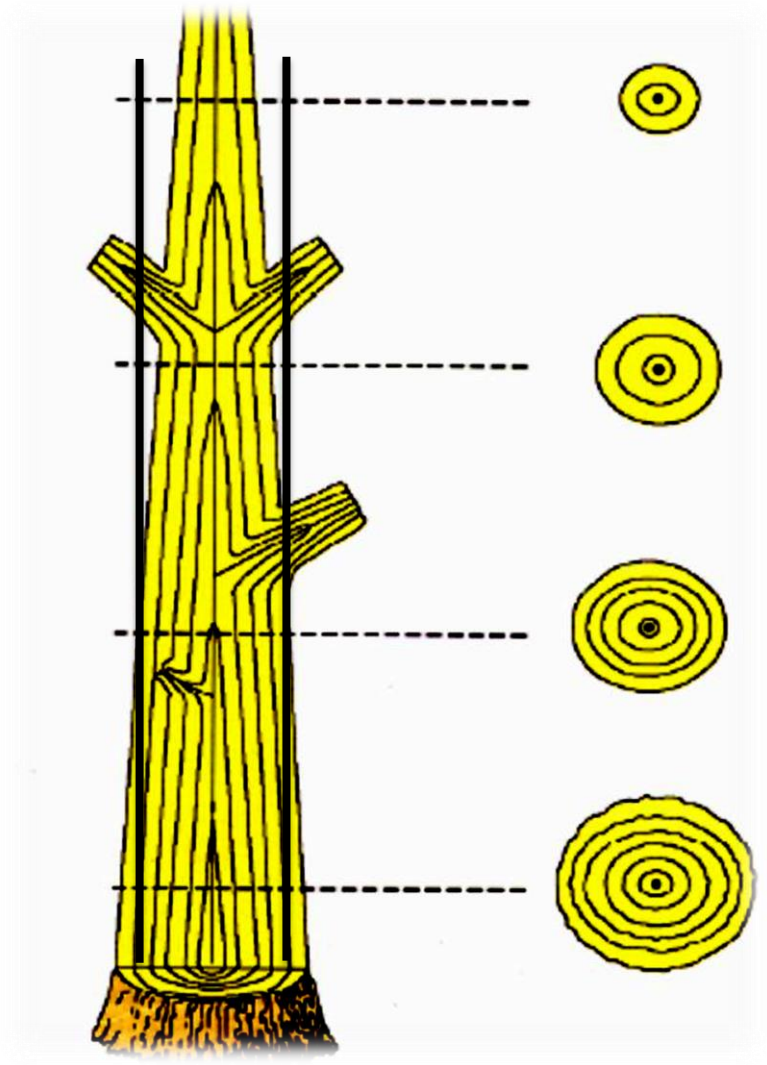
Parte Juvenil do raio da seção do tronco

Transição



Fonte adaptada:

http://www.if.ufrrj.br/biolig/art_citados/Caracteriza%C3%A7%C3%A3o%20f%C3%ADsica%20e%20qu%C3%ADmica%20da%20madeira%20de%20Pinus%20elliottii.pdf



Em árvores jovens, quase toda a madeira da árvore pode ser juvenil

Em idades de colheita entre 5 a 6 anos, cerca de 65 a 80% da madeira de eucalipto ainda é juvenil

A partir de 10 anos de idade de corte, isso cai para 30 a 45%

Existem diversas maneiras de identificar o momento em que a madeira muda de juvenil para uma transição de maturidade, até se atingir a maturidade plena

Isso deve ser feito a cada nível de altura da árvore

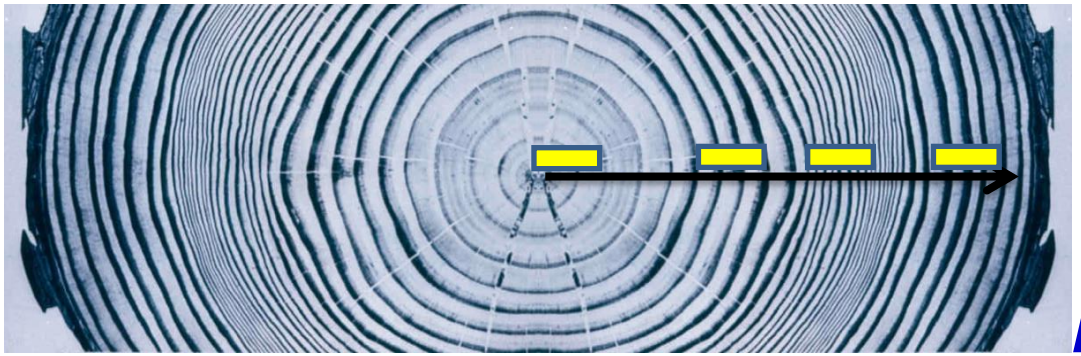
Esse momento é encontrado quando se nota uma clara tendência de estabilização de alguns parâmetros de qualidade da madeira:

→ ***Acompanhando a variação da densidade básica da madeira no sentido medula ➔ casca. Isso pode ser feito em base à densidade do lenho inicial, do lenho tardio, do anel de crescimento ou mesmo a cada unidade de comprimento de amostra coletadas a partir da medula (cm a cm quando não há clara distinção dos anéis)***

→ ***Idem para o comprimento das fibras ou traqueídos***

→ ***Idem para a espessura das paredes das fibras***

→ ***Idem para a relação entre lenho inicial e lenho tardio, o que pode ser calculado com base em volume, peso (envolve densidade de cada lenho) e até mesmo pela relação de espessura de ambos no anel de crescimento***



Uma polegada linear

Efeito de desbaste

Uma maneira de se fazer a estimativa é através da contagem do número de anéis de crescimento por unidade de comprimento no raio da seção transversal

- ***Entre 0 e 2 anéis de crescimento por polegada = Madeira Juvenil***
- ***Entre 2 a 4 anéis = Madeira de Transição***
- ***Mais que 4 anéis por polegada = Madeira Adulta***

Obviamente, essa contagem e limites de valores serão função do ritmo de crescimento de cada árvore, povoamento, espécie, idade, etc.
Há um nível de empirismo, mas é uma forma prática e rápida de se avaliar quanto de madeira juvenil temos em uma tora

Alguns autores entre os quais me incluo com alguns de meus estudos sobre Pinus no Brasil, costumam definir que a madeira juvenil em Pinus ocorre até a formação do sexto ou até oitavo anel de crescimento em cada altura do tronco da árvore

Ou seja, com o câmbio meristemático em uma idade fisiológica entre 6 a 8 anos

No caso dos Eucalyptus, os estudos indicam algo parecido (entre 7 a 8 anos) para os clones mais usuais no Brasil para produção de celulose, mas em algumas espécies mais densas de Corymbia, tem-se encontrado idades fisiológicas mais avançadas para o câmbio (entre 10 a 14 anos) para término da formação da madeira juvenil

Entretanto, são madeiras juvenis com maior densidade básica

Cerne & Alburno

Conforme as células de xilema formadas para o interior do tronco vão-se afastando da região cambial viva e ativa, elas começam a ficar "pouco atrativas" para serem mantidas ativas, até mesmo pela dificuldade de envio de suprimentos através das redes de parênquimas axial e radial

Também, com a lignificação das paredes celulares em uma fase final do crescimento e espessamento celular, as células mais distantes do câmbio morrem e adquirem uma função tipicamente de suporte/sustentação da árvore

Passa então a ocorrer o fenômeno de cernificação dessa madeira inativa, que consiste na deposição de extrativos para os vazios das células, tais como lúmens e fissuras nas paredes de fibras e elementos de vasos

As células de parênquima, tanto radial como axial, que possuíam, quando vivas, muitos vacúolos repletos de substâncias de reserva, exsudam esses compostos orgânicos para o interior dos lúmens das células vizinhas para encher os vazios celulares

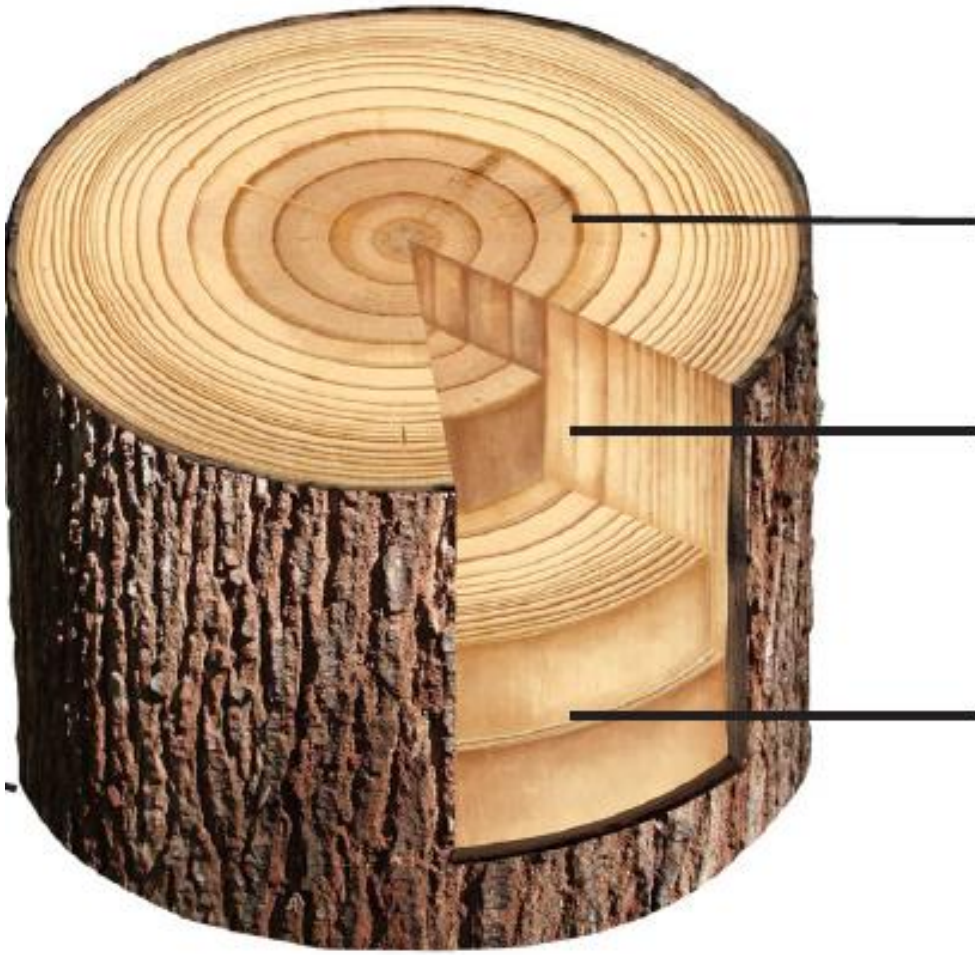
O objetivo é dar mais resistência mecânica, densificar a madeira e colocar extrativos que por suas características químicas protejam esse centro morto do tronco do ataque de patógenos (fungos, insetos, bactérias, térmitas, etc.)

Essa região interna, morta e rica em extrativos recebe a denominação de CERNE

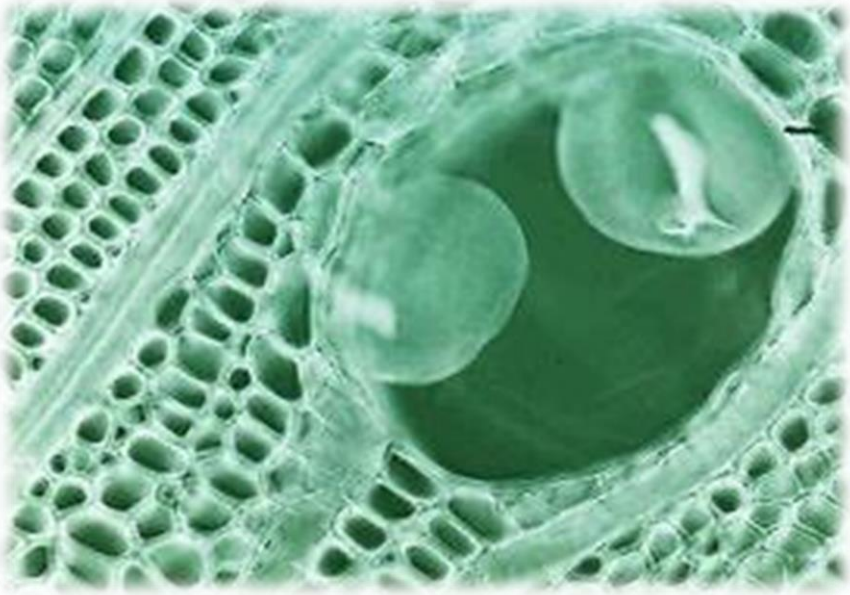
A região clara, em geral branca ou palha em coloração se mantem ativa e com camadas de células vivas e outras em processo de início de cernificação
Essa camada mais externa e próxima do câmbio é o ALBURNO

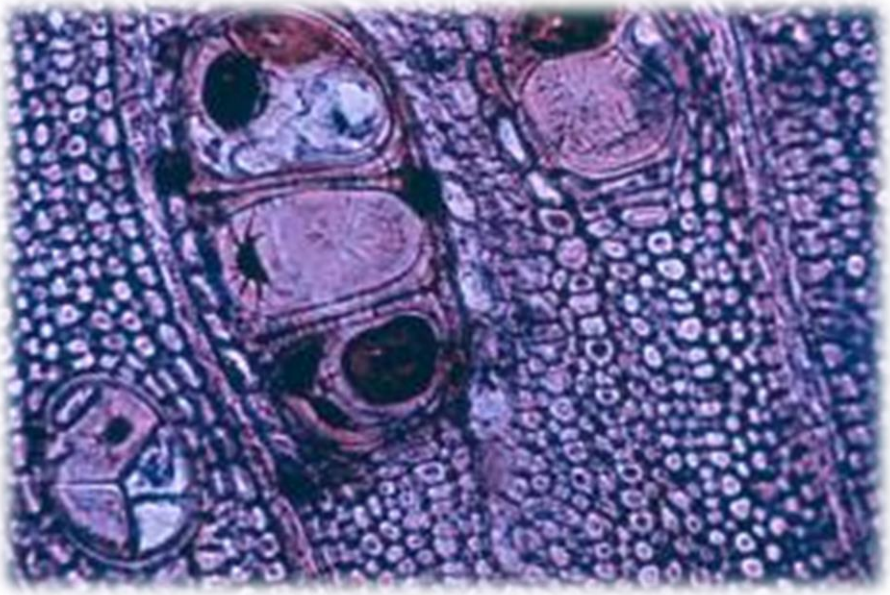
Cernes (inclusive cerne juvenil - D) e alburnos em eucaliptos

Fonte da Imagem:
https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S037811271931285X?via%3Dihub#!



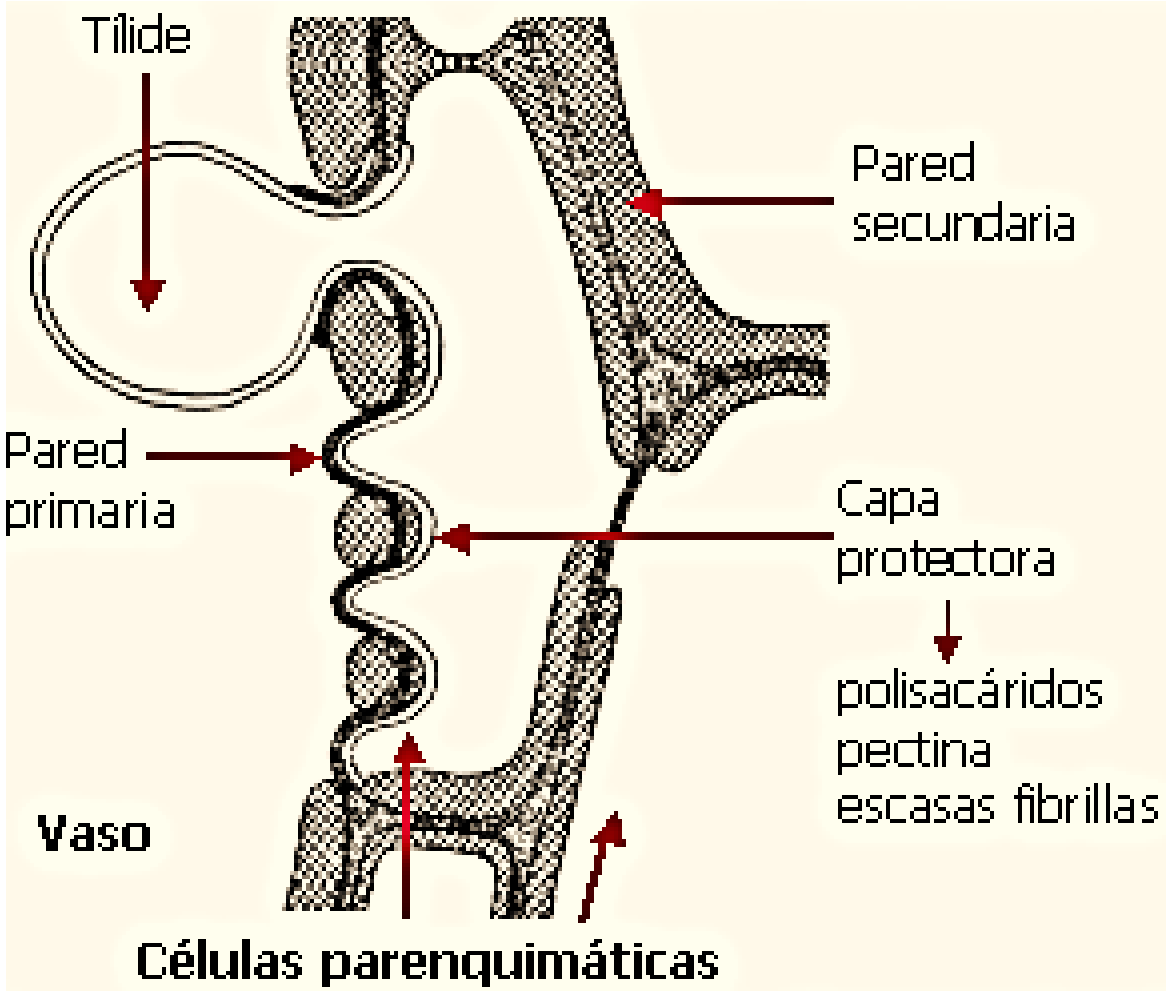
Fonte da Imagem: https://lrfl.paginas.ufsc.br/files/2016/05/Documentos-194-EMBRAPAidentifica%C3%A7%C3%A3o-macrosc%C3%B3pica-de-Madeiras.pdf





Obstruções por extrativos exsudados para os lumens pelas células vizinhas de parênquima

Essas obstruções internas às células tapando seus lúmens são denominadas de TILOSES ou TÍLIDES ou TILOS



Fonte da Imagem: http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema18/tema18-7albura.htm

"CERNE é a região mais interna do tronco de uma árvore em que todas as células presentes estão mortas e inativas, cumprindo assim mais uma função de sustentação e defesa desse tecido interior da árvore pela intensa deposição de extrativos orgânicos e minerais nos vazios celulares"

"ALBURNO ou BORNE é a porção viva e ativa do xilema, situada entre a região cambial e o cerne, exercendo funções metabólicas e fisiológicas importantes como desenvolvimento das células, transporte de seiva e sustentação"

O alburno é o principal canal de movimentação de seiva bruta (água e nutrientes minerais) nas árvores, conduzindo essa água enriquecida desde as raízes onde absorvida até a copa onde água pura é transpirada pelas folhas
Ele também tem funções de sustentação, pois suas células fibrosas e vasculares são longas e espessas

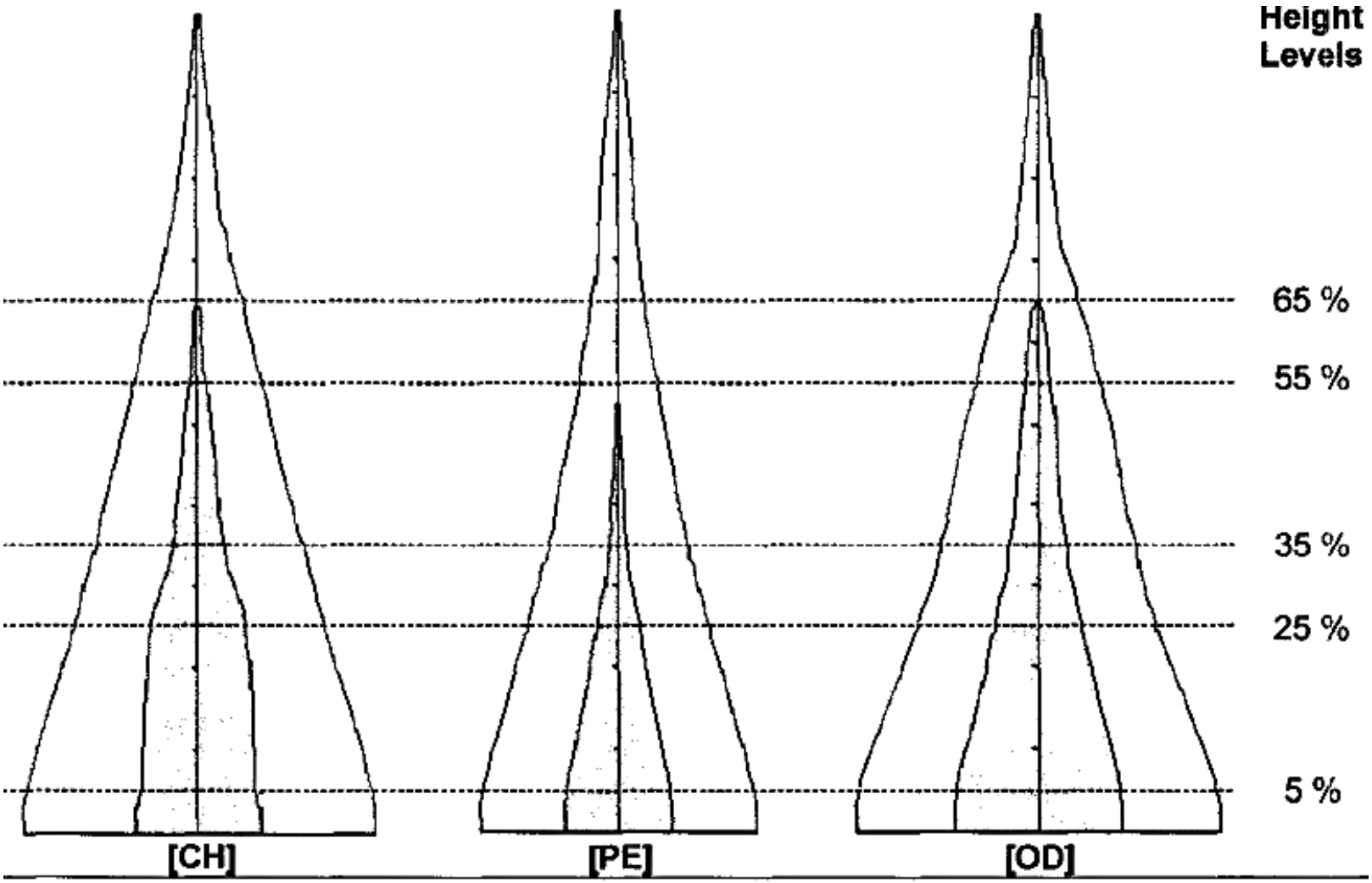
Além disso, o alburno é a região do xilema de tronco que é mais rica em fotoassimilados e sais minerais, os quais são acumulados como reservas para ajudar nos intensos processos metabólicos que acontecem na região

O cerne perde a característica de transporte de seiva com a morte das suas células e oclusão dos vazios celulares por tiloses

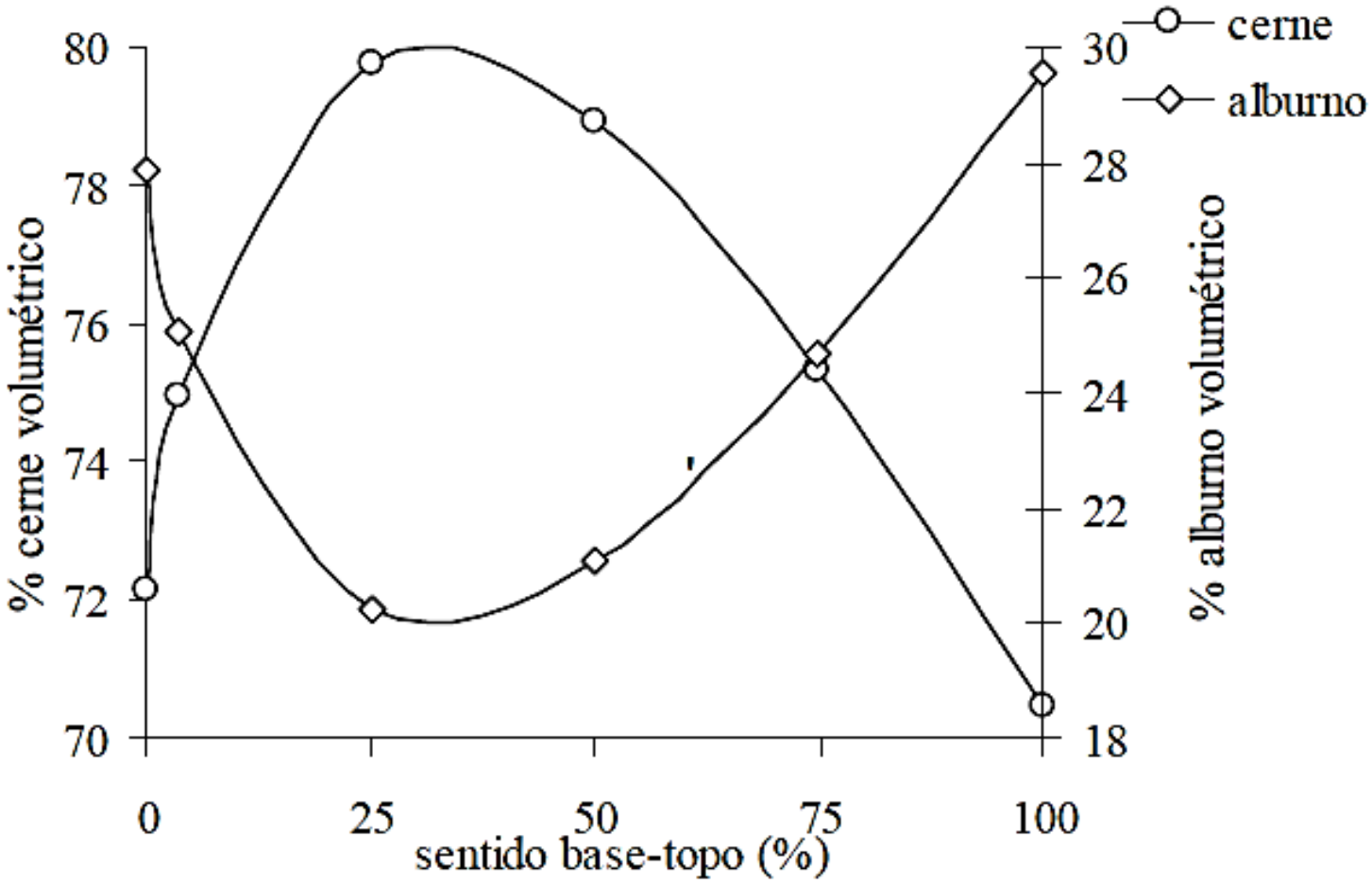
Diferentemente da forma como se dispõe a madeira juvenil na árvore (como um cilindro lenhoso), o cerne se forma da base ao topo das árvores, mostrando um formato cônico, ou seja, a maior proporção de cerne está na base e a menor (ou até mesmo ausência) no topo

A idade inicial de formação do cerne varia entre árvores, idades e ambientes onde cresce a árvore

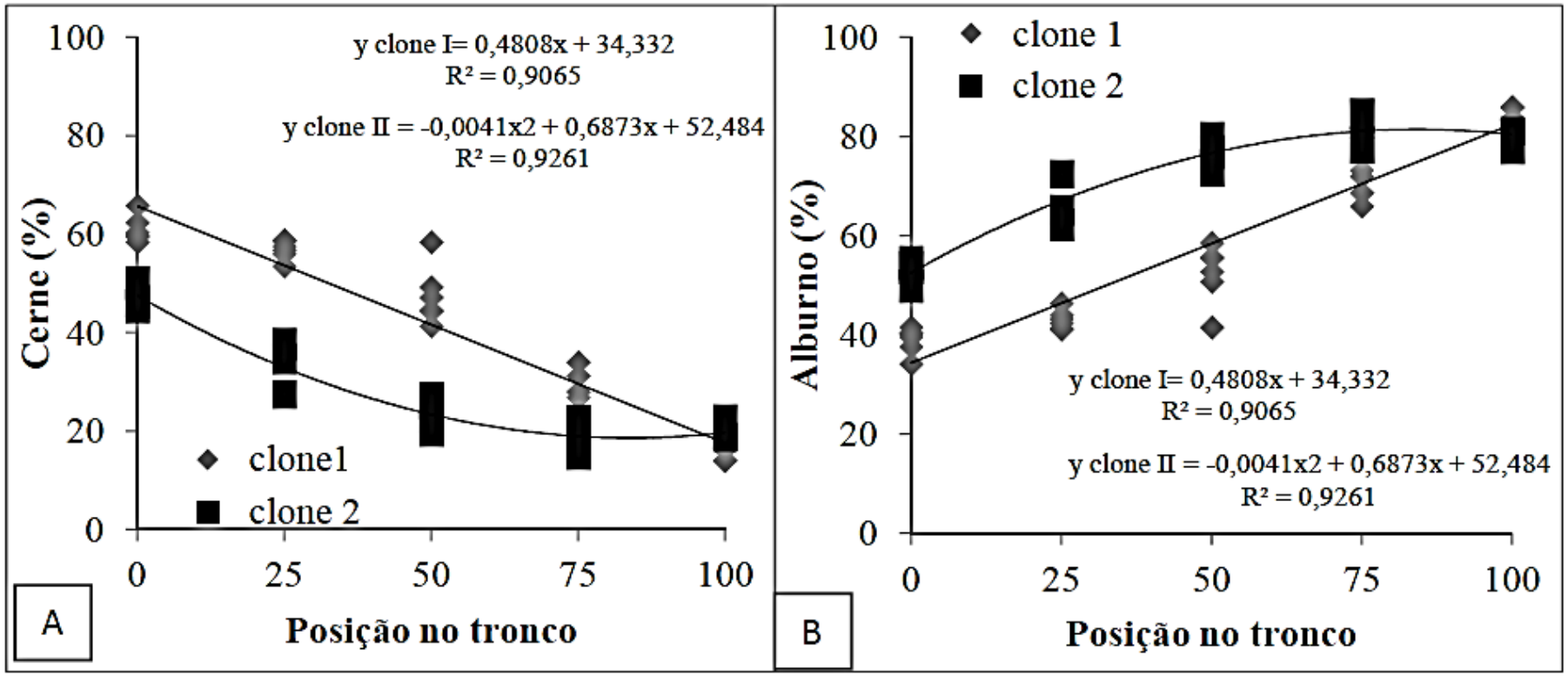
Quanto mais velha for a árvore a partir de seu plantio e quanto mais idade fisiológica tiver cada seção da árvore em diferentes alturas, maior a proporção de cerne tanto na árvore como um todo, como na seção a uma determinada altura



Fonte da Imagem: https://wfs.swst.org/index.php/wfs/article/download/580/580



Fonte do Gráfico: https://www.scielo.br/pdf/cflo/v14n2/1980-5098-cflo-14-02-00145.pdf



Fonte dos Gráficos:

https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/cienciadamadeira/article/download/8926/7125

O cerne é um tipo de madeira muito apreciado para diversos usos industriais: estruturas, móveis, madeira tratada, dormentes, postes, etc.

Isso porque ele tem:

- ***Coloração atrativa e beleza***
- ***Alta resistência mecânica***
- ***Alta durabilidade***
- ***Resistência ao ataque de microrganismos***
- ***Maior estabilidade dimensional***
- ***Maior valor comercial***

Para a produção de celulose tem características indesejáveis, pois o maior teor de extrativos prejudica a impregnação dos cavacos, o consumo de químicos e o rendimento da polpação

A formação do cerne ou cernificação da madeira só ocorre na árvore viva e é um processo dependente de:

- **Espécie ou clone**
- **Altura no tronco**
- **Idade da árvore e idade fisiológica da seção na altura da árvore**
- **Meio ambiente: clima, temperatura, umidade, insolação,**
- **Práticas silviculturais**

A cernificação ocorre na região de transição entre o alburno e o cerne já formado

Em geral, trata-se de uma região com coloração creme ou palha que contém células vivas que pela distância do câmbio recebem a mensagem do mesmo para "se sacrificarem pelo bem da planta"

As células do xilema dessa região terminam o processo de lignificação das suas paredes e depositam seu protoplasto sobre a parte interna da parede celular – formando a Camada Verrugosa da parede

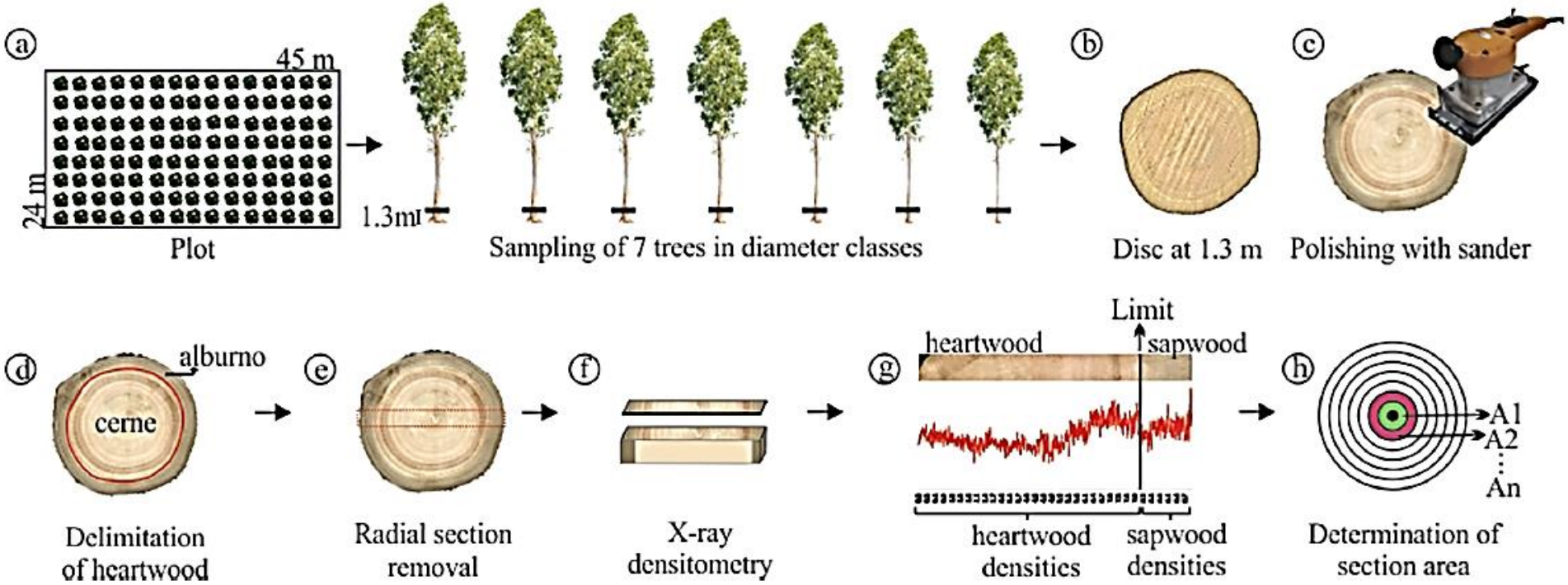
As células vivas de parênquima transferem suas reservas (amido, óleos e graxas, extrativos, ceras, gomas, corantes, carboidratos solúveis e sais minerais) para o interior dos lúmens das células adjacentes formando as tiloses, obstruindo lúmens, fissuras, pontuações, etc.

O cerne assim formado se agrega ao cerne já presente

Com o passar do tempo e oxidação dos compostos extrativos do cerne, a coloração da madeira de cerne se escurece e torna-se bem distinta da madeira clara do alburno

Os extrativos também se oxidam e se formam mais ácidos orgânicos, deixando a região do cerne bem mais ácida do que a do alburno

Frente a esse menor pH e maior acidez, pode-se delimitar muito bem a região de cerne das madeiras, principalmente dos eucaliptos, com o uso do indicador Vermelho de Metila, que muda para a coloração vermelha em pH's abaixo de 4,4



Fonte da Imagem:

https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S037811271931285X?via%3Dihub#!

Os cernes das árvores possuem em relação ao alburno:

- **Maior teor de extrativos fenólicos, graxas, ceras, corantes e ácidos**
- **Menor teor de amido**
- **pH mais ácido**
- **Maior teor de lignina**
- **Menor teor de celulose**
- **Maior dureza**
- **Maior estabilidade dimensional**
- **Maior durabilidade**

- **Menores dimensões das fibras (comprimento, espessura das paredes, larguras e diâmetro do lúmen)**

- **Maior proporção de vasos e parênquimas**

- **Densidade básica da madeira de cerne em árvores jovens como as obtidas em plantações no Brasil (*Eucalyptus* e *Pinus*) são em geral menores que as do alburno, pois grande parte do cerne resulta da cernificação de madeira juvenil**

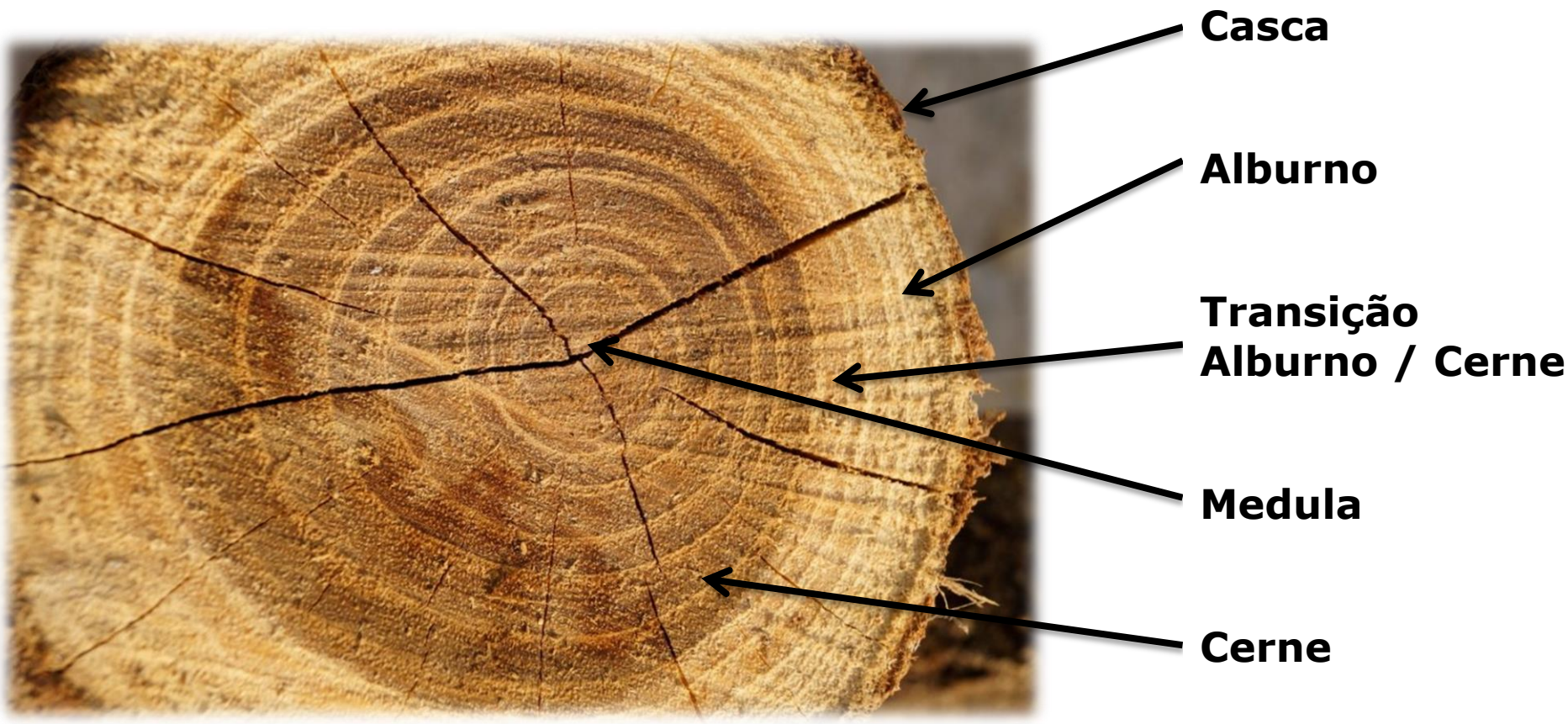
Em geral nessas idades de consumo de madeiras de *Eucalyptus*, o teor de cerne no tronco da árvore total representa algo entre 40 a 55% do volume total do xilema do tronco

Cernes em *Eucalyptus* já podem ser notados na região da base das árvores em idades de 2 a 3 anos

Em madeiras de *Pinus*, os valores de proporção de cerne costumam ser menores, pois o cerne começa a se formar mais tarde

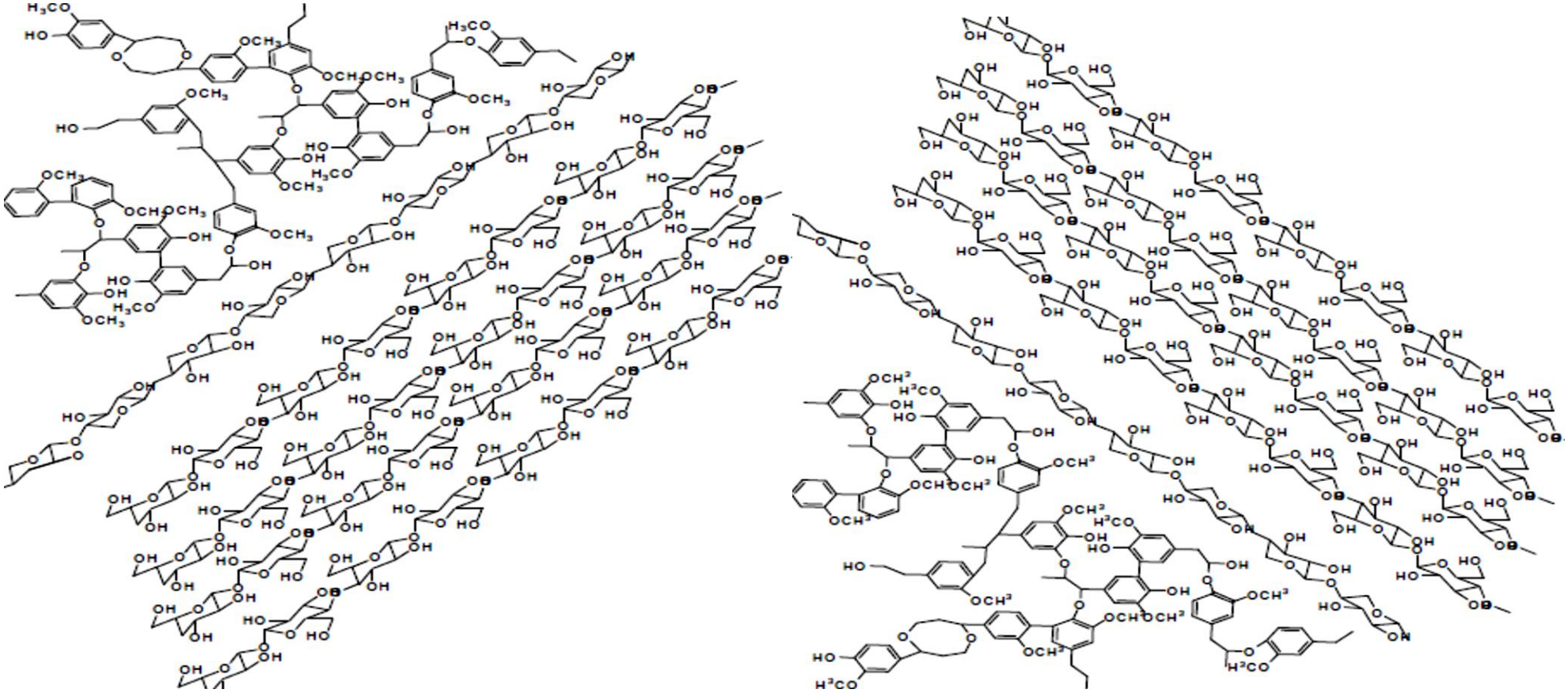
Durabilidade do cerne em relação ao alburno

Fonte da Imagem:
https://www.researchgate.net/publication/277226394_Cerne_e_borne_-_factores_de_variacao_da_qualidade_tecnologica_das_arvores



Fonte da Imagem: https://agro20.com.br/cerne/

Tema 4: Conceitos Básicos sobre os Principais Componentes das Madeiras de Eucalyptus & Pinus



A complexidade da biomassa lenhosa

MADEIRA = principalmente constituída de compostos orgânicos de alto peso molecular e pequeno conteúdo de íons minerais

Carboidratos (Holocelulose):* *Polissacarídeos que representam praticamente 65 a 70% do peso seco da madeira

Celulose: principal constituinte das paredes celulares

Hemiceluloses: parte significativa da matriz da parede celular

Amido: substância de reserva presente em vacúolos celulares

Lignina: Agente "colante" dos elementos anatômicos e integrante também da matriz da parede celular, representando entre 20 a 30% do peso seco da madeira

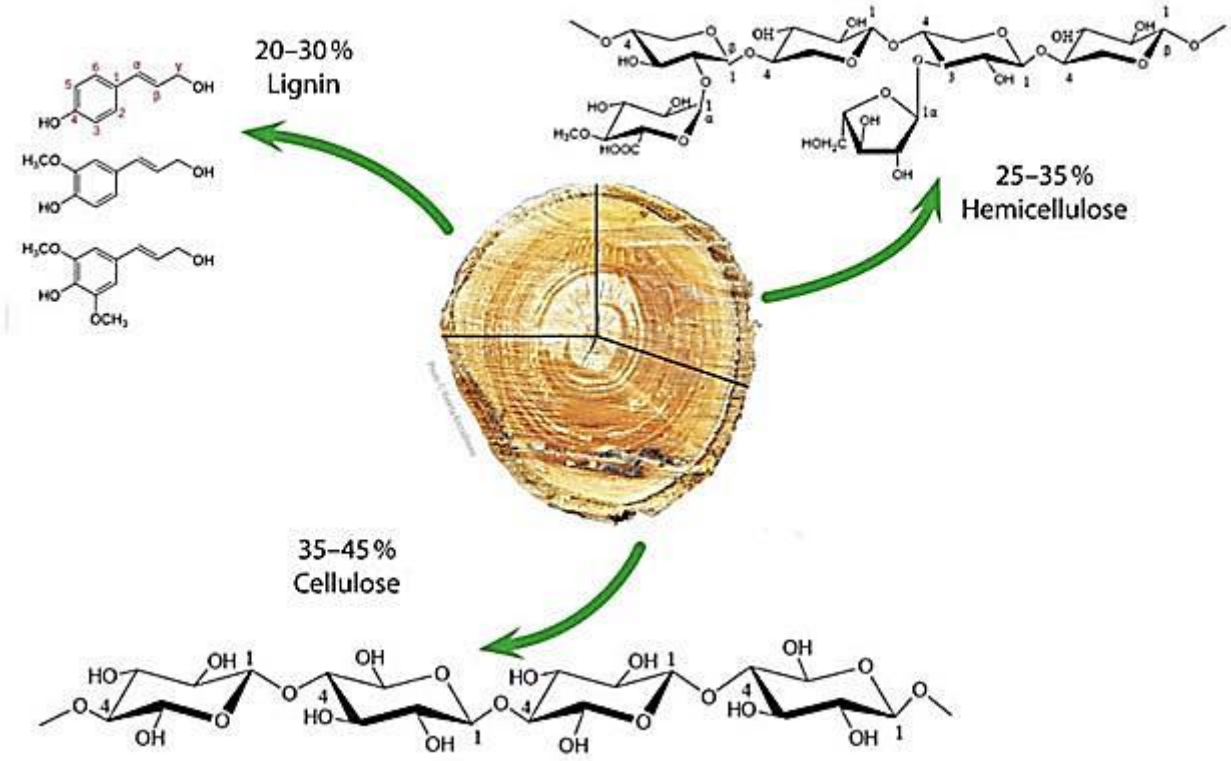
Extrativos: **Compostos solventes em água e/ou solventes orgânicos, constituídos de terpenos, ácidos graxos, ácidos orgânicos, resinas, etc.**

Cinzas intrínsecas: **Íons minerais absorvidos pelas raízes para participar de processos metabólicos, representando entre 0,5 a 1% do peso seco da madeira**

Fórmula Elementar Média da Madeira: $C_{4,16}\ H_{5,94}\ O_{2,75}$

O que representa aproximadamente:
50% de Carbono, 6% de Hidrogênio e 44% de Oxigênio para a maioria das madeiras do planeta, apesar das variações entre os constituintes das mesmas

Com isso, a densidade da substância madeira também é muito similar entre as diversas madeiras, como já visto, com média 1,53 g/cm³ e variando entre 1,50 a 1,56 g/cm³



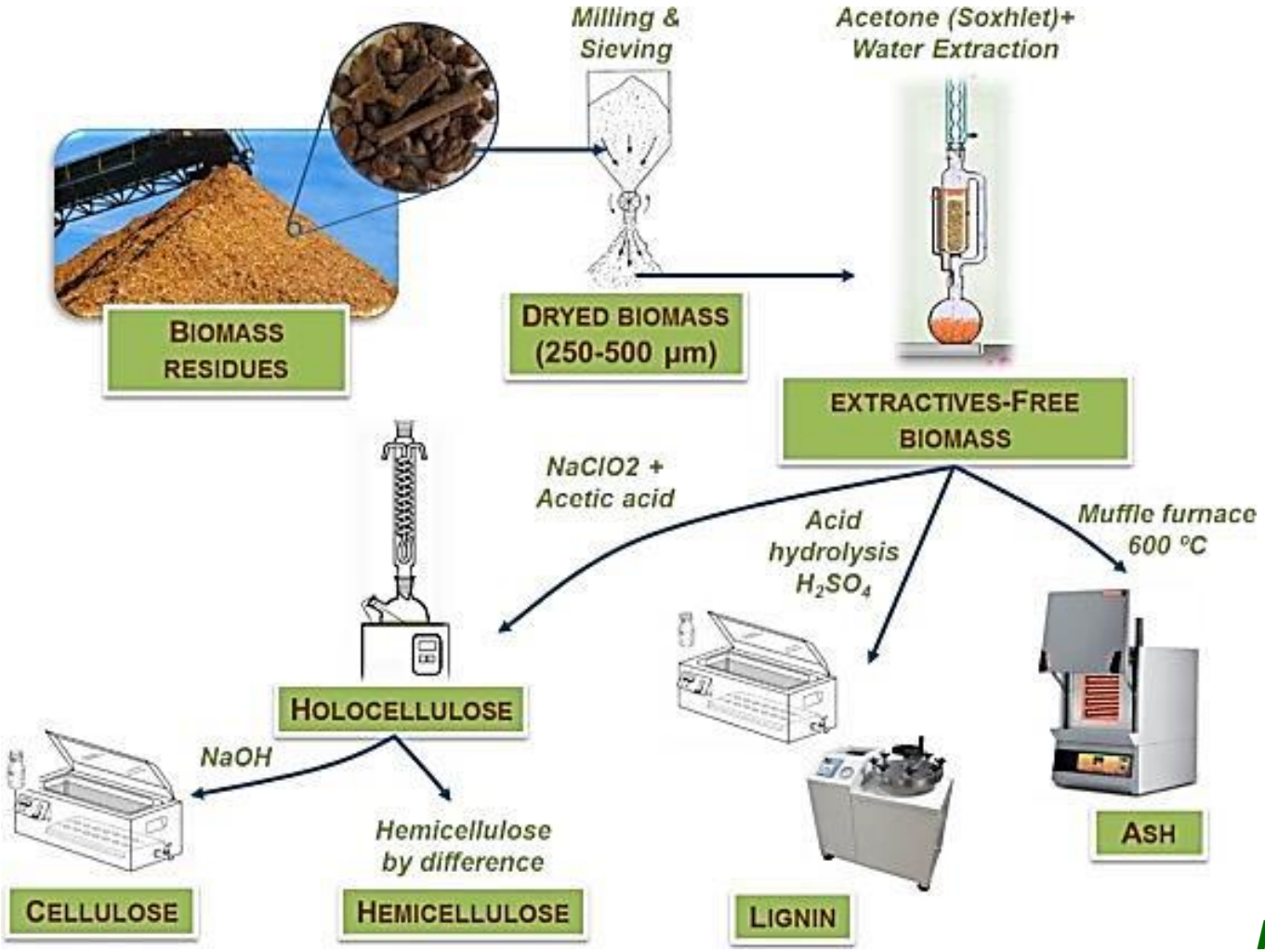
Fonte da Imagem: *https://www.asiapapermarkets.com/researchers-make-breakthrough-in-biobased-materials/*

4.1. Holocelulose

Holocelulose consiste na fração total de polissacarídeos que constituem as paredes celulares da madeira e outros vegetais fibrosos (bagaço, bambu, palhas de cereais, etc.)

Holocelulose é composta da celulose e dos diversos tipos de hemiceluloses presentes nesses materiais vegetais. Seu conteúdo são polímeros de açúcares simples entre os quais se destacam: glucose, xilose, manose, arabinose, galactose e ácido glucurônico, com menores participações de ramnose e fucose

A holocelulose é obtida pela remoção da lignina, extrativos e cinzas dos materiais sendo analisados, devendo se ter o cuidado de apresentar os resultados base madeira original amostrada e não referenciá-los só à madeira isenta de extrativos (Erro comum)



Fonte da Imagem: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0144861718301917

4.2. Celulose

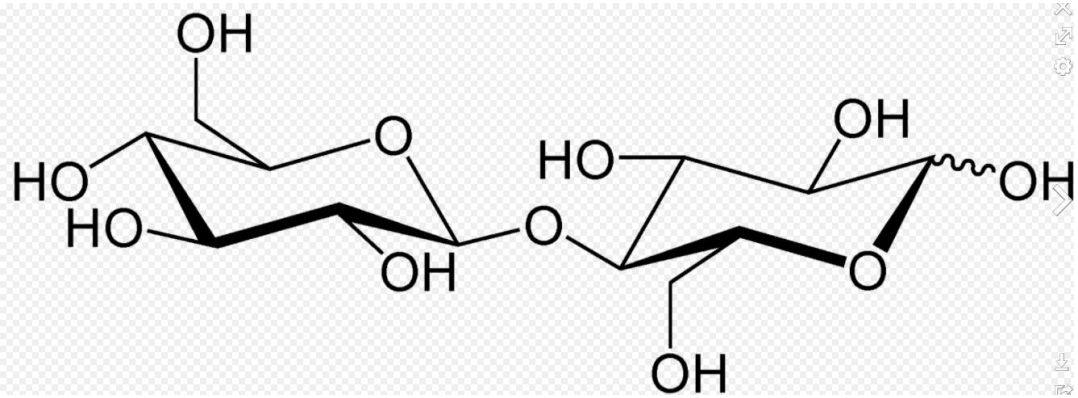
A celulose é o mais abundante polímero natural da Natureza, sendo produzida pelas plantas clorofiladas pelo processo fisiológico denominado Fotossíntese

Celulose é resultado da polimerização orquestrada de unidades de glucose, que ao se juntarem à cadeia do polímero perdem cada um o equivalente a uma molécula de água
Por essa razão, diz-se que a molécula de celulose é um polímero de anidroglucose de fórmula $(C_6H_{10}O_5)n$

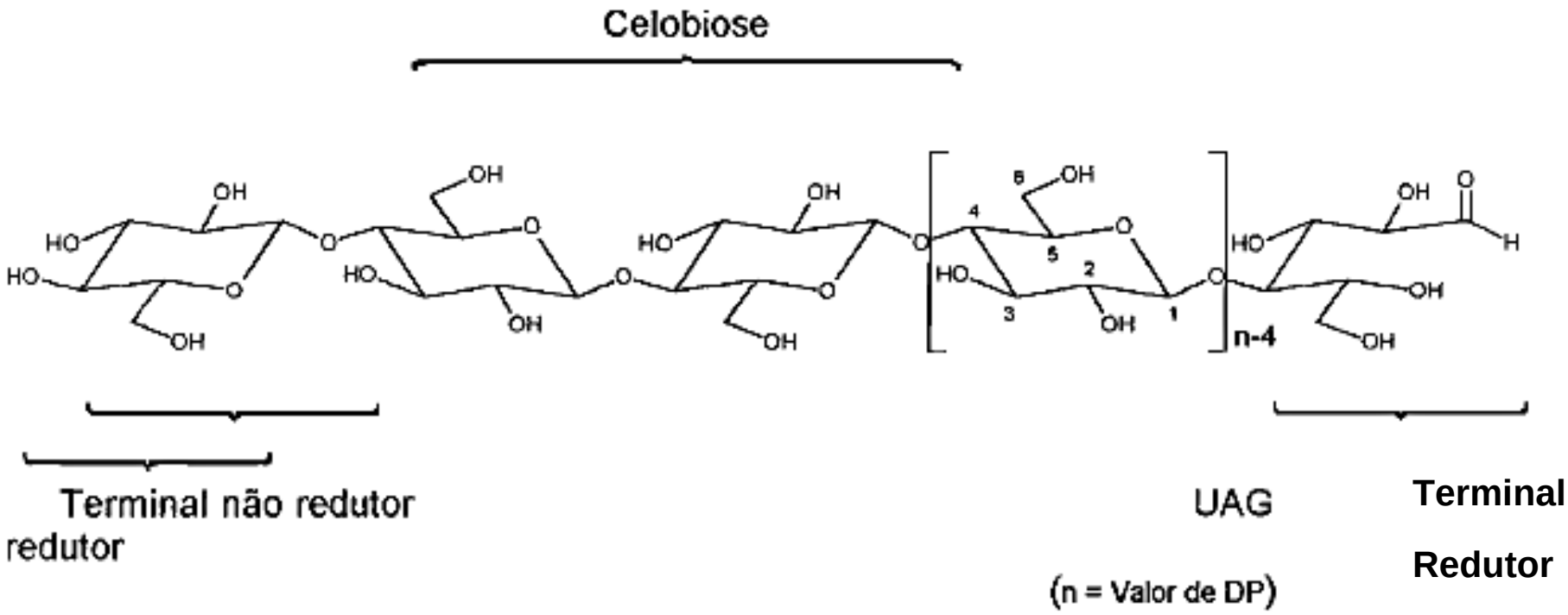
Cada unidade de anidroglucose se une a uma outra por uma forte e resistente ligação $\beta(1\rightarrow4)$ que ocorre entre os carbonos números 1 e 4, um de cada unidade

A resistência dessa ligação se deve ao fato de estar sendo feita uma ligação que coloca de forma invertida as unidades de glucose, diferentemente do amido, cuja molécula também é $(C_6H_{10}O_5)n$, mas ligada por ligação α(1→4), muito menos forte e facilmente quebrada por meios químicos e microbiológicos (ataque de organismos)

As moléculas de celulose começam se formando pela primeira união de duas unidades de glucose, formando o que se chama de celobiose, que é o dissacarídeo repetitivo da celulose



Fonte da Imagem: *https://pt.wikipedia.org/wiki/Celobiose*



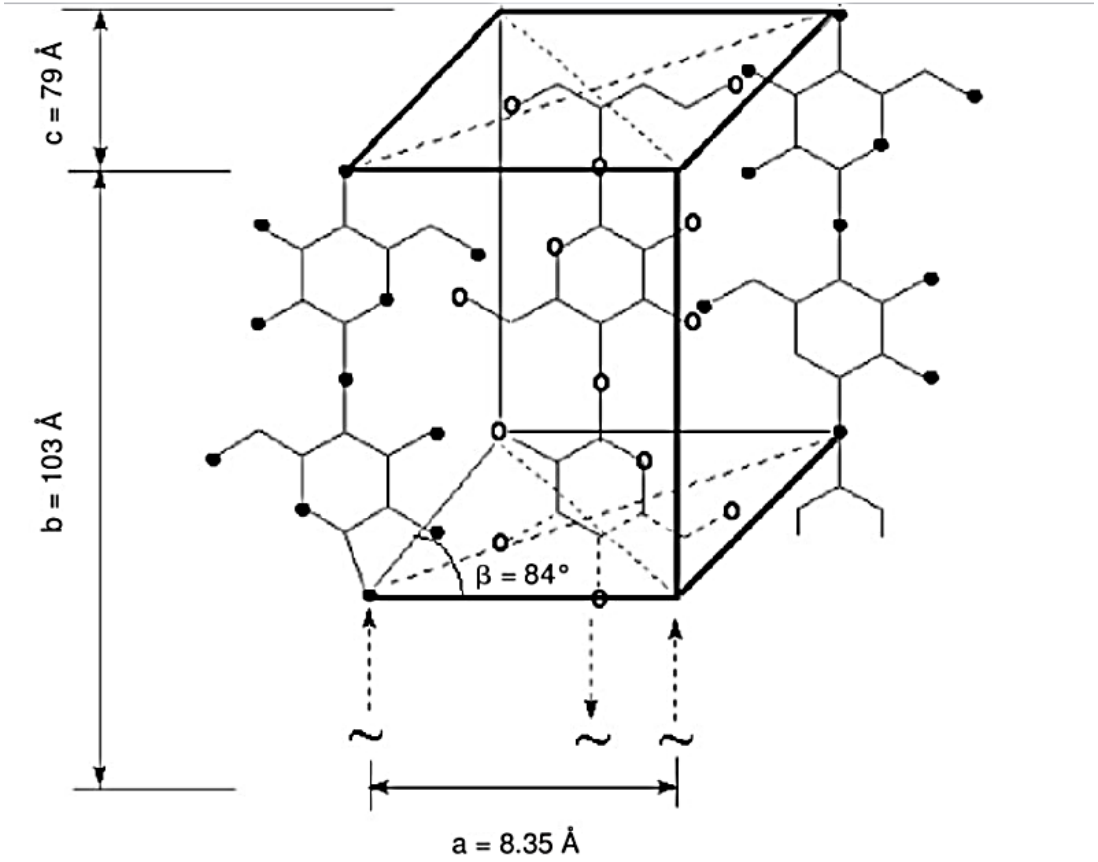
Fonte da Imagem: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/46/46135/tde-15092016-113953/publico/Naiara_Torres_Ruiz_Mestrado.pdf

As duas extremidades da supermolécula formada possuem caraterísticas diferentes. O lado que tem como extremidade o carbono 1 no formato aldeídico mostra características reativas mais pronunciadas, sendo redutora ao reagente de Fehling (Extremidade redutora) -

https://pt.wikipedia.org/wiki/Solu%C3%A7%C3%A3o_de_Fehling

Conforme as ligações entre unidades vão acontecendo, as cadeias formadas se orientam de forma tão organizada que acabam por dar um caráter cristalino ao conjunto de cadeias próximas e unidas

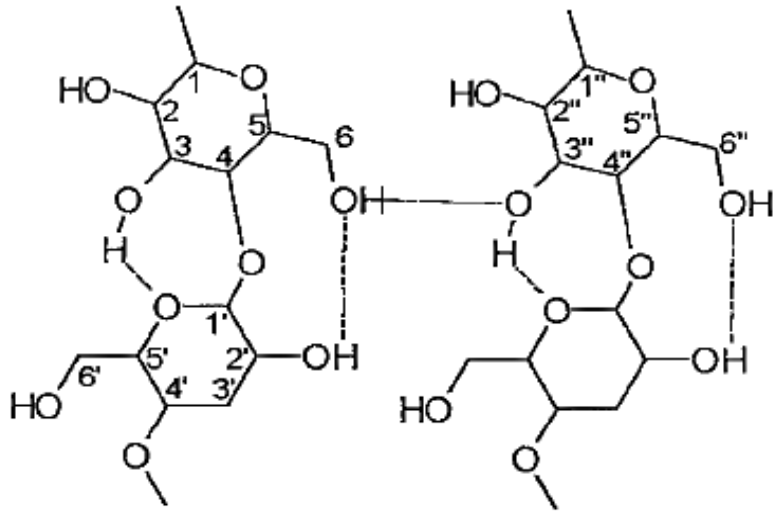
A menor unidade que apresenta essas características passou a se denominar de Célula Unitária



Célula Unitária da Celulose Natural tipo I

Fonte da Imagem: *https://core.ac.uk/download/pdf/158352402.pdf*

Em uma célula unitária de celulose natural (Celulose tipo I) tanto as dimensões como ângulos entre as moléculas são organizados e repetidos ao longo das cadeias fortemente unidas entre si por pontes de hidrogênio inter e intramoleculares, o que confere a resistência e a cristalinidade a essa região

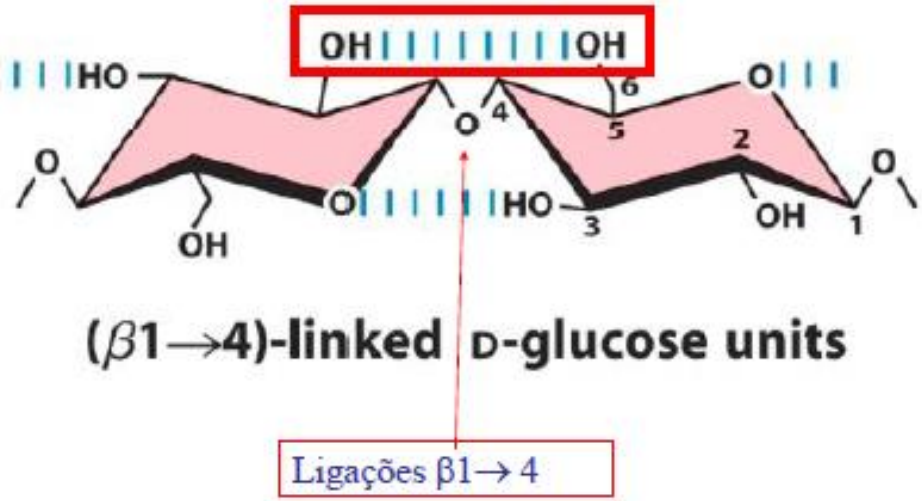


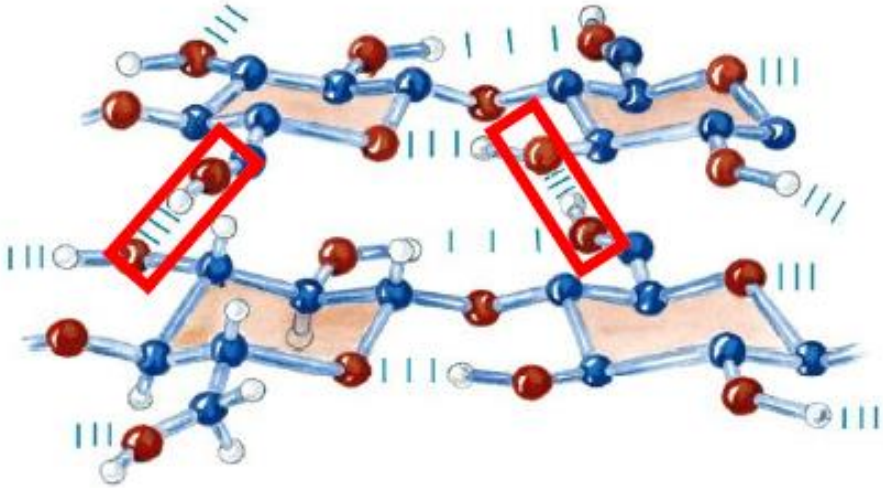
Visualização da rotação entre unidades de glucose devido β(1→ 4)

Ligações inter e intramoleculares entre moléculas de celulose

Fonte da Imagem:

https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/46/46135/tde-15092016-113953/publico/Naiara_Torres_Ruiz_Mestrado.pdf





Esquerda: ***Ligação*** **β(1→4) e pontes de hidrogênio intramoleculares**

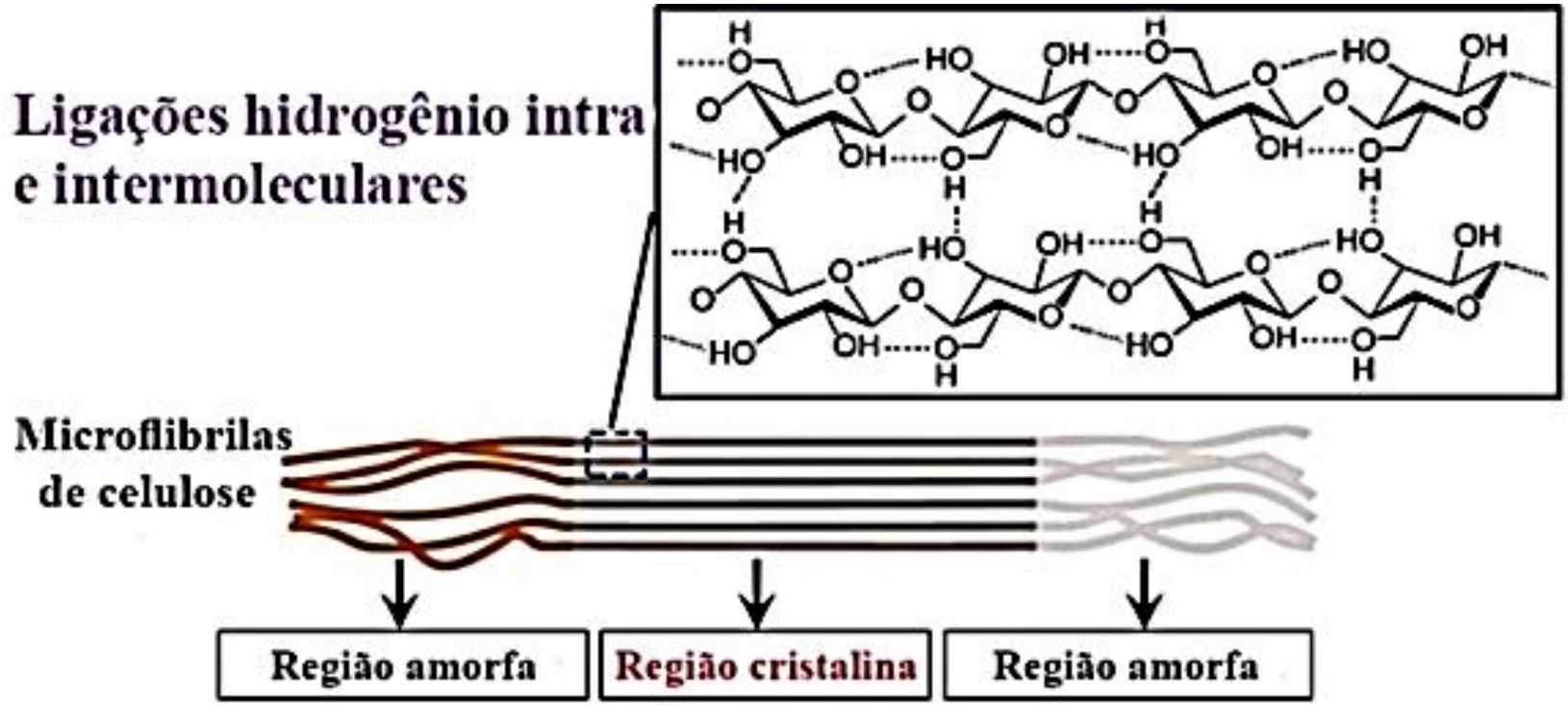
Direita: ***Ligação*** **β(1→4) e pontes de hidrogênio intermoleculares**

Fonte das Imagens:

http://www2.iq.usp.br/docente/miyamoto/QBQ0105%20Enfermagem/Aula_Carboidratos_Estrutura.pdf

Quando a celulose natural é submetida à ação de álcali forte (mercerização com soda cáustica) o arranjo da célula unitária muda ligeiramente e a celulose passa a ser denominada

Celulose II ou Mercerizada



Fonte da Imagem: *https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/189057/1/Tese-Diego.pdf*

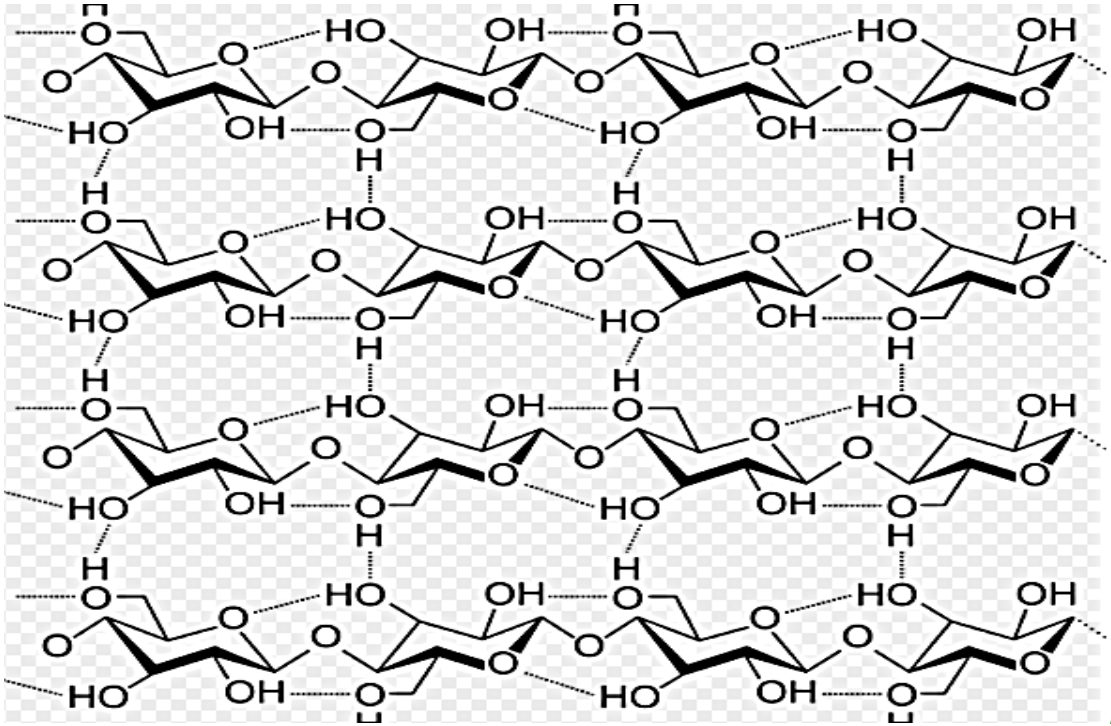
Quando a organização molecular se desarranja, as moléculas perdem a sua cristalinidade e se tornam amorfas

O grau de polimerização (DP = *Degree of Polymerization*) da celulose natural pode atingir valores entre 3.500 a 15.000 unidades de anidroglucose

Com isso, o comprimento da molécula de celulose natural varia entre 1.500 a 5.000 nanômetros e o peso molecular da molécula grama seria de pelo menos 570.000 gramas

Em polpas celulósicas obtidas industrialmente, esse grau de polimerização está próximo de 1.000 a 1.200 unidades, o que se deve às reações de fragmentação da molécula e à degradação polimérica nas extremidades redutoras pelas etapas de polpação e branqueamento

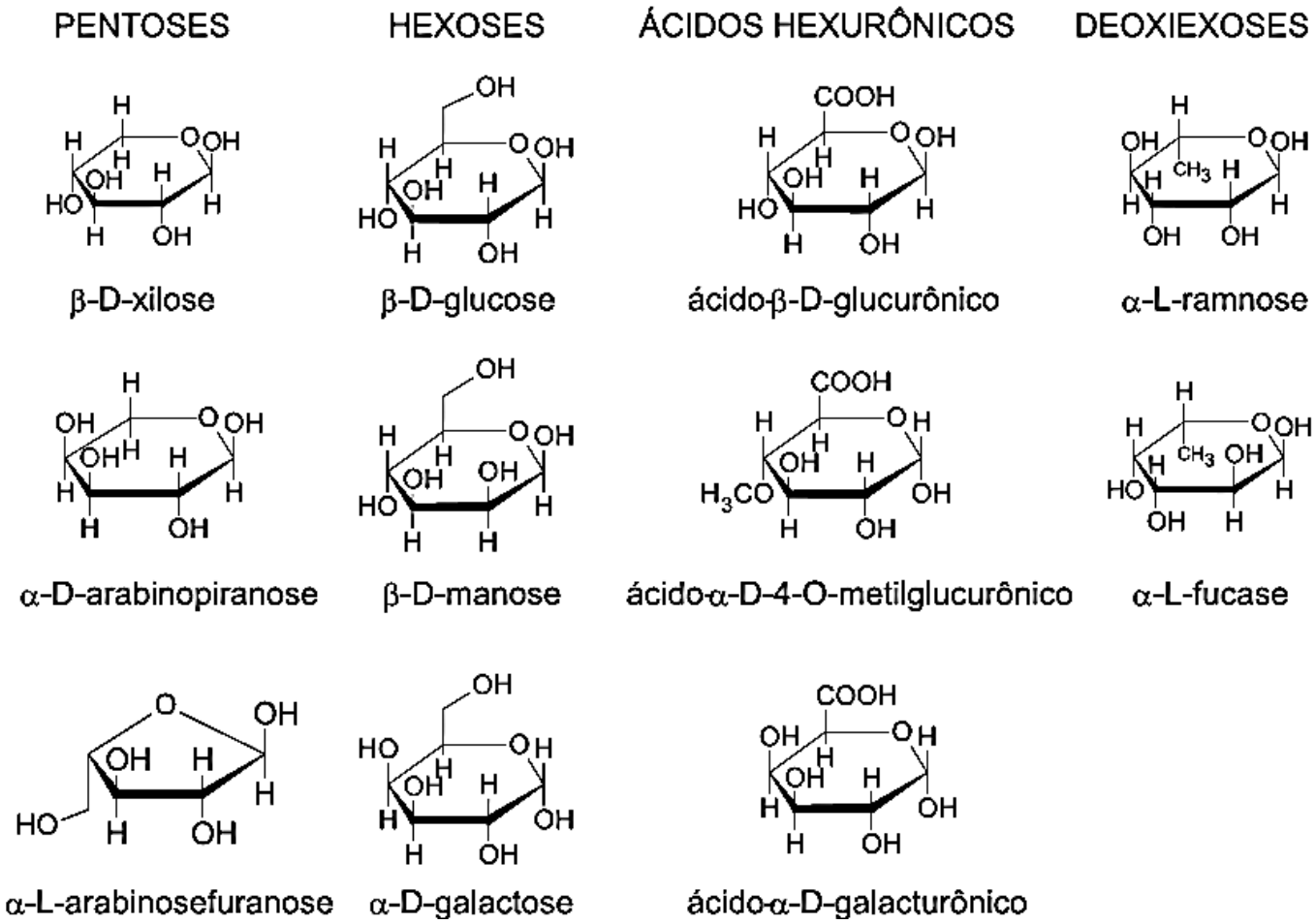
Já o grau de cristalinidade da celulose (de diferentes fontes) pode variar entre 50 a 80%, dependendo da matéria-prima e da forma como a celulose é extraída ou de acordo com o tipo e precisão do método



Fonte da Imagem:

https://en.wikipedia.org/wiki/Cellulose

4.3. Hemiceluloses



Fonte da Imagem: https://www.scielo.br/pdf/rarv/v29n3/a14v29n3.pdf

Hemiceluloses (Polioses) são açúcares poliméricos de baixo peso molecular e pequeno grau de polimerização (DP entre 100 a 200) com uma cadeia principal constituída de um ou mais tipos de unidade de carboidrato (glucose, xilose, manose, etc.) podendo apresentar ramificações na forma de radicais ácidos (ácido acético, ácido glucurônico e/ou ácido galacturônico) ou de açúcares também

A constituição das hemiceluloses inclui monômeros de açúcares com 5 ou 6 carbonos que se agregam ou na cadeia central (*backbone* ou espinha/cadeia principal) ou em ramificações laterais que podem conter também radicais ácidos

Essas ramificações facilitam a união das hemiceluloses entre si e em uniões que são consideradas enxertos com a lignina

As principais hemiceluloses são as seguintes, sendo que seus constituintes são esclarecidos no próprio nome:

→ **Folhosas:**

Acetato de 4-O metil glucuronoxilana

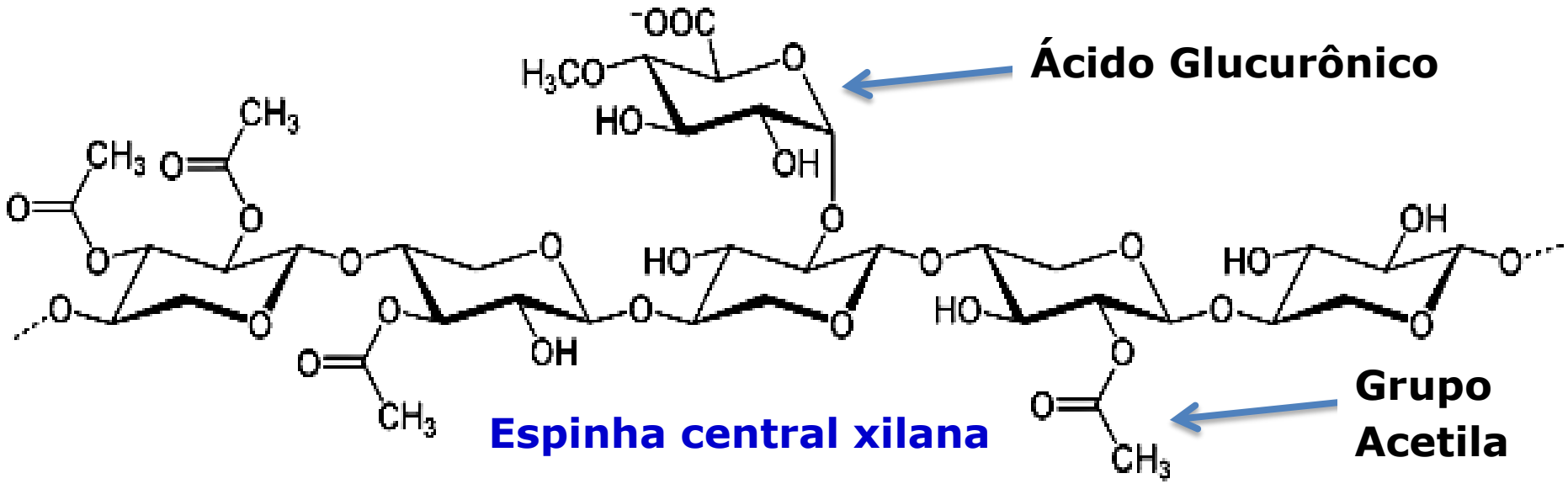
Glucomananas

→ **Coníferas**

Acetato de galactoglucomanana

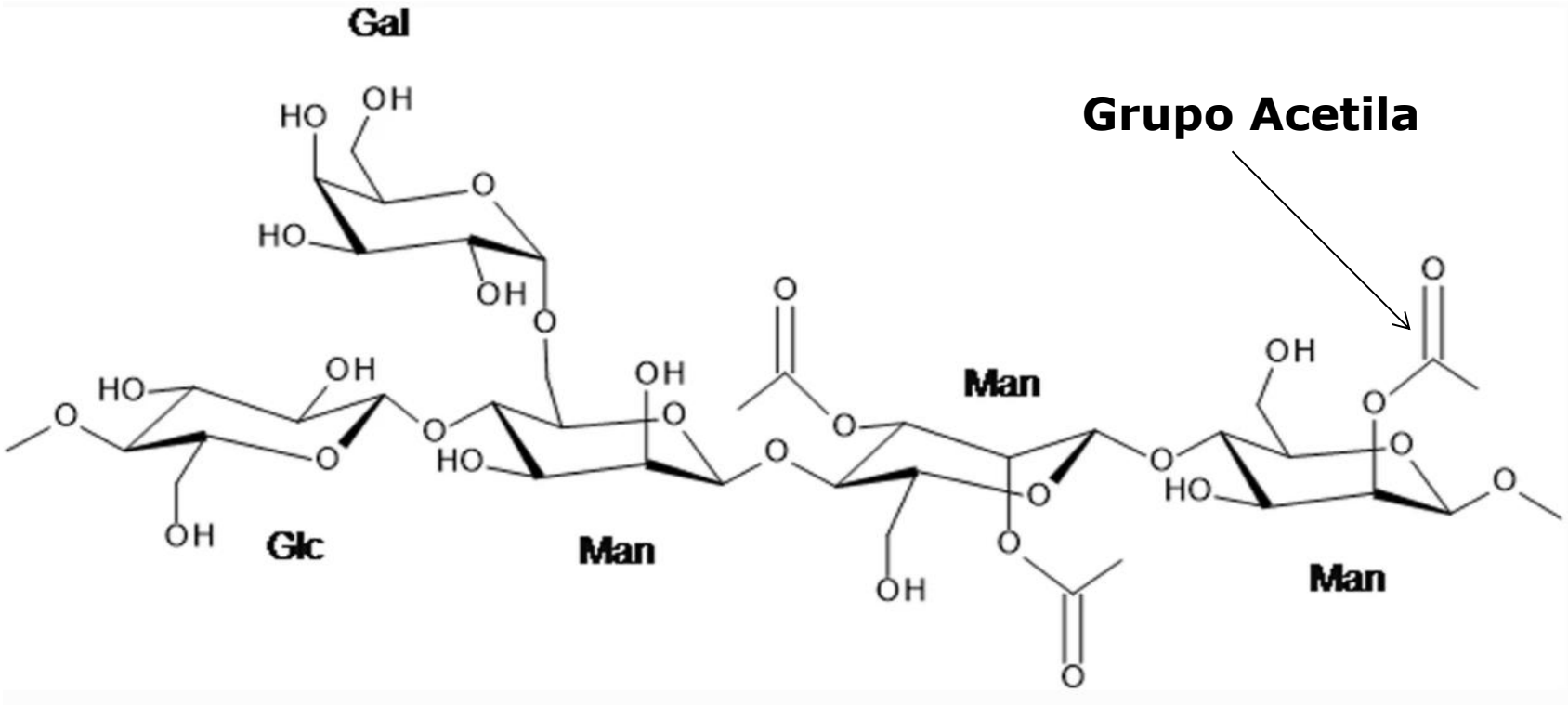
4–O metil glucuronoarabinoxilana

Arabinogalactana



Principal hemicelulose das madeiras de Folhosas
Acetato de 4-O metil glucurono xilana

Fonte da Imagem: https://www.wikiwand.com/en/Xylan

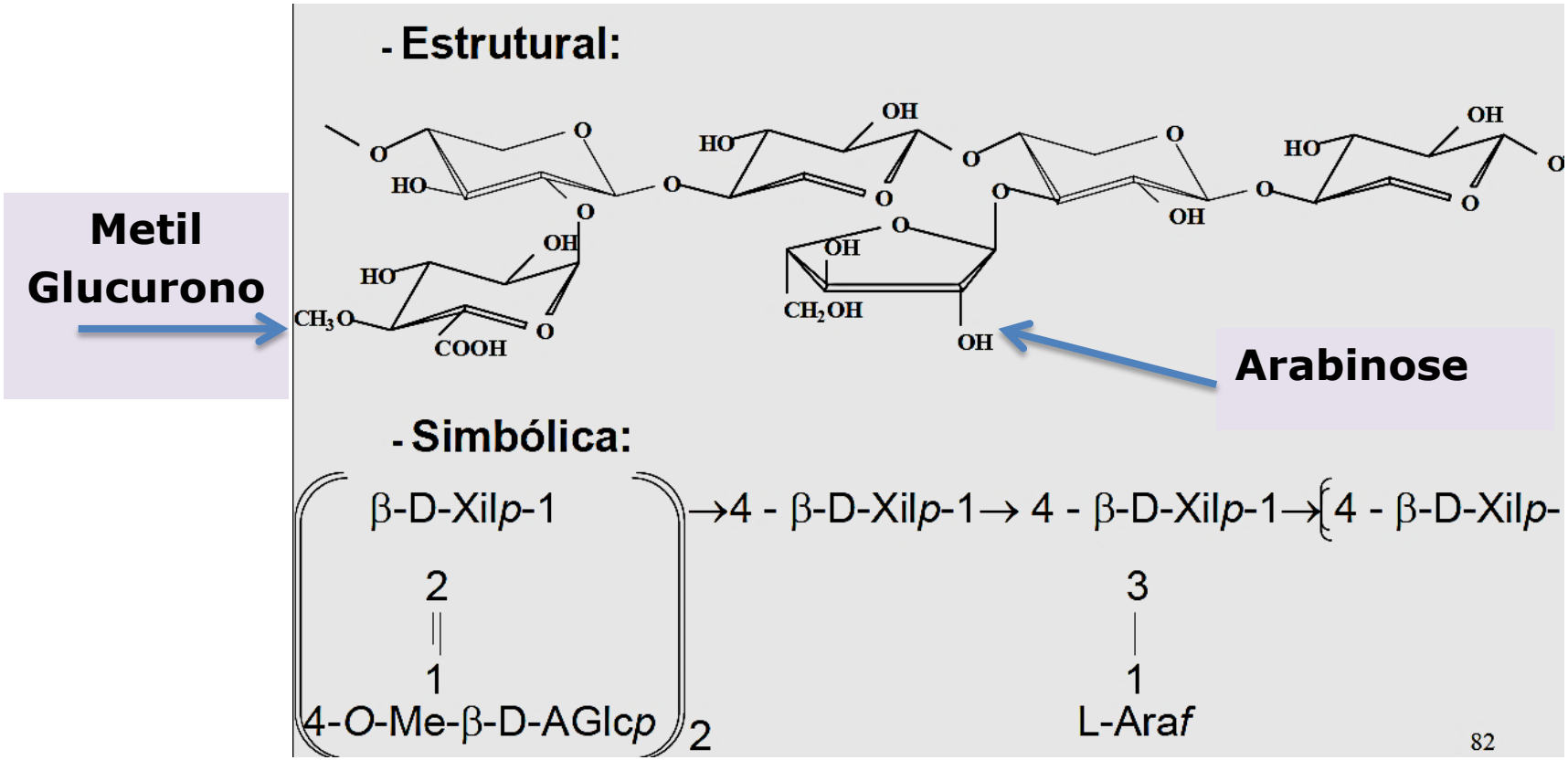


Hemicelulose de Coníferas

Acetato de Galactoglucomana

Cadeia principal: 3 moles Manana : 1 Mole Glucana

Fonte da Imagem: https://link.springer.com/article/10.1007/s00226-018-1068-0/figures/1



Hemicelulose de Coníferas

4–O metil glucuronoarabinoxilana

Fonte da Imagem:

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2009_Quimica+Madeira_A.Magaton.pdf

As hemiceluloses possuem cadeias ramificadas com espinha central e/ou ramificações constituídas de monômeros de açúcares simples com diferentes constituições (por exemplo: com 5 carbonos tipo xilose e arabinose; ou com 6 carbonos tipo glucose, manose e galactose)

A xilose é o principal monômero das hemiceluloses do eucalipto e o terceiro mais abundante composto orgânico presente nas plantas superiores (denominadas de xilanas)

As hemiceluloses são facilmente fracionadas e extraídas da biomassa – por essa razão são tão estudadas para fazer parte das novas biorrefinarias integradas

As suas ramificações inclusive são quase totalmente hidrolisadas com muita facilidade (muito hidrofílicas)

Todas as hemiceluloses são difíceis de serem isoladas e quantificadas separadamente na forma como se apresentam naturalmente com sua cadeia principal e com muitas ramificações

Dessa forma, as medições de hemiceluloses costumam ser feitas através de:

→ **Medições de seus constituintes principais (açúcares monoméricos e grupos ácidos, *listados adiante*)**

→ **Frações dissolvidas em álcali ou água:**

→ **Teor de pentosanas (pentoses)**

→ **Solubilidade em soda a 10%** (*Conforme: https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1980.%20Acerca%20solubilidade%20%E1lcalis%20I.pdf*)

→ **Grupos acetila, acetil ou radical acético**

→ **Grupos urônicos ou uronilas**

→ **Ácido galacturônico**

→ **Ácido glucurônico**

→ **Glucose**

→ **Galactose**

→ **Xilose**

→ **Arabinose**

→ **Manose**

O maior problema é que ao se medir glucanas na madeira, acaba-se medindo também a fração de glucose da celulose, principalmente da fração amorfa, ou toda ela, conforme a metodologia adotada

O teor de hemiceluloses varia conforme o tipo de madeira e as condições de crescimento da floresta

As folhosas possuem entre 20 a 30% de hemiceluloses totais e as de coníferas 25 a 35%

Mesmo dentro do mesmo gênero, as variações podem ser grandes:

***E. urograndis* : 20 a 24%**

***E. globulus*: 28 – 30%**

***E. nitens*: 30 – 33%**

Como são variados os conteúdos de xilanas em *Eucalyptus*, também variam entre eles os teores de grupos acetilas e de ácidos glucurônicos

***E. urograndis*: 2,2 a 3% de grupos acetila**

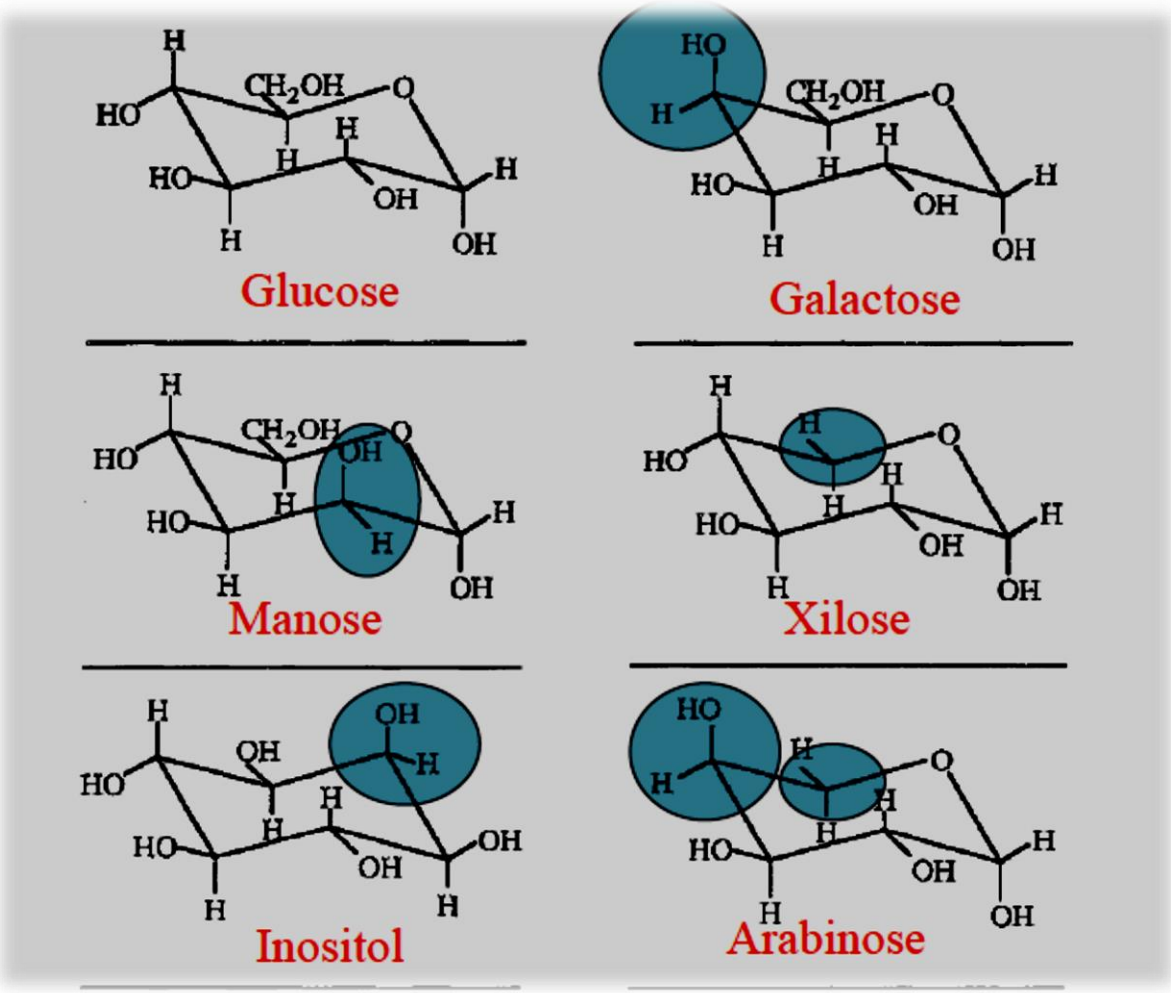
***E. globulus*: 3 a 4% de grupos acetila**

***E. nitens*: 4,5 a 5% de grupos acetila**

***E. urograndis* : 2,5 a 3% de ácidos glucurônicos**

***E. globulus*: 3 a 4% de ácidos glucurônicos**

***E. nitens*: 4 a 4,5% de ácidos glucurônicos**



Carboidratos simples e monoméricos de 5 e 6 carbonos

Composição química de madeiras de *Eucalyptus*

	E. globulus	*E. urograndis*	*E. grandis*	*B. pendula*	*A. mangium*
Composição das madeiras, %					
Extractáveis (etanol/tolueno)	1.72	1.91	2.10	2.24	4.46
Lenhina (Klason)*	22.1	27.9	26.7	21.5	27.6
Monossacarídeos anidros neutros					
Glucose	53.4	52.1	50.9	44.5	51.7
Xilose	14.2	11.4	12.4	23.6	11.9
Ramnose	0.3	0.2	0.3	0.8	0.3
Arabinose	0.4	0.4	0.4	0.7	0.2
Manose	1.1	0.7	0.7	2.1	1.0
Galactose	1.5	1.2	1.0	0.8	0.6
Ácidos urónicos	5.8	5.8	8.5	6.4	7.5

Fonte da Tabela: https://www.tecnicelpa.com/files/CozimentoBranqueamento.pdf

Composição química de madeiras de *Eucalyptus*

Composição química de madeiras de *Pinus taeda*

	Minimum (%)	Maximum (%)	Avg. (%)	SD
Arabinan	0.97	1.64	1.27	0.17
Cellulose	32.27	40.19	36.17	2.36
Galactan	1.20	6.29	2.21	1.29
Glucan	34.94	44.03	39.44	2.59
Hemicellulose	20.60	26.77	23.11	1.43
Mannan	8.01	12.40	9.81	1.08
Xylan	5.20	8.21	6.54	0.78
Insoluble lignin	25.91	30.82	27.92	1.20
Soluble lignin	0.31	0.40	0.36	0.03
Total lignin	26.25	31.19	28.28	1.22

Fonte da Tabela: https://www.srs.fs.usda.gov/pubs/ja/ja_clark027.pdf

Onde, de acordo com autores da referência acima (para coníferas):

$$\text{Cellulose} = \text{Glucan} - (1/3 \times \text{Mannan})$$

3 M : 1 G
Hemicelulose

The hemicellulose content (%) was determined as the difference between the total sugars and total cellulose, i.e.,

$$\text{Hemicellulose} = (\text{Arabinan} + \text{Galactan} + \text{Glucan} + \text{Mannan} + \text{Xylan}) - \text{cellulose}$$

Nondestructive estimation of wood chemical composition of sections of radial wood strips by diffuse reflectance near infrared spectroscopy

P. David Jones · Laurence R. Schimleck · Gary F. Peter · Richard F. Daniels · Alexander Clark III

Importância das hemiceluloses:

- **Apesar de serem bastante atacadas pelo licor de cozimento kraft e com grande remoção inicial na polpação, uma parte presente no licor preto pode reprecipitar de forma mais cristalina sobre as fibras**

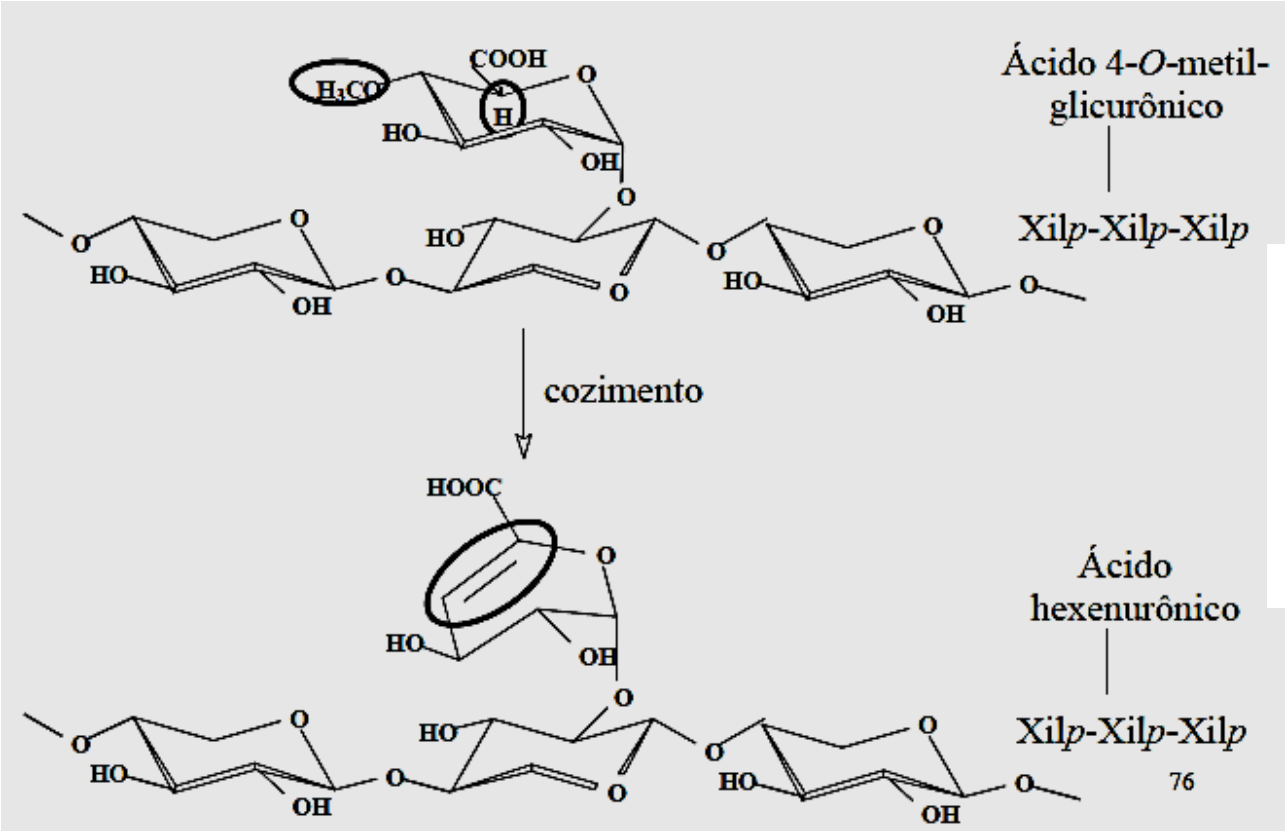
- **Como as xilanas apresentam certo nível de cristalinidade, parte delas acaba não se fragmentando na polpação e permanecem na polpa após cozimento (rendimento total para xilanas de 50% de remoção para os eucaliptos). No branqueamento a perda de hemiceluloses corresponde a uma solubilização entre 1 a 1,5% da massa seca de polpa de eucalipto sendo branqueada.**

- **As hemiceluloses aceleram a refinação por sua hidrofilicidade atuando como uma espécie de lubrificante para tornar as fibras mais plásticas**

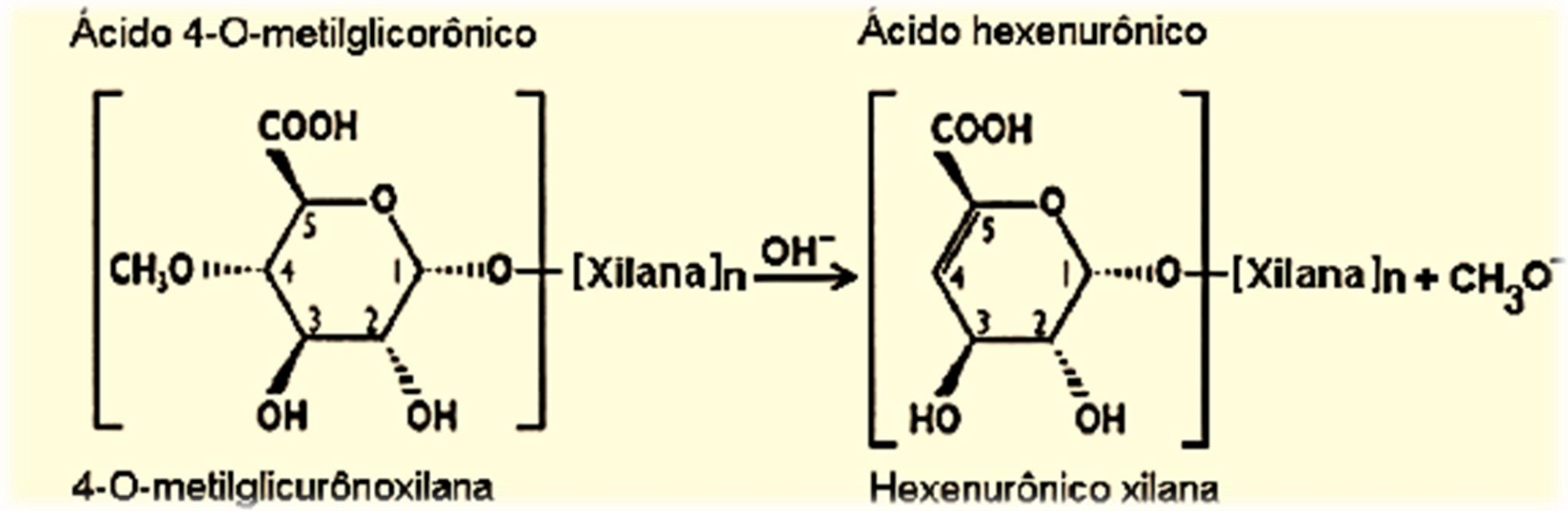
- **As hemiceluloses atuam muito intensamente na formação de pontes de ligação entre as fibras (*fiber bonding*), sendo úteis para promoção de rápido desenvolvimento das propriedades mecânicas das polpas**

- **Hemiceluloses podem prejudicar alguns tipos de papéis que exigem fibras mais rígidas e resistentes ao colapsamento: papéis filtro, papéis *tissue*, etc. Entretanto, caso a madeira possua paredes espessas nas fibras e maior teor de hemiceluloses, os benefícios se complementam (*Eucalyptus globulus*) e se potencializam.**

- **Um dos grandes problemas causados pelo ácido 4-O metil glucurônico das xilanas de folhosas durante a polpação alcalina é a sua reação com hidroxilas formando os temíveis Ácidos Hexenurônicos**



Fonte da Imagem:
https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2009_Quimica+Madeira_A.Magaton.pdf



Formação dos ácidos hexenurônicos (HexAcds) durante polpação alcalina

Fonte da Imagem: https://www.scielo.br/pdf/qn/v32n2/v32n2a19.pdf

Os ácidos hexenurônicos prejudicam o atingimento e a estabilização da alvura em polpas kraft branqueadas. Também forçam os operadores a drastificarem as condições de branqueamento, causando perdas de viscosidade e resistência nas polpas.

Esses ácidos são eficientes consumidores de compostos oxidantes, tanto nas etapas de branqueamento (cloro ativo e dióxido) como na determinação do Número Kappa das mesmas.
Com isso, encarecem a operação de branqueamento das polpas.

Para polpas kraft de eucalipto, praticamente 50% do valor do Número Kappa das polpas não branqueadas se devem não aos compostos de lignina, mas sim aos ácidos hexenurônicos

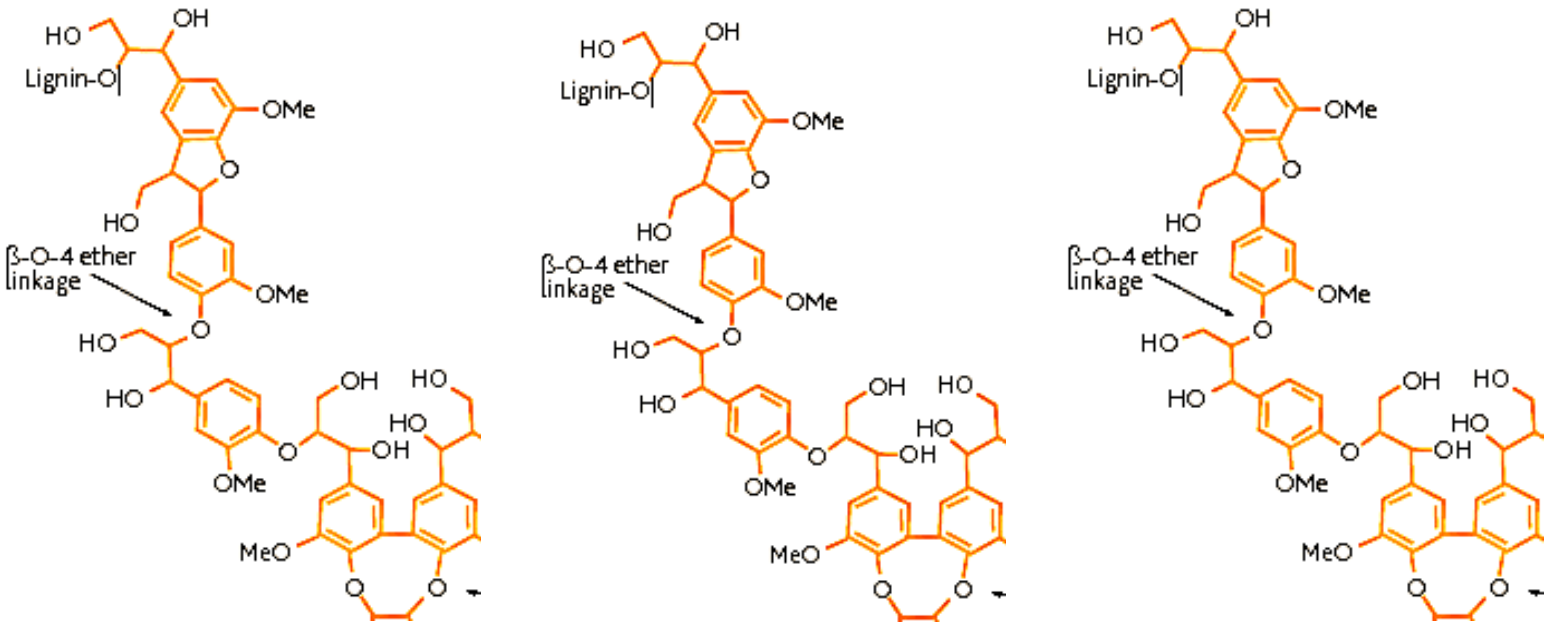
Infelizmente eles resistem bem à etapa de Deslignificação com Oxigênio, mesmo na presença do oxigênio
Os ácidos hexenurônicos se hidrolisam facilmente em condições ácidas e com temperaturas acima de 80ºC
Isso oportunizou o surgimento de etapas ácidas iniciais em sequências de branqueamento para degradação dos HexAcds
(Estágios A ou Dhot)

Parâmetro	BD		AD	
	Polpa Marron	Polpa Branqueada	Polpa Marron	Polpa Branqueada
AHex, (mmol/kg)	45,31	14,22	61,20	14,40
Glucana, (%)	73,19	76,96	76,00	76,91
Xilanas, (%)	12,76	11,88	12,01	14,49

BD: Polpa kraft obtida de madeira de baixa densidade básica
AD: Polpa kraft obtida de madeira de alta densidade básica
Glucanas envolvem celulose e hemiceluloses

Fonte da Tabela:
https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2003_Simone_Queiroz.pdf

4.4. Lignina



Fonte das Imagens: *FPInnovations*

A lignina é a segunda mais abundante substância natural do Reino Vegetal, estando presente na composição química da maioria das plantas da Natureza

Em geral, a lignina ocorre em proporções que variam entre 15 a 30% do peso seco dos vegetais, porém seu teor pode variar bastante entre tipos de vegetais, espécies, tecidos, regiões onde crescem as plantas, bem como inclusive dentro de um mesmo órgão ou tecido vegetal

O nome Lignina deriva-se da palavra latina Lignum, que significa Madeira

O nome se deve ao fato de ser o que sobra após degradação ácida intensa da madeira *(espécie de "espírito da madeira")*

A lignina consiste em um polímero complexo e único, que ocorre em praticamente todos os tecidos dos vegetais superiores, ficando a sua maior parte distribuída na lamela média e nas paredes primárias e secundárias das células vegetais

Lignina é uma substância amorfa e de natureza aromática e hidrofóbica, que ocorre principalmente na parede celular dos tecidos lenhosos e não lenhosos de plantas (em geral superiores), em quantidades e concentrações variadas

A lignina é mais abundante nas madeiras de coníferas (Ginospermas), onde pode ocorrer em proporções que atingem 30 a 35% do peso seco do material

Em madeiras de folhosas (Angiospermas Dicotiledôneas) o teor de lignina é ligeiramente menor, entre 20 a 28%

Por outro lado, não é apenas o teor de lignina que distingue as madeiras de coníferas e folhosas, mas também a estrutura molecular distinta de ambas as ligninas

A molécula de lignina é bastante complexa e vai sendo formada aleatoriamente pela planta, conforme ela sinta que deve colocar mais e mais dessa molécula nas suas paredes celulares para dar resistência e estrutura ao corpo vegetal

Pode-se afirmar, *sem medo de errar* que:

- **É bem provável que cada planta ou vegetal possua apenas e tão somente uma única macromolécula de lignina, pois essa molécula se forma de maneira contínua, irregular, complexa e indefinida**

- **Cada planta tem sua própria e única molécula de lignina, que dificilmente conseguiria ser replicada de forma exatamente igual em outras plantas, ainda que da mesma espécie**

- **Cada macromolécula de lignina é formada pela polimerização aleatória dos radicais precursores em uma estrutura que pode ser considerada única e característica dessa planta**

A lignina desempenha papéis muito importantes para a vida vegetal. Suas principais funções são as seguintes:

- **Aumento da rigidez e resistência da parede celular, o que confere resistência mecânica à madeira do tronco, galhos, raízes, etc.**

- **“Cimentação” das células vegetais umas às outras - uma espécie de colagem entre células, protagonizada pelas finas lamelas médias (ricas em lignina) das células maduras das plantas**

- **Redução da permeabilidade da parede celular à penetração da água, em função do caráter hidrofóbico da lignina**

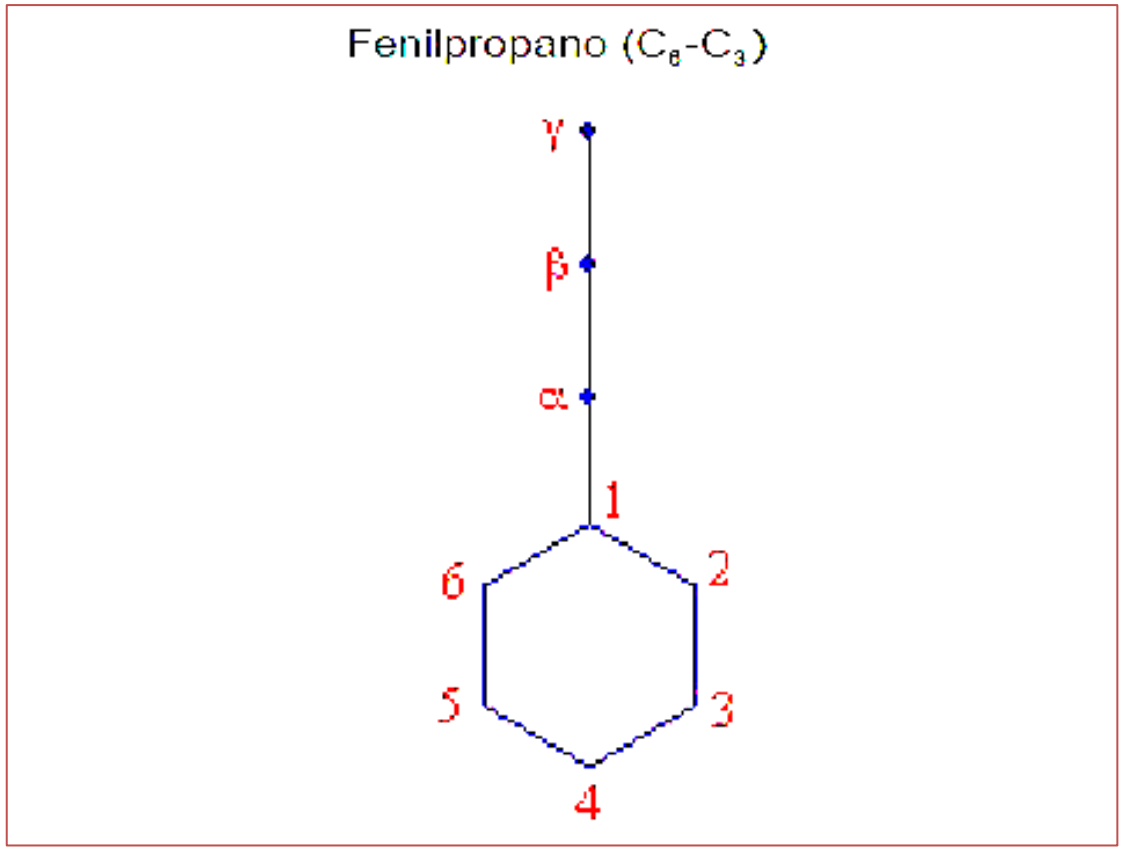
- **Proteção dos tecidos vegetais contra a deterioração microbiológica e climática, já que sua natureza fenólica reduz a capacidade dos efeitos deletérios dos organismos predadores e do clima (sol, chuva, etc.)**

- **Proteção das plantas contra a herbivoria, pois sua lenta digestibilidade torna os vegetais ricos em lignina menos atrativos aos animais herbívoros**

- **Aumento da resistência dos canais que promovem a circulação das seivas (mineral e orgânica)**

- **Aumento da resistência mecânica dos troncos e hastes vegetais, que precisam se manter eretos e verticais na busca dos raios solares na grande competição que se estabelece nas matas, florestas e cultivos agrícolas**

- **Controle do efeito negativo dos raios ultravioleta sobre os constituintes celulares, graças à ação de sua natureza polifenólica**



Unidade básica das ligninas: O radical C6-C3 do Fenil Propano

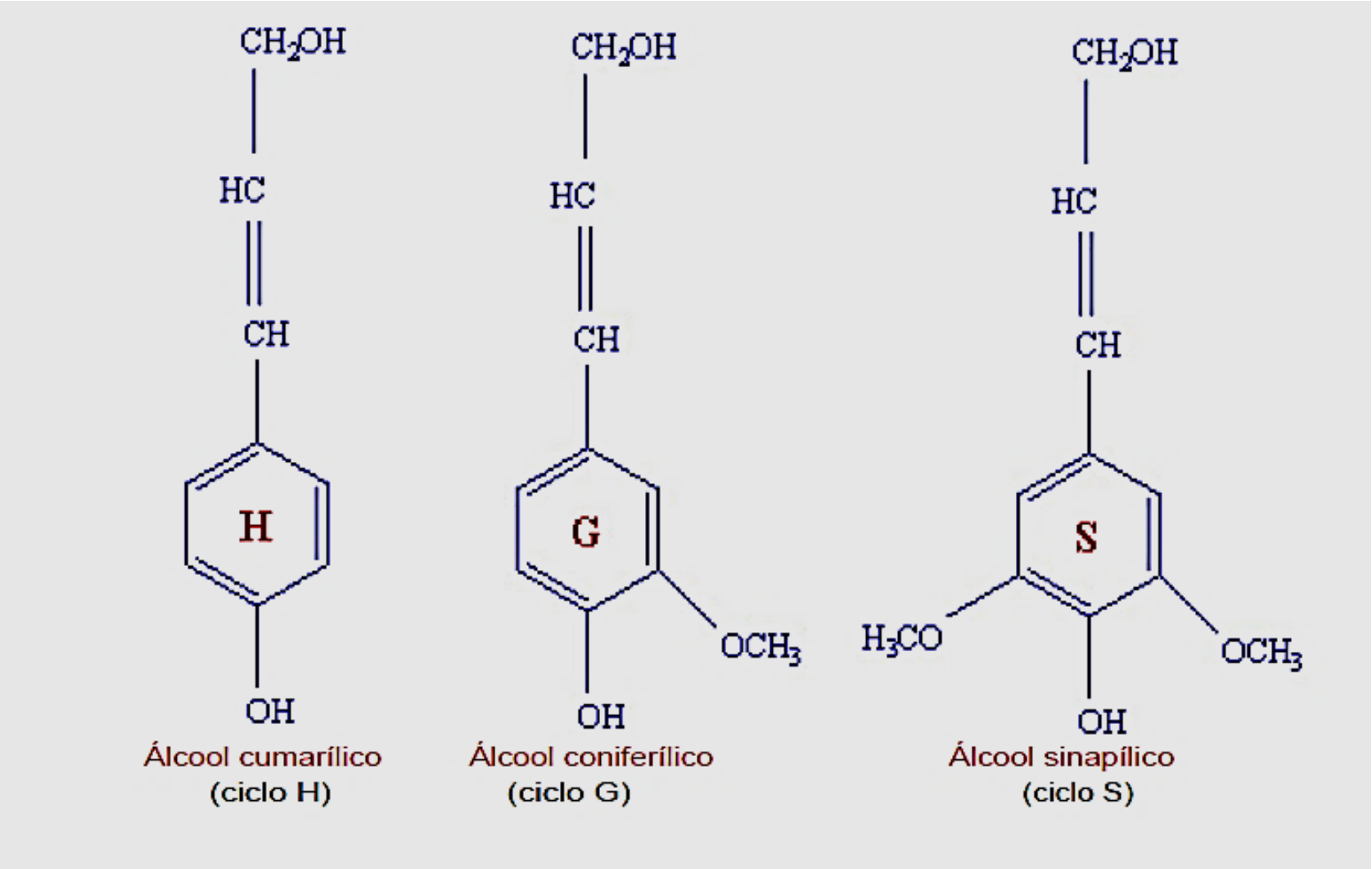
O Fenil Propano se agrega por ligações de condensação e polimerização do tipo éter (R-O-R)

C6-C3, por ser constituído de uma parte fenólica de seis carbonos e outra propânica com três carbonos

A estrutura da lignina é altamente irregular, mesmo sendo formada a partir da polimerização de apenas três tipos de radicais precursores, todos com uma mesma base estrutural comum que é o Fenil Propano

O Fenil Propano toma três formas distintas conforme o tipo de álcool precursor utilizado durante a biossíntese da lignina:

Álcoois Precursores	Unidades ou Radicais Básicos da Lignina
Álcool trans-coniferílico	Guaiacila (G)
Álcool trans-sinapílico	Siringila (S)
Álcool para-cumarílico	p-Hidróxifenil (H)



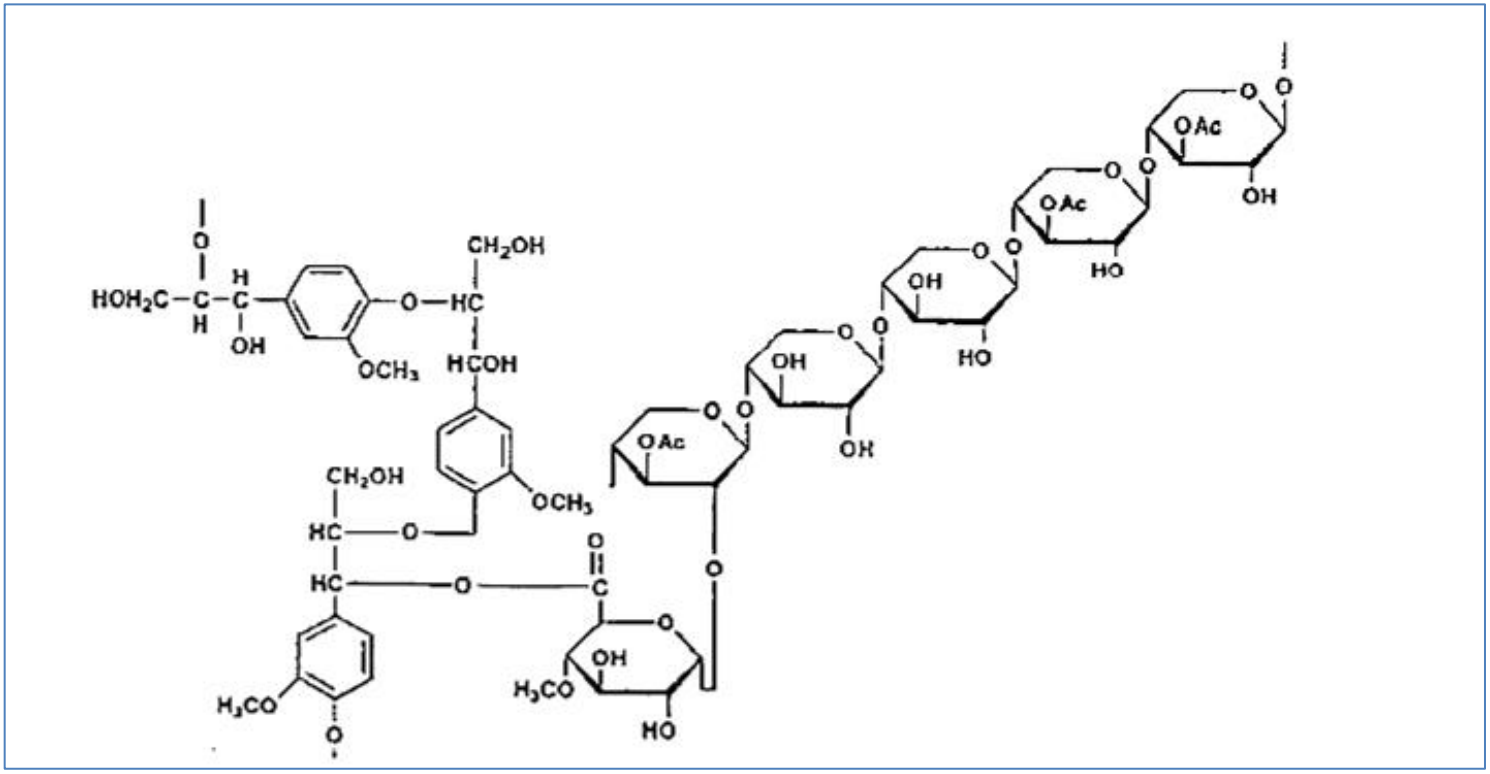
Unidades alcoólicas precursoras das ligninas

As moléculas de lignina são criadas nas plantas pelo acoplamento químico (condensação e polimerização) desses três radicais básicos e fundamentais, que são derivados dos três tipos de álcoois precursores que participam do processo de biossíntese da lignina em sua rota metabólica nos vegetais

As unidades de fenil propano formam a espinha dorsal ("backbone") da molécula da lignina, através de ligações cruzadas entre si, em uma ordem de aparente aleatoriedade em seus arranjos

Portanto, não existem moléculas repetidas de lignina, apenas arranjos aleatórios formados a partir de polimerizações de um a três desses radicais precursores

É comum a ocorrência de condensação e/ou ligações covalentes (ou enxertos) entre a molécula de lignina e moléculas de carboidratos, como as de hemiceluloses ou até com fragmentos de celulose



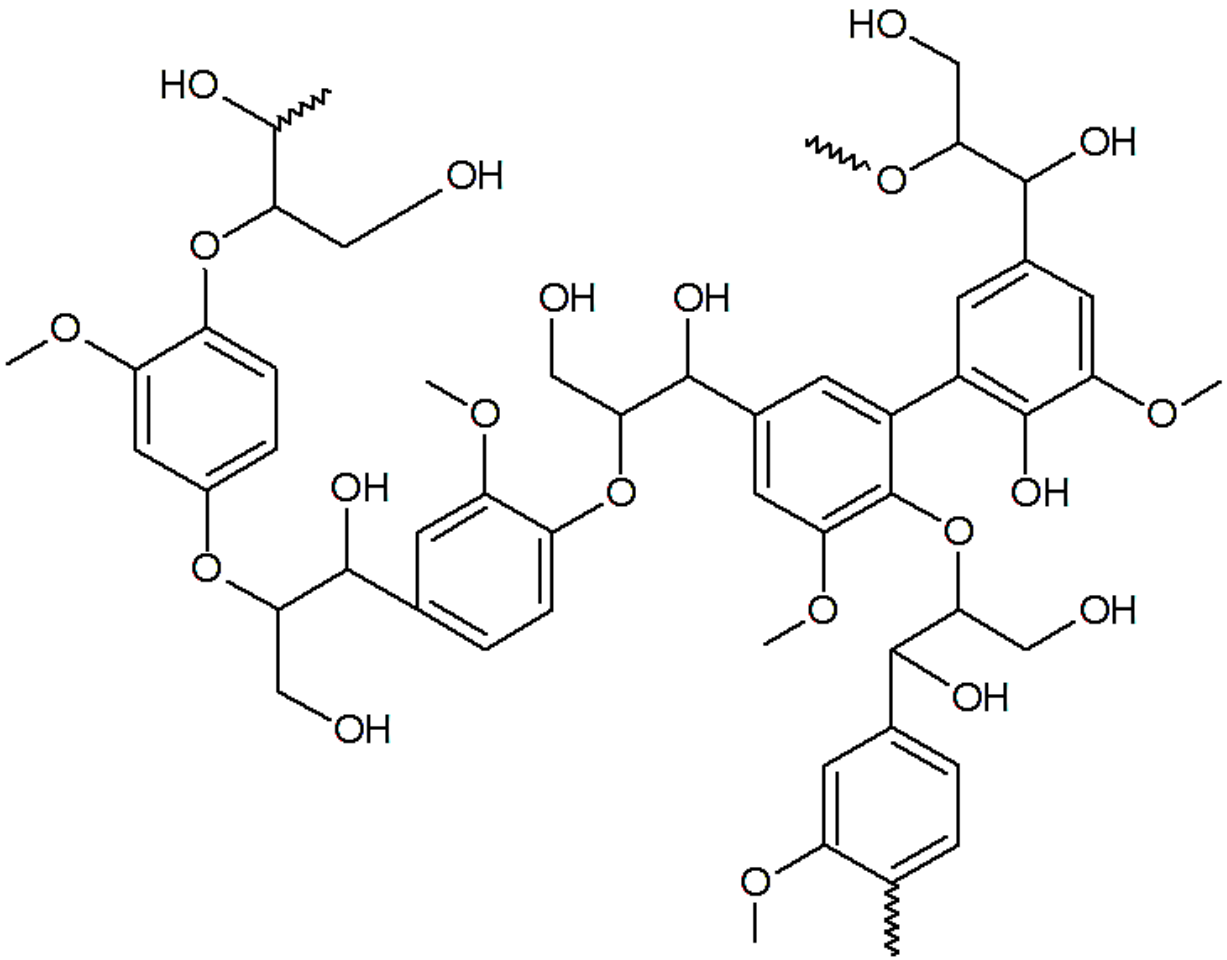
Condensação simples ("enxertia") de lignina com hemicelulose

Apesar de existirem moléculas de hemiceluloses ligadas quimicamente à lignina, essas hemiceluloses não devem ser consideradas como partes da molécula de lignina
São apenas enxertos químicos ou moléculas híbridas, formadas pela proximidade topoquímica na parede vegetal

O fato de existirem frequentes enxertos de carboidratos à lignina, apenas significa que esses compostos coexistem na parede celular

As xilanas costumam estar frequentemente associadas à molécula de lignina, quer seja nos próprios tecidos vegetais, como nas ligninas extraídas pelas biorrefinarias

As ligações entre os radicais básicos entre si ou com os enxertos com outros materiais podem ocorrer entre os carbonos da porção propano ou da porção fenil. Podem ser ligações covalentes, ou Carbono-Carbono ou ligações de éter (C-O-C).



Lignina e tipos de ligações

Ligação covalente é um tipo de interação entre átomos próximos que apresentam alta eletronegatividade, ou seja, elevada tendência de receber elétrons. Alguns dos elementos químicos comumente envolvidos nesse tipo de ligação são: hidrogênio, carbono e oxigênio

Só costuma se considerar como compondo a molécula da lignina as frações que possuem os três tipos fundamentais de radicais derivados do Fenil Propano (G, S, H)

Conforme a espécie, idade, local e ambiente de crescimento, tecido, órgão e genética podem existir diferentes arranjos entre esses três radicais (G, S, H)

Os arranjos mais frequentes são os seguintes:

Angiospermas: **predominância de S, seguido de G**

Ginospermas: **predominância quase absoluta de G, com eventuais aparecimentos de S**

Gramíneas: **proporções variadas de H, G e S, com maior participação de H**

Em função desses modelos, diz-se que as ligninas de coníferas são do tipo G; as de folhosas do tipo S-G e as de gramíneas do tipo H-G-S

As ligninas do tipo G em coníferas são consideradas as mais primitivas na escala evolutiva, da mesma forma que a evolução do xilema, que aconteceu em um processo de desenvolvimento evolutivo, que se iniciou nas ginospermas e depois evoluiu para as angiospermas (mono e dicotiledôneas)

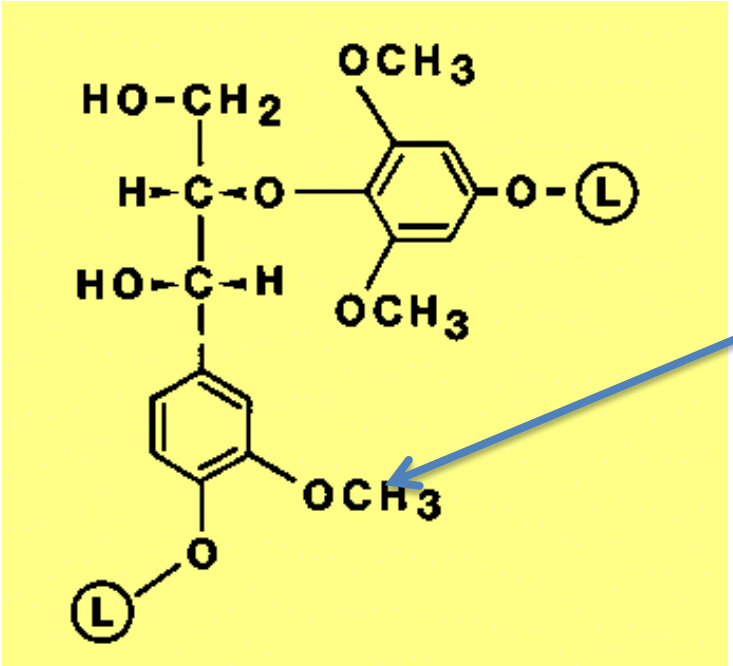
Ligninas tipo S e G e relação S/G

Costuma-se dizer que a lignina tipo G é uma espécie de "vilã" para a produtividade dos processos de polpação alcalina (kraft e soda)

Isso porque essa lignina é mais condensada e condensável, mais difícil de ser fragmentada em constituintes de menor peso molecular para serem dissolvidos no licor de cozimento

Apesar das vantagens em polpação e branqueamento da lignina S, ela tem maior potencial de gerar gases de mau odor, como o caso das mercaptanas e outros sulfetos orgânicos, que são formados a partir da maior proporção dos grupos metoxílicos que são liberados da molécula de lignina

A relação S/G é considerada hoje como um dos melhores indicadores de qualidade de madeira de folhosas (eucaliptos, por exemplo) visando à produção de celulose kraft



Grupo Metoxílico da Lignina

Madeiras de folhosas com baixos teores de lignina e altas relações S/G (acima de 3,5) são consideradas mais adequadas para os processos de obtenção de celulose em condições alcalinas, pois a maior proporção de siringila S permite algumas vantagens importantes:

- **A velocidade de deslignificação da madeira é melhorada pela maior acessibilidade da molécula de lignina mais rica em siringila**

- **A lignina rica em siringila é mais facilmente fragmentada em unidades menores, inclusive do fenil propano monomérico, o que permite fácil e rápida dissolução desses fragmentos pequenos no licor de cozimento**

- **A quebra da ligação β-aril-éter (C β Propano – O – Radical Fenil Lignina) é facilitada em caso de se dispor de lignina do tipo S**

- **Há menor potencial de condensação de fragmentos de lignina durante o cozimento, pois tanto os carbonos 3 e 5 da unidade fenólica estão comprometidos pela presença de seus respectivos grupos metoxílicos**

Existem algumas características que precisam ser lembradas para os grupos metoxílicos dos carbonos 3 e 5:

- **Eles tornam o processo mais propenso a ter mau odor pela desmetoxilação e formação de mercaptanas e sulfetos orgânicos (metil sulfeto, dimetil sulfeto, dimetil disulfeto)**

- **A desmetoxilação durante o cozimento libera os carbonos 3 e 5 para outros tipos de ligações na lignina remanescente**

Enquanto existem claras vantagens para a polpação alcalina de madeiras com altas proporções de radicais do tipo S, no caso do uso da lignina para biorrefinarias associadas, a lignina do tipo G mostra algumas vantagens, tais como:

- **Maior facilidade para a hidrólise ácida da madeira com lignina do tipo G**

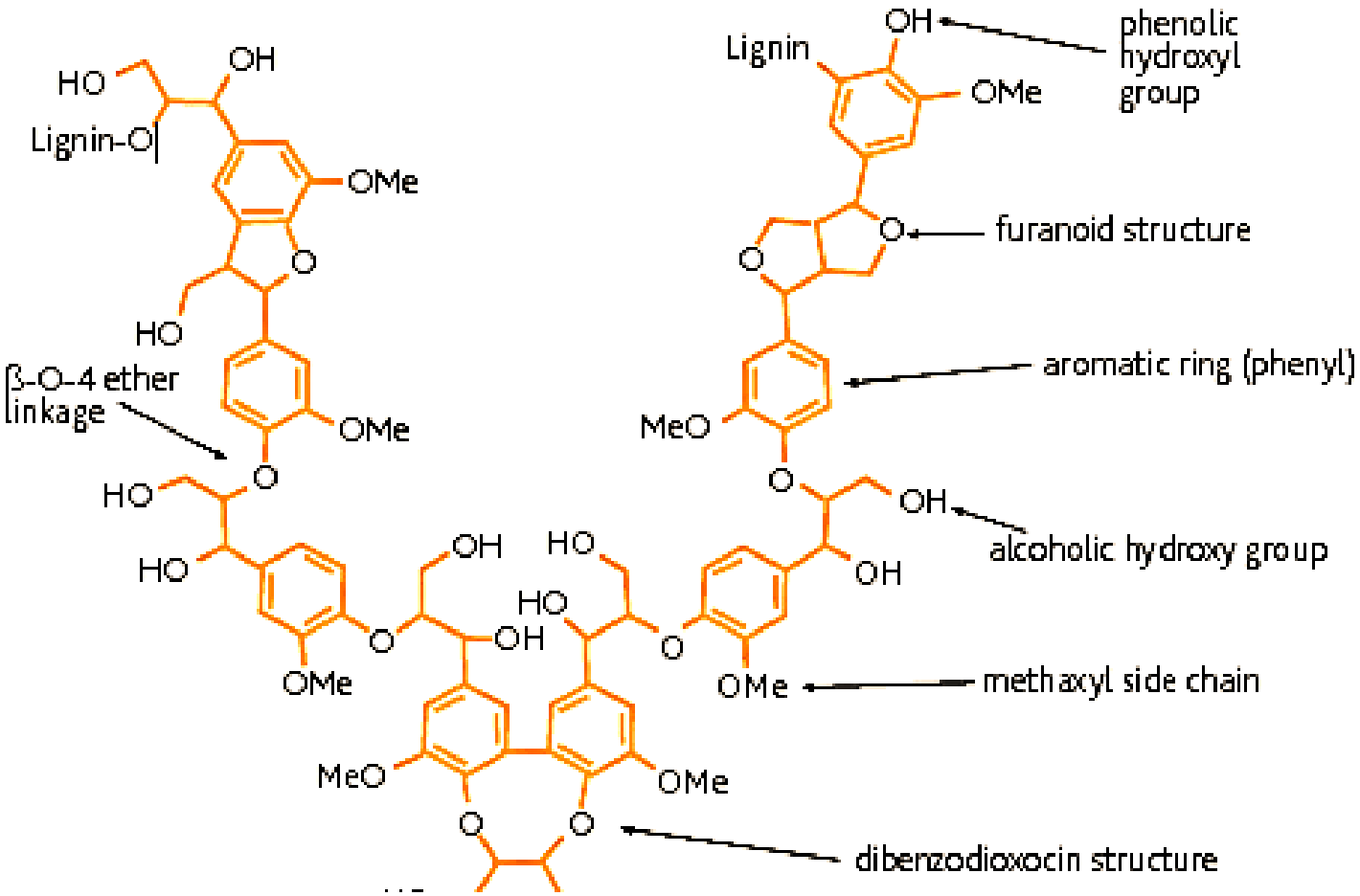
- **Maior potencial para reações de oxidação e derivação química da lignina (acetilação, sulfonação, etc.) em função da disponibilidade do sítio reativo do carbono 5**

- **Melhor arranjo estrutural e molecular das ligninas G em relação às ligninas S**

- **Maior potencial de condensação e aumento da densidade da lignina do tipo G pela reação C5-C5 (condensação fenil-fenil);**

- **Maior facilidade de estabilização da lignina do tipo G em procedimentos de modificação da estrutura química da lignina. Essa estabilização pode ser em relação ao calor ou em relação ao ataque de outros reagentes químicos e biológicos.**

- **Maior percentual de carbono na molécula tipo G, o que aumenta o poder calorífico dessa lignina para ser utilizada como biocombustível ou para outros usos como em fibras de carbono**



Estrutura irregular e complexa da lignina vegetal e suas múltiplas ligações (*Fonte da Imagem:* *FPInnovations*)

Composição Molecular das Ligninas – que diferem conforme a quantidade de grupos metoxílicos

Lignina	% Carbono	% Hidrogênio	% Oxigênio	% OCH_3 Grupos Metoxílicos
Coníferas (*Pinus* e Araucária)	61 - 66	5,6 – 5,9	33 - 35	12 - 17
Folhosas (Eucaliptos, Acácias, etc.)	58 - 62	6 – 6,5	32 - 34	18 - 23
Composição Molecular do Grupo Metoxílico	38,7	9,7	51,6	

A fórmula molecular mínima da lignina varia conforme o seu tipo, já que as quantidades de grupos metoxilícos variam e esses grupos são mais pobres em conteúdo de carbono em sua constituição molecular

A tabela acima é clara em permitir que se perceba que quanto maior for o teor de grupos metoxílicos na constituição da lignina, menor será o teor de carbono, a densidade e também o poder calorífico dessa lignina

Diversas fórmulas moleculares mínimas têm sido propostas para a lignina, variando as mesmas conforme a espécie estudada

Para coníferas:

Peso molecular pela fórmula mínima = 182,8 g

Teor de grupo metoxílico = 15,6% - Teor Carbono = 65,1%

Para coníferas:

$$C_9\ H_{7,12}\ O_2\ (H_2O)_{0,40}\ (OCH_3)_{0,92}$$

ou

$$C_{9,92}\ H_{10,64}\ O_{3,32}$$

Para folhosas:

Peso molecular pela fórmula mínima = 199,06 g

Teor de grupo metoxílico = 21,6% - Teor Carbono = 62,76%

Para folhosas:

$$C_9 H_{6,43} O_2 (H_2O)_{0,53} (OCH_3)_{1,39}$$

ou

$$C_{10,39} H_{11,66} O_{3,92}$$

Fórmulas moleculares mínimas são construídas a partir do teor percentual de cada elemento na madeira e de suas respectivas massas atômicas

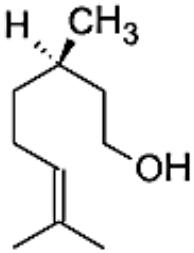
Finalizando:

Madeiras e Madeiras

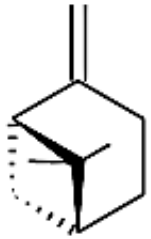
Apesar das maiores diferenças que existem entre os teores e as constituições de ligninas, hemiceluloses e extrativos entre as madeiras de coníferas e folhosas, quando se avalia apenas a celulose, as diferenças são mínimas

A molécula de celulose é a mesma, podendo existir algumas diferenças em proporções de cristalinidade e em teores percentuais, mas nada que seja tão significativo

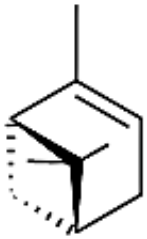
4.5. Extrativos



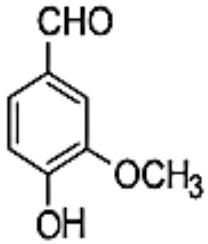
citronelol



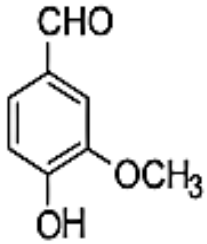
β-pineno



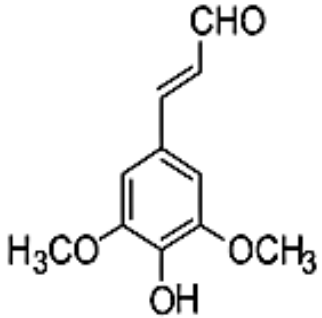
α-pineno



vanilina



p-hidroxibenzadeído



coniferaldeído

Os Extrativos são também chamados de Compostos Acidentais ou Estranhos à madeira pelo fato de não terem sido criados pelas células do câmbio para ficarem presentes na composição e estruturação das paredes celulares

São compostos produzidos com finalidades de fornecimento de reservas energéticas ou de proteção contra patógenos

Normalmente, eles se localizam nos vacúolos das células dos parênquimas e células produtoras de gomas ou resinas e nos lúmens de elementos fibrosos e vasos na forma de tiloses

Em função de sua natureza química (açúcares, álcoois, ácidos graxos, ácidos carboxílicos, polifenóis, etc.) eles são facilmente solúveis em água fria e quente, vapor d'água e em solventes orgânicos (álcool e éter etílico, tolueno, benzeno, acetona e diclorometano)

Alguns extrativos são muito voláteis (exemplo: constituintes da terebintina) e por isso mesmo podem "escapar" dos métodos de medição

Existem metodologias para medição de extrativos em cada tipo de solvente, algumas vezes se referindo a essa metodologia como Solubilidade da Madeira em um determinado composto que os remova da estrutura da madeira

Existem metodologias para medir essa solubilidade ou conteúdo em alguns solventes que apresentam relação com o tipo de extrativo e outra que tenta medir o que se chama de Extrativos Totais da Madeira

Também existem metodologias criadas para remoção de extrativos da madeira para evitar que eles interfiram em outras medições (lignina, por exemplo)
A essa madeira sem extrativos e na forma de fina serragem se denomina "Madeira Isenta ou Livre de Extrativos"

Extrativos Totais: todo o material removido da madeira pela extração sequencial da mesma amostra com álcool/tolueno, álcool etílico e depois água quente

Caso se queira maior perfeição nas extrações, pode-se incluir também no sequenciamento uma extração com acetona e/ou com diclorometano, ou até mesmo ambas, continuando o sequenciamento de extrações até quase tudo ser extraído (até peso constante da madeira isenta de extrativos)

Os extrativos possuem pesos moleculares bem inferiores aos dos demais polímeros das madeiras (celulose, hemiceluloses e lignina). Eles podem ser ou não compostos poliméricos.

Em geral são compostos do tipo:

- **Ceras e ácidos graxos**
- **Álcoois e éteres**
- **Ácidos carboxílicos**
- **Substâncias fenólicas e aromáticas**
- **Carboidratos**
- **Corantes orgânicos**

Os extrativos exercem papéis muito importantes na vida e metabolismo vegetal:

» **Utilização como material de reserva e como fonte de energia ou suprimento de nutrientes no metabolismo**

» **Proteção contra apodrecimento por fungos, perfurações de brocas e térmitas e do ataque de patógenos, inclusive por herbivoria**

» **Cicatrização de feridas formando películas protetoras e com ações de estimulação à ação do câmbio meristemático**

Os extrativos totais possuem duas frações de constituintes principais:

✧ **Fração lipofílica ou que tem afinidade "ou gosta de gorduras"**
São compostos ricos em terpenos e ácidos graxos e presentes em resinas e gomas

São removidos por solventes orgânicos que também gostam e têm afinidade por gorduras como tolueno, acetona, diclorometano, benzeno, etc.

✧ **Fração hidrofílica ou que possui afinidade ou gosta de água**

Em geral são os açúcares simples, o amido facilmente hidrolisável, taninos, corantes naturais da madeira

São facilmente removidos por água fria, quente ou vapor d'água

Em um quadro apresentado pelo Dr. Umberto Klock, pode-se reunir a grande maioria dos extrativos como a seguir:

EXTRAÇÃO	GRUPOS PRINCIPAIS	SUBGRUPOS	SUBSTÂNCIAS INDIVIDUAIS
Destilação a vácuo	Terpenos - fenóis - hidrocarbonos - lignanas	Monoterpenos - sesquiterpenos -di, tri, tetraterpenos - politerpenos	Conifeno Careno Limoneno Pineno Borneol
Éter	Ácidos graxos - óleos, gorduras - ceras, resinas - ácidos resinosos - esteróis.	Ácidos graxos não saturados, Ácidos graxos saturados.	Ácido oleico Ácido linoleico
Extração alcoólica	Pigmentos coloridos - flobafenos - taninos - estilbenos	Flavonóides Antociaminas.	Taxifolin Quercetin
Extração com H_2O	Carbohidratos - proteínas - alcalóides Matéria inorgânica	Monosacarídeos - amido -material péctico. Catíons e aníons.	Arabinose Galactose Rafinose Ca, K, Mg, Na, Fe.

Solventes e solutos resultantes da extração da madeira

Fonte do Quadro: http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasklock/quimicadamadeira/Extrativos2014.pdf

Alguns extrativos possuem importantes utilizações pela sociedade, sendo removidos das madeiras para serem usados como produtos comerciais:

Oleoresina do *Pinus*
Terebintina
Taninos
Corantes
Óleos vegetais (peroba, nogueira)
Melados ou xaropes (*Maple syrup*)
Alimentos (chás e temperos)
Fungicidas e inseticidas
Ceras
Corantes
Fármacos (caseiros ou industriais)

Existem dezenas ou mesmo centenas de compostos extrativos nas madeiras das árvores do planeta, cada uma delas com componentes muitas vezes únicos

As extrações e solubilizações realizadas como metodologias de análise no setor de celulose e papel estão mais preocupadas em quantificar apenas o conteúdo e o tipo: lipofílico e/ou hidrofílico

Isso porque além do conteúdo de extrativos totais representarem perdas processuais e consumo de reagentes, eles podem trazer problemas de qualidade à celulose e papel

No caso da indústria química (alimentícia, farmacêutica, tintas e vernizes, etc.) o objetivo é identificar a composição química, moléculas e quantidades detalhadas desses extrativos, usando metodologias sofisticadas como cromatografia, espectrometria, pirólise, ressonância magnética, etc.

Teores e tipos de extrativos na madeira dependem de diversos fatores:

- **Espécie de planta (conífera, folhosa, gramínea, etc.), bem como gê*nero e espécie***
- ***Fase do melhoramento florestal***
- ***Idade da árvore (cernificação presente, etc.)***
- ***Sanidade da árvore***
- ***Ambiente em que vive a árvore: solo, clima, estação do ano, etc.***
- ***Estocagem das toras e cavacos (efeito sazonalidade na estocagem)***

Extrativos são indesejados pelo setor que fabrica celulose e papel, já que eles não são convertidos em polpa celulósica

Apenas consomem reagentes químicos processuais e resultam em perdas de rendimentos de polpação e em potenciais problemas de qualidade no branqueamento e na limpeza da celulose

Eles também aumentam a quantidade de sólidos secos para o sistema de recuperação de licor pelo maior consumo de álcali ativo e pela quase total dissolução para irem ao conteúdo orgânico do licor preto

Outro problema conhecido é a formação de compostos pegajosos pela saponificação de extrativos lipofílicos. Esses compostos grudam em equipamentos (tanques, peneiras, tubulações, etc.) e sujam as polpas com pintas escuras: PITCH, cuja formação é potencializada pelo ataque dos oxidantes clorados aos extrativos lipofílicos

Uma pequena fração dos extrativos sempre acaba passando incólume pela linha de fibras do processo kraft (como tal ou modificada em sua estrutura)

Por isso, as polpas não-branqueadas ou branqueadas sempre possuem algo na faixa de 0,1 a 0,3% de extrativos em solventes como diclorometano ou álcool/tolueno

As madeiras consumidas para produção de celulose no Brasil possuem teores de Extrativos Totais que variam entre 3,5 a 8%

Já no caso do bambu, esse valor pode chegar a 15% ou mais

Essa variação grande encontrada na literatura tem diversas razões:

- ***Tipos distintos de madeiras (espécies, gêneros e efeito do sítio florestal)***

- ***Metodologias diferentes utilizadas, apesar de existir padronização normativa***

- ***Amostragens inadequadas nas árvores, madeiras, toras ou cavacos (falta de representatividade ou amostragem e número de amostras insuficientes)***

- ***Tempo de estocagem da madeira, uma vez que durante a estocagem existe ataque de fungos que degradam principalmente extrativos para uso dessa fonte energética***

4.6. Cinzas

Os elementos minerais têm importância no desenvolvimento dos vegetais e seu papel é bastante conhecido

Nas árvores, suas quantidades variam com a espécie, as disponibilidades do solo,
as necessidades individuais e outros fatores de menor importância

Os íons minerais atuam fisiologicamente mais nas folhas e células de reserva, mas são encontrados em todos os órgãos e tecidos, uma vez que são absorvidos do solo e levados através do tronco até a copa, participando do metabolismo vegetal

No processo kraft, após a madeira ter sido convertida a celulose, os minerais da constituição da madeira se apresentam como residuais nos licores de cozimento e na própria polpa, podendo vir a se constituir em contaminantes

Eles podem interferir na produtividade industrial, na qualidade da polpa e do papel e, quando se acumulam no processo, são causadores de problemas como corrosões, incrustações e entupimentos e, portanto, reduzem a vida útil dos equipamentos

Importante parte desses contaminantes sai pelos efluentes, resíduos sólidos e aéreos

Por razões ambientais, a indústria de celulose tem procurado fechar seus circuitos de água e gases. Com isso, as perdas desses contaminantes através dos efluentes líquidos e aéreos serão cada vez menores e os acúmulos processuais se converterão em "sujeiras inertes ou não", intensificando os problemas resultantes dessas acumulações

Devido aos problemas que os elementos minerais podem causar no processo de produção, a sua quantificação torna-se bastante útil para fornecer subsídios a medidas preventivas, uma vez que uma grande quantidade destes elementos entra na constituição da madeira

Entretanto, uma parte considerável de elementos minerais entra também como sujeiras nas madeiras e cavacos (terra, pedras, argila, areia, etc.) e através de outras matérias-primas de processo

Os elementos que entram no sistema podem ser classificados em processuais e não-processuais

Os elementos processuais são Na e S

Entre os não-processuais estão Ca, Mg, K, Cl, P, Mn, Al, Si, Fe e, em menores quantidades, Zn, Cr, Pb, Hg, Ni, Co e Cd, etc.

Destes elementos não-processuais, aproximadamente 60 - 65% entram via madeira (teor intrínseco na madeira e contaminantes), 30 - 35% como forma de produtos químicos processuais ou suas impurezas e 5% com a água de processo

Outra fonte destes elementos é o desgaste de equipamentos metálicos

O conjunto desses elementos minerais todos somados são referidos normalmente como Cinzas

A presença de elementos minerais não-processuais pode causar vários problemas na industrialização da madeira à celulose

Problemas mais frequentes causados pelas cinzas:

- ***Incrustações e depósitos em tubulações, tanques, etc.***
- ***Desgastes por abrasão ou corrosão***
- ***Formação de pedras e acidentes nas caldeiras de recuperação devido ao acúmulo de potássio e cloretos***
- ***Sujeiras e pintas nas polpas e papéis***
- ***Acúmulo em águas, licores e sólidos dos processos de fabricação, passando a aumentar demandas energéticas pelo trânsito e aquecimento de materiais inertes***

- ***Catalisação e reações indevidas em algumas etapas do processo onde consomem produtos químicos processuais, especialmente no branqueamento***

- ***Prejuízos causados na alvura e reversão de alvura das polpas***

Indicamos a leitura de um dos capítulos do Eucalyptus Online Book que foi totalmente dedicado à discussão sobre esses elementos não-processuais:

Os eucaliptos e os elementos não processuais na fabricação de celulose kraft. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 24. 122 pp. (2011)
https://www.eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT24_ElementosNproces.pdf (em Português)

Quantidade média de elementos minerais presentes em árvores médias de algumas espécies de madeiras comerciais usadas para fabricação de celulose de fibras curtas (g/árvore):

Elementos	*Acacia mearnsii*	*Eucalyptus dunnii*	*Eucalyptus globulus*	*Eucalyptus grandis*	*Eucalyptus saligna*
K	71,5	98,1	68,9	101,7	76,0
Ca	70,6	91,8	33,0	66,8	56,0
Mg	21,7	58,3	12,3	22,5	20,7
Na	29,98	25,38	5,64	29,96	49,37
Al	5,86	9,22	1,80	6,54	16,65
Mn	0,744	6,056	2,282	2,046	1,614
Si	0,597	1,183	0,733	1,609	2,693
Fe	0,189	0,342	0,132	0,434	0,575
Cu	0,109	0,103	0,087	0,137	0,155
Ni	0,005	0,022	0,019	0,015	0,030
Total	201,305	290,559	124,877	231,709	223,771
Total cinzas	474,109	587,305	539,719	318,731	337,549
% elementos[1]	42,460	49,473	23,137	72,697	66,293

[1] porcentagem dos elementos minerais estudados nas cinzas.

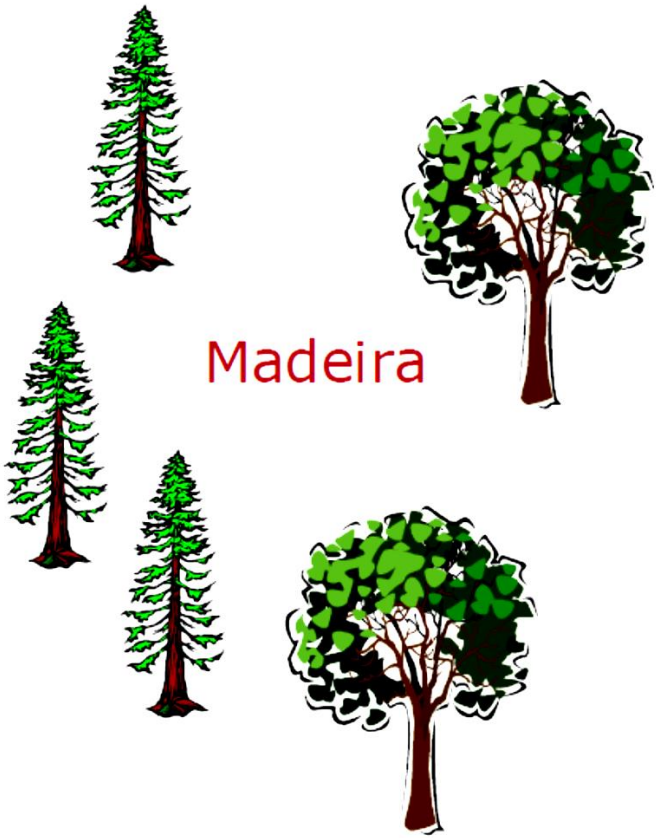
Sugere-se também a leitura do artigo de André Freddo e colaboradores, bem como a dissertação de mestrado do engenheiro Freddo pela Universidade Federal de Santa Maria

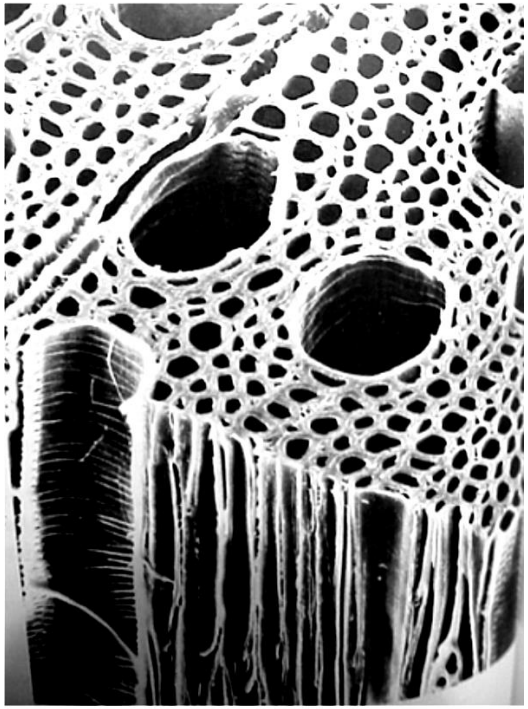
Elementos minerais em madeiras de eucaliptos e acácia negra e sua influência na indústria de celulose kraft branqueada. A. Freddo. Dissertação de Mestrado. Orientação: C. Foelkel. UFSM – Universidade Federal de Santa Maria. 85 pp. (1997)
https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ufsm/ufsm%20%20andre%20freddo.pdf (em Português)

Elementos minerais em madeiras de eucaliptos e acácia negra e sua influência na indústria de celulose kraft branqueada. A. Freddo; C.E.B. Foelkel; S.M.B. Frizzo; M.C.M. Silva. Ciência Florestal 9(01): 193 - 209. (1999)

https://celso-foelkel.com.br/artigos/ciencia_florestal/elementos%20minerais%201999.pdf (em Português)

Tema 5: Composições Químicas das Madeiras de Eucalyptus & Pinus





Composição elementar da madeira

Constituinte, %	Coníferas			Folhosas		
	Larix	Pinus	Abeto	Carvalho	Faia	Eucalipto
Carbono	49,6	50,2	50,0	49,2	48,9	48,7
Hidrogênio	5,8	6,1	6,0	5,8	5,9	5,6
Nitrogênio	0,2	0,2	0,2	0,4	0,2	0,2
Oxigênio	44,2	43,3	43,5	44,2	44,5	45,1
Inorgânicos	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,4

Fonte da Tabela:

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2009_Quimica+Madeira_A.Magaton.pdf

Chemical composition of 12 species of *Eucalyptus* as percentage of oven-dried wood.

	E. camaldulensis	*E. rudis*	*E. resinifera*	*E. propinqua*	*E. sideroxylon*
Ash	0.8	0.7	0.6	0.4	0.4
Total extractives	18.9	14.5	8.2	8.8	13.5
Dichloromethane	1.1	1.2	0.9	0.6	0.7
Ethanol	14.8	10.7	5.2	6.7	10.8
Water	3.0	2.7	2.1	1.5	2.0
Total lignin	24.0	26.8	30.8	29.9	26.6
Klason lignin	21.8	23.4	28.1	27.7	23.3
Soluble lignin	2.3	3.5	2.8	2.2	3.2
Holocellulose	55.4	59.0	61.0	62.7	61.1
1% NaOH solubles	29.7	23.4	22.1	18.9	23.3

Fonte da Tabela:

https://www.researchgate.net/publication/263537905_Kraft_pulping_and_wood_chemical_composition_for_12_eucalyptus_species

Chemical composition of 12 species of *Eucalyptus* as percentage of oven-dried wood.

	E. botryoides	*E. viminalis*	*E. maculata*	*E. saligna*	*E. grandis*	*E. ovata*	*E. globulus*
Ash	0.6	0.6	2.2	0.8	0.4	0.6	0.6
Total extractives	9.7	6.1	10.0	10.1	6.7	6.4	6.1
Dichloromethane	0.4	0.8	1.1	0.9	0.7	0.9	0.4
Ethanol	5.8	2.9	6.5	7.2	4.2	2.8	2.3
Water	3.5	2.3	2.4	2.0	1.8	2.7	3.4
Total lignin	27.1	26.8	21.6	26.6	27.8	26.0	24.8
Klason lignin	24.3	23.2	18.5	23.7	25.1	22.2	21.1
Soluble lignin	2.8	3.6	3.1	2.9	2.7	3.8	3.7
Holocellulose	64.7	68.1	64.8	64.2	66.8	68.3	70.1
1% NaOH solubles	18.3	17.8	20.3	21.5	17.1	19.8	17.4

Fonte da Tabela:

https://www.researchgate.net/publication/263537905_Kraft_pulping_and_wood_chemical_composition_for_12_eucalyptus_species

Madeira	DB	Glic.	Xil.	Gal.	Man.	Arab.	Gr. Acet		Ac.Urôn
	(kg/m^3)	(%)					(%)	#/10xil.	(%)
A - *E. globulus*	516	46,19	17,58	1,38	1,27	0,21	3,27	6,05	4,0
B - *E.nitens*	484	41,71	19,59	0,84	1,47	0,53	3,56	5,88	4,5
C - Híbrido	421	51,51	12,73	0,90	0,99	0,10	2,67	6,40	3,1
D - Híbrido	525	52,58	12,66	0,86	0,86	0,11	2,53	6,58	2,8
E - *E.grandis*	365	50,87	13,10	0,92	1,13	0,20	2,78	6,67	3,1
F - *E.grandis*	389	53,69	13,53	1,18	0,75	0,11	2,64	6,43	3,0
G - *E.grandis*	433	52,00	13,39	1,37	0,53	0,21	2,60	6,28	3,1
H - *E.grandis*	406	52,50	15,40	0,53	0,96	0,11	2,90	6,18	3,5
I - *E.urophylla*	430	54,99	12,04	0,83	0,93	0,21	2,60	6,88	2,8
J - *E. urophylla*	544	51,88	13,53	1,02	1,02	0,10	2,65	6,12	3,2

Fonte da Tabela Adaptada: Alfredo Mokfienski, 2004

Madeira	Lignina (%)			Extrativos (%)		S/G
	Insol.	Sol.	Total	Alc. Tol	DCM	
A - *E. globulus*	21,0	5,1	26,1	1,28	0,28	4,68
B - *E.nitens*	23,2	4,6	27,8	1,87	0,29	3,32
C - Híbrido	24,2	3,8	28,0	2,03	0,18	2,47
D - Híbrido	23,8	3,8	27,6	1,98	0,17	2,62
E - *E.grandis*	24,2	3,7	27,9	1,65	0,32	2,73
F - *E.grandis*	21,3	3,8	25,1	1,82	0,28	2,87
G - *E.grandis*	22,8	4,0	26,8	2,33	0,29	3,20
H - *E.grandis*	20,4	3,7	24,1	1,38	0,07	2,90
I - *E.urophylla*	22,3	3,3	25,6	2,32	0,22	2,56
J - *E. urophylla*	23,6	3,0	26,6	2,66	0,26	2,20

Fonte da Tabela Adaptada: Alfredo Mokfienski, 2004

Onde (*conforme Alfredo Mokfienski, 2004*)

Híbrido = *Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla*
Db = Densidade básica
Glic = Glicanas
Xil = Xilanas
Gal = Galactanas
Arab = arabinanas
Gr. Acet = Grupos acetila
Ac. Urón = Ácidos urônicos
Alc. Tol= Extrativos em álcool/toluno
DCM = Extrativos em diclorometano
Hemi = Hemiceluloses
Cel = Celulose
n(CHO) = Carboidratos totais

Amostras	Xilanas %	Hemic, %	Cel. %	Total CH_2O %
E. dunni	12,4	21,0	54,4	75,4
E. globulus	14,1	24,5	48,8	73,3
E. nitens	15,8	30,9	43,8	74,7
E. grandis	10,2	20,5	51,7	72,2
E. urograndis	13,4	24,5	47,5	72,0
E. urophylla	10,3	19,4	52,0	71,4

Fonte da Tabela: *http://www.sbq.org.br/29ra/*

Amostras	Lignina total, %	Razão S/G, mol/mol
E. dunni	24,5	3,0
E. globulus	26,7	4,3
E. nitens	25,3	2,7
E. grandis	27,8	3,2
E. urograndis	28,0	2,0
E. urophylla	28,6	2,4

Fonte da Tabela: *http://www.sbq.org.br/29ra/*

	Espécie		
Característica	***E.urograndis***	***E.globulus***	***E.nitens***
Densidade básica, g/cm³	**0,45 – 0,53**	**0,52 – 0,63**	**0,43 – 0,50**
Teor de celulose, % base madeira	**45 - 50**	**44 - 50**	**42 - 48**
Extrativos orgânicos, % base madeira	**2 – 3,5**	**1,8 - 3**	**2 – 3,5**

Espécie	*E.urograndis*	*E.globulus*	*E.nitens*
Lignina Klason total, % base madeira	**25 - 30**	**22 - 26**	**23 - 28**
Relação S/G na lignina	**2,2 – 3,5**	**3,8 - 6**	**3 - 4**
Carboidratos totais (Holocelulose), % base madeira	**69 - 72**	**70 - 75**	**70 - 72**

Espécie	*E.urograndis*	*E.globulus*	*E.nitens*
Pentosanas, % base madeira	12,5 - 16	17 - 19	17 - 21
Glucanas (principalmente celulose)	45 - 55	45 - 55	45 - 55
Xilanas, % base madeira	10 - 14	14 – 20	16 - 22
Grupos acetila, % base madeira	2 - 3	2,8 – 3,5	4 - 5

Espécie	*E.urograndis*	*E.globulus*	*E.nitens*
Ácido metil glucurônico, % base madeira	2,5 – 4,2	2,5 – 4,5	3,5 - 4
Arabinanas	0,4 – 0,7	0,4 – 0,7	n.d.
Galactanas, % base madeira	1,2 – 2,1	1,5 - 2	n.d.
Mananas, % base madeira	1 – 2,5	1,1 – 2,5	n.d.

Espécie	*E.urograndis*	*E.globulus*	*E.nitens*
Hemiceluloses totais, % base madeira	**18 - 24**	**23 - 28**	**27 - 33**
Cinzas minerais, % base madeira	**0,2 – 0,5**	**0,3 – 0,7**	**0,2 – 0,6**

Fonte da Tabela: Celso Foelkel, 2019
https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2019_Curso+Qualidade+Madeira_Processo+Kraft.pdf

Elementos minerais nas madeiras (ppm base peso absolutamente seco)

Elementos	*Acacia mearnsii*	*Eucalyptus dunnii*	*Eucalyptus globulus*	*Eucalyptus grandis*	*Eucalyptus saligna*
K	860	1020	1363	823	704
Ca	849	955	652	541	519
Mg	261	606	243	182	192
Na	361	264	112	243	458
Al	70	96	36	53	154
Mn	8,9	63,0	45,1	16,6	15,0
Si	7,2	12,3	14,5	13,0	25,0
Fe	2,27	3,56	2,61	3,52	5,33
Cu	1,31	1,07	1,73	1,11	1,43
Ni	0,06	0,23	0,38	0,12	0,27

Fonte da Tabela:
https://celso-foelkel.com.br/artigos/ciencia_florestal/elementos%20minerais%201999.pdf

Pinus: madeiras e madeiras

Extrativos totais: 3 a 8%

Lignina total: 26 a 32%

Holocelulose: 65 – 72%

Hemiceluloses: 22 a 25%

Celulose: 40 – 44%

Cinzas: 0,2 a 1%

Ensaio	%
Teores de:	
- holocelulose	72,3
- lignina	26,8
- pentosanas	11,0
- cinzas	0,2
Extrativos em:	
- água quente	2,6
- álcool-benzeno	3,4
- NaOH 1%	11,6

Composição química da madeira do Pinus caribaea var. hondurensis

Fonte da Tabela: https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Estudo%20das%20caracteristicas.pdf

Tempo de estocagem (dias)	Teor de umidade (%)		Teor de Cinza (%)		Solúveis em água quente (%)		Solúveis em Diclorometano (%)		Lignina Klason (%)		Solúveis em NaOH (%)	
0	59,5	d	0,16	a	6,2	b	2,2	c	27,7	c	10,5	a
30	59,5	d	0,47	d	6,4	b	3,9	b	26,9	ab	13,7	b
60	38,2	b	0,22	ab	5,9	b	1,9	bc	26,5	a	13,1	ab
90	54,3	c	0,20	ab	6,5	b	5,1	e	28,9	d	15,2	c
120	27,6	a	0,26	b	4,8	a	1,5	ab	27,7	c	14,3	bc
150	60,0	d	0,34	c	4,3	a	1,2	a	27,3	bc	17,9	d
CV (%)	27,6		41,3		16,3		58,5		3,0		17,1	

Teste: Tukey a um nível de 5% de probabilidade

Composição química da madeira do Pinus taeda e tempo de estocagem

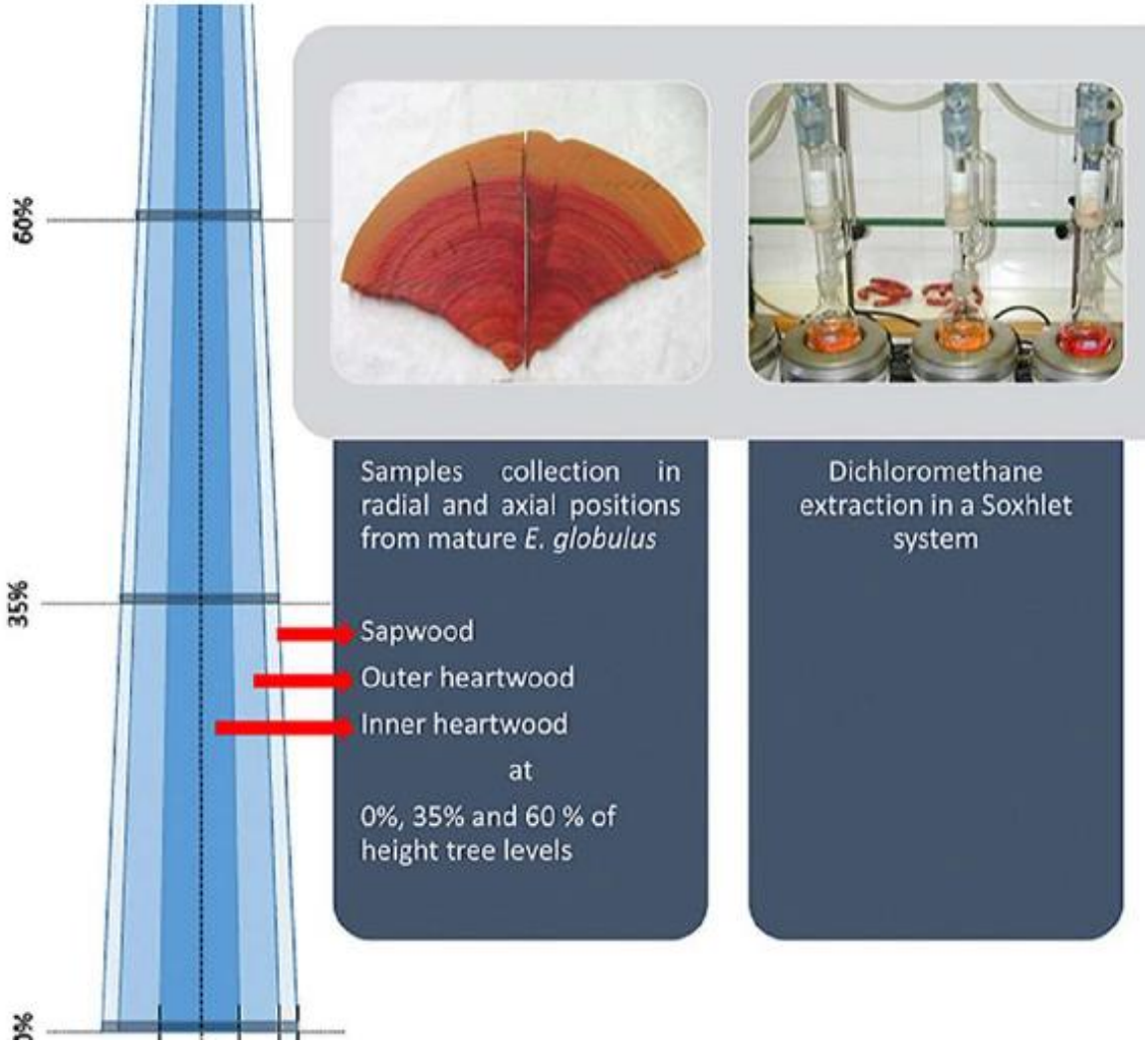
Fonte da Tabela:

https://www.udesc.br/arquivos/cav/id_cpmenu/1486/GGiesel_Versao_Final_15682080431013_1486.pdf

	Média	Desvio padrão
Lignina total (%)	29,74	0,97
Lignina insolúvel (%)	28,40	0,49
Lignina solúvel (%)	1,34	0,24
Holocelulose (%)	70,26	0,97
Extrativos totais (%)	4,50	0,490

Composição química da madeira de Pinus taeda

Fonte da Tabela: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-20191218-174612/publico/VasconcelosFernandoSoaresRibeiro.pdf



Fonte da Imagem:

https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0031942220308736

Tema 6: Metodologias de Ensaio em Química da Madeira

As avaliações dos constituintes químicos das madeiras, celuloses e papéis costumam ser avaliados conforme metodologias padronizadas de organismos nacionais e internacionais, sendo que as normas mais comuns são as das seguintes organizações:

ASTM INTERNATIONAL

TAPPI

ABNT

ISO Standards – International Organization for Standardization

https://www.iso.org/committee/45694/x/catalogue/p/1/u/0/w/0/d/0 (Pulp & Paper)

https://www.iso.org/ics/85/x/ (Pulp & Paper)

https://www.iso.org/ics/79.040/x/ (Wood Materials)

***Normas ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas,* que tropicaliza e adapta as normas da série ISO para as condições brasileiras**

https://www.normas.com.br/produto/normas-brasileiras-e-mercosul/pesquisar/cb-029/celulose-e-papel/1 (Celulose & Papel)

***TAPPI Standards – Technical Association of the Pulp and Paper Industry,* que foi uma das primeiras e mais dedicadas instituições a tentar a padronização de metodologias para avaliações químicas, físicas, óticas e de sistemas relacionados a madeiras, celulose, papéis e produtos utilizados pelo setor**

https://www.tappi.org/Get-Involved/Develop-Standards-Methods/develop-standards/?srchtext=wood (Standards for Wood)

https://www.tappi.org/content/pdf/standards/numeric_index_tms.pdf (All TAPPI Standards)

***CSA Standards - Canadian Standards Association - CSA Group,* organização canadense de padronização, também com atuação similar à da ABNT, através parceria com as normas ISO**

https://store.csagroup.org/ (Loja para venda online de standards)

***ASTM – American Society for Testing and Materials,* uma das primeiras e mais tradicionais entidades formuladoras de metodologias padronizadas para inúmeros setores industriais**

https://www.astm.org/search/fullsite-search.html?query=wood%20pulp&resStart=0&resLength=10&toplevel=products-and-services&sublevel=standards-and-publications&dltype=allstd& (Standards for Wood & Pulps)

Relações entre métodos TAPPI, ASTM, SCAN e ISO:

https://www.tappi.org/globalassets/documents/standards/related_methods_chart.pdf *(em Inglês)*

http://www.pulpandpaperservices.com/standards.html *(em Inglês)*

http://www.econotech.com/chemical-analysis/pulp-paper.php *(em Inglês)*

http://www.fefco.org/sites/default/files/Standards%20World%20standards%20-%20Comparison%20FEFCO-EN-ISO-TAPPI%20-%20final%200204_revJP_10_2018.docx *(em Inglês)*

Alguns documentos básicos sobre metodologias e ensaios químicos de madeiras destinadas à produção de celulose e papel:

Livro: **Methods of wood chemistry. Volume 1.** B.L. Browning. Interscience Publishers. 882 pp. (1967)

https://books.google.com.br/books/about/Methods_of_wood_chemistry.html?id=G9JCW5JSb0AC&redir_esc=y (Referência – em Inglês)

Livro: **Analytical methods in wood chemistry, pulping, and papermaking.** E. Sjöström; R. Alen; T.E. Timell (Editors). Springer Series in Wood Science. 318 pp. (1998)

https://books.google.com.br/books?id=F1kGCAAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false (em Inglês)

Capítulo de Livro: Chapter 5: **Chemical composition of fibers**. R.M. Rowell; J.K. Rowel. In: "Paper and Composites from Agro-based Resources", R.M. Rowell; R.A. Young; J.K. Rowell (Editores). p.: 83 – 134. (1997)

https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/pdf1997/han97a.pdf (em Inglês)

Material de Curso por Celso Foelkel. **Qualidade da madeira: Aulas teóricas, práticas, questões e provas.** C. Foelkel. Apostilas do Curso de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. CENIBRA – Celulose Nipo-Brasileira. 292 pp. (1979)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ufv/02.%20Qualidade%20da%20Madeira.%201977.1979.pdf (em Português)

Material de Curso: **Manual e fichas para prática de análises químicas quantitativas da madeira.** U. Klock. A.S. Andrade; E.L. Silva; G.B. Moura; D. Potulski; T.F. Barbosa; D.H.R. Silva. UFPR - Universidade Federal do Paraná. 17 pp. (2012)

http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasklock/quimicadamadeira/Manual%20praticas%20madeira%20QM.2012.pdf (em Português)

e

http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasklock/quimicadamadeira/manualmadeiraQM.pdf (em Português)

Instruções para coleta de amostras de madeira destinadas a processos de análises químicas laboratoriais. L.E.G. Barrichelo; J.O. Brito; F.G. Silva Júnior. IPEF – Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. 03 pp. (2005)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2005_Intruzoes+Coleta+Madeira+Analises.pdf (em Português)

Elementos minerais em madeiras de eucaliptos e acácia negra e sua influência na indústria de celulose kraft branqueada. A. Freddo. Dissertação de Mestrado. UFSM – Universidade Federal de Santa Maria. 85 pp. (1997)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ufsm/ufsm%20%20andre%20freddo.pdf (em Português)

Ligninas – Métodos de obtenção e caracterização química. E.O.S. Saliba; N.M. Rodriguez; S.A.L. Morais; D. Piló-Veloso. Ciência Rural 31(5): 917 – 928. (2001)

https://www.scielo.br/pdf/cr/v31n5/a31v31n5.pdf (em Português)

Métodos de análise em química da madeira. (Métodos de análise química utilizados no Laboratório de Química da Madeira do Departamento de Produtos Florestais do Instituto de Florestas da UFRRJ). H.S. Abreu; A.M. Carvalho; M.B.O. Monteiro; R.P.W. Pereira; H.R. Silva; K.C.A. Souza; K.F. Amparado; D.B. Chalita. Floresta e Ambiente Série Técnica (Janeiro). 20 pp. (2006)

http://www.if.ufrrj.br/biolig/artigos_publicados/M%C3%A9todos%20de%20an%C3%A1lise%20em%20qu%C3%ADmica%20da%20madeira.pdf (em Português)

e

https://app.periodikos.com.br/article/587fb4d30e88251a6ab65ffe/pdf/stfloram-0-1.pdf (em Português)

Normalização técnica para determinação das propriedades físicas e mecânicas de madeiras. L. Calegari; C.C.A. Calegari; P.J.G. Lopes; D.A. Gatto; D.M. Stangerlin. Ciência da Madeira 4(2): 122 – 138. (2013)

https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/cienciadamadeira/article/view/4062/3206 (em Português)

Principais metodologias em Química da Madeira e onde encontrar as maneiras de realizar as avaliações

- ***Teor de Umidade***

https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/22610/abnt-nbr14929-madeira-determinacao-do-teor-de-umidade-de-cavacos-metodo-por-secagem-em-estufa (ABNT NBR 14929)

https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr107/cap22.pdf *(Artigo)*

http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/9153/dissertacao_Danilo%20Barros%20Donato.pdf?sequence=1 *(Dissertação de Mestrado)*

➢ ***Amostragem e Preparo da Madeira para Análises Químicas***

https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/21249/abnt-nbr14660-madeira-amostragem-e-preparacao-para-analise (ABNT NBR 14660)

https://www.tappi.org/content/sarg/t257.pdf (TAPPI 257)

https://pt.scribd.com/document/340758480/Tappi-T264-Cm-97 (TAPPI T 264 - Extrações sequenciais com diferentes solventes inclusive água)

https://idoc.pub/download/tappi-t264-cm-97-jlk92v921345 (TAPPI T 264 - Extrações sequenciais com diferentes solventes inclusive água)

➢ ***Densidade Básica da Madeira***

https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/2789/abnt-nbr11941-madeira-determinacao-da-densidade-basica (ABNT NBR 11941)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1972_Metodos_OPapel.pdf (Artigo)

- ***Densidade Aparente de Cavacos de Madeira***

https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/23014/abnt-nbr14984-madeira-determinacao-da-densidade-aparente-de-cavacos (ABNT NBR 14984)

- ***Teor de Extrativos em Água Fria e/ou Água Quente***

https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/20651/abnt-nbr14577-pasta-celulosica-e-madeira-determinacao-do-material-soluvel-em-agua (ABNT NBR 14577)

https://www.astm.org/Standards/D1110.htm (ASTM 1110)

- ***Solubilidade da Madeira em NaOH a Frio (20 ou 25ºC)***

https://research.cnr.ncsu.edu/wpsanalytical/documents/T235.PDF (TAPPI 235 - Também usado para serragem de madeira em diferentes concentrações de NaOH)

- ***Teor de Extrativos em Soda a Quente***

https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/2970/abnt-nbr7990-madeira-determinacao-do-material-soluvel-em-hidroxido-de-sodio-a-1 (ABNT NBR 7990)

https://research.cnr.ncsu.edu/wpsanalytical/documents/T212.PDF (TAPPI T 212)

https://www.astm.org/Standards/D1109.htm (ASTM 1109)

- ***Teor de Extrativos em Álcool, Benzeno, Álcool/Tolueno, Acetona, Diclorometano ou Éter Etílico (Extrativos Totais em Solventes Orgânicos)***

https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/22079/abnt-nbr14853-madeira-determinacao-do-material-soluvel-em-etanol-tolueno-e-em-diclorometano-e-em-acetona (ABNT NBR 14853)

https://www.tappi.org/content/sarg/t204.pdf (TAPPI T 204 - Com substituição do benzeno pelo tolueno)

https://research.cnr.ncsu.edu/wpsanalytical/documents/T204.PDF (TAPPI T 204)

https://standards.globalspec.com/std/356807/TAPPI%20T%20280 (TAPPI T 280)

https://www.astm.org/Standards/D1107.htm (ASTM D 1107)

https://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/D1108-96R01.htm (ASTM D 1108)

- ***Teor de Pentosanas***

https://research.cnr.ncsu.edu/wpsanalytical/documents/T223.PDF (TAPPI 223)

https://docplayer.net/23063791-Pentosans-in-wood-and-pulp-1-scope.html (TAPPI 223)

https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/jres/22/jresv22n4p471_A1b.pdf (Artigo de 1939)

➢ ***Preparo da Madeira Isenta de Extrativos***

https://www.astm.org/Standards/D1105.htm (ASTM D 1105)

https://idoc.pub/download/tappi-t264-cm-97-jlk92v921345 (TAPPI T 264 – Com substituição do benzeno pelo tolueno e uso de água quente)

➢ ***Teor de Lignina Insolúvel em Ácido (Método Klason)***

https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/2969/abnt-nbr7989-pasta-celulosica-e-madeira-determinacao-de-lignina-insoluvel-em-acido (ABNT NBR 7989)

https://research.cnr.ncsu.edu/wpsanalytical/documents/T222.PDF (TAPPI T 222)

https://www.astm.org/Standards/D1106.htm (ASTM D 1106)

https://www.astm.org/Standards/E1721.htm (ASTM E 1721 - Resíduo após hidrólise ácida)

https://www.scielo.br/pdf/cr/v31n5/a31v31n5.pdf (Artigo)

- ***Teor de Lignina Solúvel em Ácido***

https://www.researchgate.net/publication/224876010_Klason_Lignin_Modifications_to_Improve_the_Precision_of_the_Standardized_Determination (Artigo)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1986_Metodologia_teor_lignina_material_lenhoso.pdf (Artigo)

- ***Relação Siringila/Guaiacila (Siringil/Guaiacil) na Lignina***

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/2182/1/texto%20completo.pdf (Dissertação de Mestrado)

https://www.scielo.br/pdf/qn/v31n8/23.pdf (Artigo)

- ***Teor de Celulose***

https://journal.fi/afs/article/download/71590/33387/ (Artigo)
e
https://pdfs.semanticscholar.org/24ca/e75e114f5ed7b5cc19238fd05f167bfae098.pdf (Artigo)

- ***Teor de Holocelulose***

Em geral, o teor de holocelulose pode ser calculado pela diferença percentual entre a quantidade de madeira isenta de extrativos e o teor de lignina total, devendo-se também descontar o teor de cinzas presente na madeira

Deve ficar claro que as determinações químicas nas madeiras (exemplo: teor de lignina) oferecem resultados percentuais em relação à madeira isenta de extrativos e não à madeira total

Exemplo de correção:

100 gramas de madeira total contendo:

- → ***6,3 gramas de extrativos totais***
- → ***93,7 gramas de madeira isenta de extrativos***

A avaliação mostrou 30% de lignina total sobre a madeira isenta de cinzas e 0,7% de cinzas sobre a mesma madeira

- → ***28,1 gramas de lignina (0,30 x 93,7)***
- → ***0,66 gramas de cinzas (0,007 x 0,937)***
- → ***64,94 gramas holocelulose***

TOTAL: 6,3% Extrativos Totais + 0,66% Cinzas + 28,1% Lignina + 64,94% Holocelulose = 100% da madeira inicial real como tal

Outros procedimentos analíticos:

https://www.researchgate.net/post/Holocellulose_estimation (Sugestões de metodologias)

https://ir.library.oregonstate.edu/downloads/p2676x70q (Artigo)

- ***Teor de Carboidratos (Galactanas, Glucanas, Mananas, Arabinanas, Xilanas)***

https://imisrise.tappi.org/TAPPI/Products/01/T/0104T249.aspx (TAPPI T 249)

https://www.researchgate.net/publication/290986843_A_direct_carbohydrate_analysis_of_woods_and_wood_pulps (Artigo)

https://books.google.com.br/books?id=o0RZDwAAQBAJ&pg=PA306&lpg=PA306&dq=astm+d1915+wood&source=bl&ots=fGLvDQ2vSL&sig=ACfU3U2EipsX9t_VW5cSJPSW8vUGhb56vA&hl=en&sa=X&ved=2ahUKEwjqtvvG4qztAhWfLLkGHfCdBpoQ6AEwF3oECAcQAg#v=onepage&q=astm%20d1915%20wood&f=false *(Citação em livro)*

- ***Teor de Cinzas e Cinzas Insolúveis em Ácido***

https://research.cnr.ncsu.edu/wpsanalytical/documents/T211.PDF (TAPPI T 211)

https://imisrise.tappi.org/TAPPI/Products/01/T/0104T244.aspx (TAPPI T 244)

http://grayhall.co.uk/BeloitResearch/tappi/t211.pdf (TAPPI T 211)

https://infostore.saiglobal.com/preview/293364894303.pdf?sku=111196_SAIG_AS_AS_246608 (ISO 1762 e similares)

https://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/D1102-84R07.htm (ISO 1102)

- ***Teor de Grupos Carboxílicos na Madeira***

https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/pdf2003/chai03b.pdf (Artigo)

http://biorefinery.utk.edu/technical_reviews/Fiber%20Charge%20Wood%20and%20Pulp.pdf (Palestra)

- ***Teor de Grupos Acetílicos (Acetila)***

https://www.researchgate.net/publication/270043345_Acetyl_content_determination_using_different_analytical_techniques *(Artigo)*

- ***Teor de Ácidos Hexenurônicos***

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/31_Hexenuronic_Acids_Methods.pdf *(Artigo)*

https://www.researchgate.net/publication/285676571_Determination_of_hexenuronic_acid_and_residual_lignin_in_pulps_by_UV_spectroscopy_in_cadoxen_solutions *(Artigo)*

- ***Teor de Sílica***

https://www.scielo.br/pdf/cflo/v18n2/1980-5098-cflo-18-02-00259.pdf (Artigo)

- ***Teor de Cloretos***

https://www.iso.org/standard/58083.html (ISO 16995)

https://infostore.saiglobal.com/en-us/Standards/EN-15289-2011-336625_SAIG_CEN_CEN_772562/ (ISO 15289)

https://www.bioenergia.fi/wp-content/uploads/2020/03/Quality-guidelines-for-wood-fuels-in-Finland.pdf (Artigo)

https://ib.rc.unesp.br/Home/Departamentos47/BioquimicaeMicrobiologia/ana.pdf (Artigo)

➢ *Teor de Ácidos Resínicos e Ácidos Graxos*

https://bioresources.cnr.ncsu.edu/wp-content/uploads/2016/06/BioRes_07_4_6041_Valto_KA_Overview_Anal_Fatty_Resin_Acids_Papermaking_3080.pdf *(Artigo)*

https://www.researchgate.net/publication/292652467_An_improved_method_for_analyzing_resin_acid_in_wood_pulp_process_water_and_effluent_samples *(Artigo)*

➢ *pH da Madeira*

https://www.mdpi.com/1999-4907/10/10/852/pdf#:~:text=All%20wood%20species%20have%20a,ranging%20from%203.7%20to%208.2 *(Artigo)*

https://www.nature.com/articles/147357a0.pdf *(Artigo de 1941)*

➢ ***Cristalinidade da Celulose***

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2013_Analytical+Tools+Cellulose+Ultrastructure.pdf (Artigo)

https://biotechnologyforbiofuels.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/1754-6834-3-10.pdf (Artigo)

https://www.tsijournals.com/articles/physicochemical-methods-for-determination-of-cellulose-crystallinity.pdf (Artigo)

➢ ***Grau de Polimerização da Celulose***

https://www.aiche.org/academy/videos/conference-presentations/determination-cellulose-degree-polymerization-lignocellulosic-

biomass#:~:text=Degree%20of%20polymerization%20(DP)%20is,important%20structural%20properties%20of%20cellulose.&text=The%20study%20showed%20that%20the,chain%20cleavage%20in%20carbanilation%20reaction *(Artigo & Palestra)*

https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/46/46135/tde-15092016-113953/publico/Naiara_Torres_Ruiz_Mestrado.pdf *(Dissertação de Mestrado)*

- ***Poder Calorífico da Biomassa Lenhosa***

https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=6882 *(ABNT NBR 8633)*

https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/3458/abnt-nbr8633-carvao-vegetal-determinacao-do-poder-calorifico *(ABNT NBR 8633)*

https://www.iso.org/standard/61517.html *(ISO 18125)*

Outros Procedimentos Analíticos em Química das Madeiras

Existem diversas metodologias e equipamentos alguns bastante mais sofisticados, que ainda não estão sendo adotados pelas entidades normalizadoras

Elas envolvem, por exemplo, a utilização de processos analíticos tais como:

- ***Cromatografia Líquida ou Cromatografia Gasosa***
- ***Difratometria de Raios-X***
- ***Espectrometria de Absorção Atômica***
- ***Espectrometria UV-Visível***
- ***etc.***

Diversos equipamentos e metodologias características

- ***Espectroscopia no Infravermelho Médio - FTIR Spectroscopy***

https://www.scielo.br/pdf/tema/v16n2/2179-8451-tema-16-02-00081.pdf (Artigo)

- ***Espectroscopia Raman - Raman Spectroscopy***

https://pt.wikipedia.org/wiki/Espectroscopia_Raman (Texto descritivo)

- ***Espectroscopia no Infravermelho Próximo – Near Infrared Spectroscopy – NIRS)***

http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/13003/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Espectroscopia%20no%20infravermelho%20pr%C3%B3ximo%20na%20predi%C3%A7%C3%A3o%20de%20caracter%C3%ADsticas%2

0da%20madeira%20em%20clones%20de%20Eucalyptus.pdf
(Dissertação de Mestrado)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/588/1/texto%20completo.pdf *(Tese de Doutorado)*

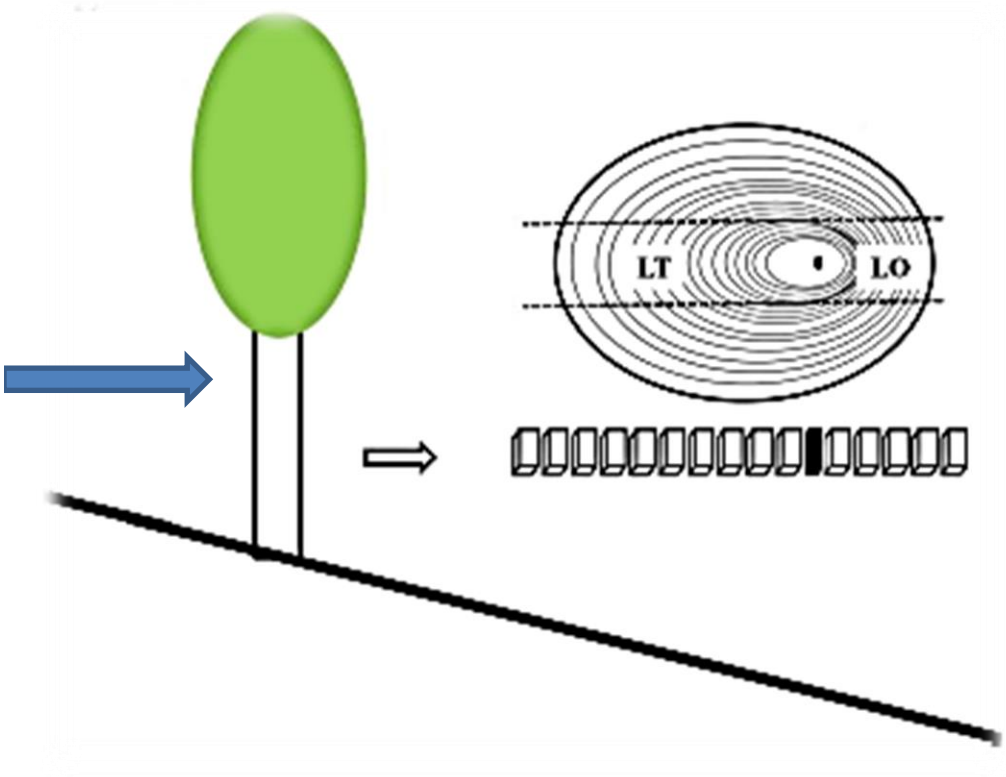
Fontes das imagens para instrumentação NIRS:
https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=14371
https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=13097

Tema 7: Defeitos de Formação das Madeiras (Madeiras de Reação; Efeitos de Estresses de Crescimento, Térmico e Hídrico; Efeitos de Ventos Fortes; Ataques de Patógenos)

Vento

ou

Peso da copa



Fonte da Imagem:

https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/JBB/article/view/215/149

Em algumas situações de estresse, a árvore acaba formando tipos diferenciados de madeiras ou lenhos, com características distintas da madeira normal, tanto em sua anatomia como em sua constituição química

Essas "madeiras anormais" costumam ser chamadas de "defeitos", embora elas nada mais sejam que uma resposta fisiológica das plantas às condições adversas que encontram ao longo de sua vida

O nome defeito está associado aos problemas advindos do uso comercial e mais problemático dessas madeiras, que trazem problemas econômicos ao produtor florestal e ao consumidor

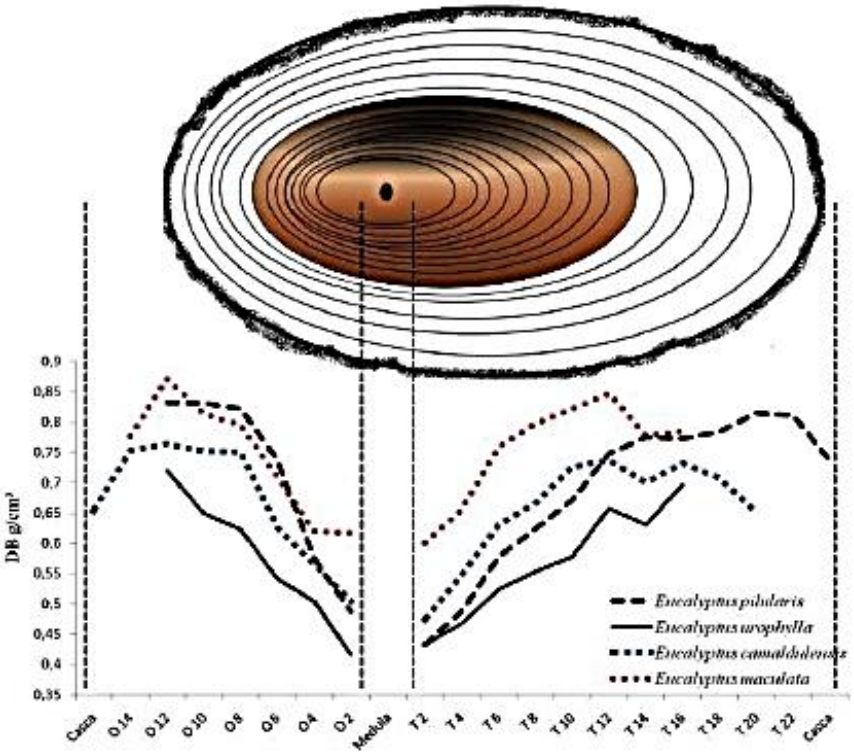
Até mesmo a madeira juvenil, que é madeira que faz parte do ciclo de vida da árvore em sua fase jovem é vista como um defeito pelos usuários das madeiras com fins comerciais

As situações mais comuns para a formação dos defeitos nas madeiras são:

- **Herança genética**
- **Força de gravidade**
- **Força exercida pelos ventos dominantes e em direção permanente sobre a floresta**
- **Peso dos galhos, da copa e do acúmulo de neve sobre a copa**
- **Distribuição irregular da copa e inserção de galharia no tronco**
- **Ataque de patógenos**
- **Situações climáticas anormais: secas, inundações, épocas irregulares de frio, insolação excessiva ou irregular, etc.**

- **Fototropismo devido a espaçamentos inadequados**

- **Crescimento rápido demais do tronco, pulando etapas na formação e desenvolvimento celular**



Fonte da Imagem:
https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/JBB/article/view/215/149

Os defeitos da madeira podem estar localizados em regiões específicas (base do tronco, região de inserção de galhos, locais de ataque de predadores) ou distribuídos ao longo da árvore, nas regiões onde se concentram os estresses (de um ou mais tipos)

Os defeitos ou anomalias do lenho aparecem trazendo em alterações em:

→ **Estrutura anatômica**

→ **Composição química**

→ **Cor do lenho (cernificação, resinas, etc.)**

→ **Densidade básica**

→ **Resistências mecânicas**

As formas como os defeitos se manifestam são as seguintes e principais:

- **Alterações na forma da árvore**
- **Excentricidade da medula**
- **Tortuosidade do tronco**
- **Grã espiralada (quando o crescimento não ocorre paralelamente ao eixo do tronco)**
- **Fendilhamentos e rachaduras**
- **Bifurcações e forquilhamentos**
- **Colapsamento da madeira do tronco**

- **Dupla medula ou duplo cerne**
- **Caroços ou tumores no tronco**
- **Reforço basal do tronco**
- **Perfurações de brocas (besouros)**
- **Apodrecimento por degradação biológica**
- **Manchas (verdes, azuis, brancas, conforme o tipo de fungos)**
- **Nós vivos e nós mortos**
- **Etc.**

Fonte da Imagem:
https://www.australianwoodwork.com.au/blogs/news/australian-eucalyptus-burls-what-exactly-is-a-burl

Fonte: *Imagens Celso Foelkel*

Fonte: *Imagens Celso Foelkel*

As regiões de crescimento e de geração de elementos da madeira podem mostrar os seguintes tipos de formações irregulares:

- ✓ **Larguras irregulares dos anéis de crescimento**
- ✓ **Excentricidades**
- ✓ **Deslocamento do crescimento para um dos lados do tronco**

- ✓ **Formação de falsos e irregulares cernes**

- ✓ **Formação de falsos anéis de crescimento**

- ✓ **Formação dos denominados "Lenhos ou Madeiras de Reação" nas regiões onde se concentra o estresse, provavelmente devido ao distúrbio na distribuição de auxinas que estimulam o câmbio a formar outra qualidade de madeira**

Madeira ou Lenho de Reação

Coníferas = Lenho de Compressão

Folhosas = Lenho de Tração

As Madeiras de Reação são formadas como uma consequência das medidas tomadas pelas árvores para formar suas madeiras conforme estejam sofrendo alguma ação mecânica que tenda a deslocar seu centro de gravidade

Madeira de compressão MC em tronco de conífera

Fonte:
http://rima.im.ufrrj.br:8080/jspui/bitstream/1235813/1564/1/Monografia%20Luciana%20Diniz%20de%20Santa%20Rosa.pdf

Essa madeira costuma ser formada para "reforçar" um dos lados do tronco contra uma força mecânica que esteja atuando sobre a árvore

Com isso, um dos lados cresce mais que o outro, formando assim um espessamento defensivo do tronco na região prejudicada pela ação do estresse:

- **Um dos lados cresce**
- **O outro lado tem o crescimento inibido (Madeira Oposta)**

A madeira oposta nem tem as características da madeira de reação e tampouco da madeira normal, já que ela é também formada em condições anormais de crescimento

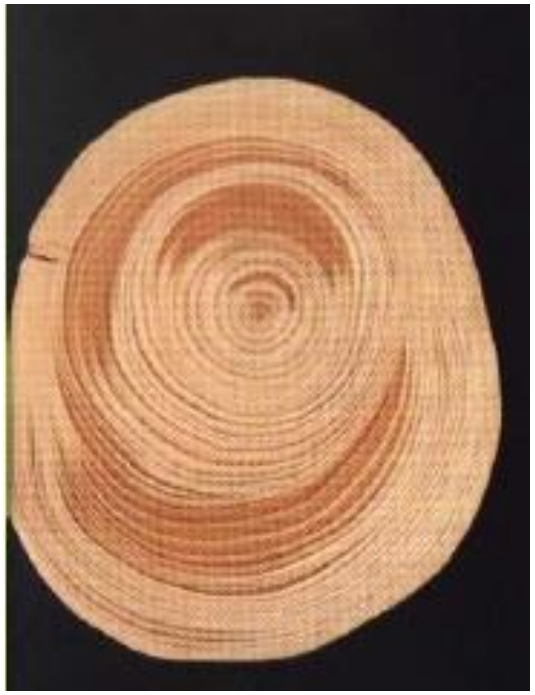
O que acontece é que forças atuando sobre as árvores tendem a deslocar os pontos de equilíbrio das mesmas e elas tendem a se defender aumentando uma região do tronco para retornar ao equilíbrio e estabilidade necessária para manter sua posição ereta de crescimento em relação ao solo

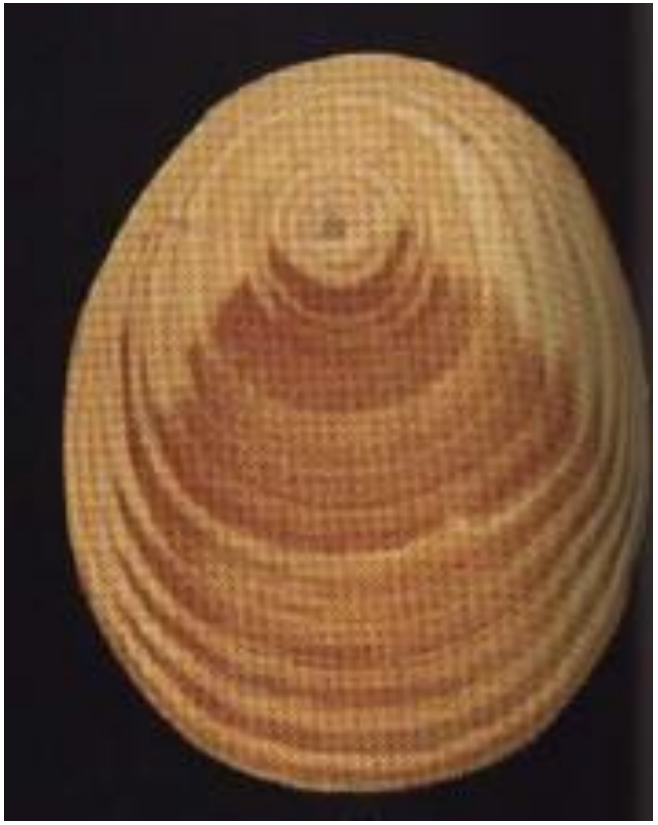
Esse tipo de situação também pode acontecer junto aos galhos, sendo que o objetivo nesses casos é equilibrar galhos e árvores frente ao fato dos galhos estarem sendo empurrados por alguma força permanente, até mesmo por seu próprio peso

A madeira muda porque o câmbio é afetado em sua bioquímica, posicionamento e até mesmo na distribuição espacial de suas células meristemáticas em divisão e crescimento posterior

Sequenciamento da formação da Madeira de Reação:

- **Início do estímulo aplicado pela força de estresse**
- **Tendência da árvore em buscar se reorientar em sua ocupação espacial e reposicionar seu centro de gravidade**
- **Produção diferenciada de fitohormônios na região cambial para orientar a produção de madeira de reação e de madeira oposta**
- **Crescimento anormal na região de influência da força de estresse**



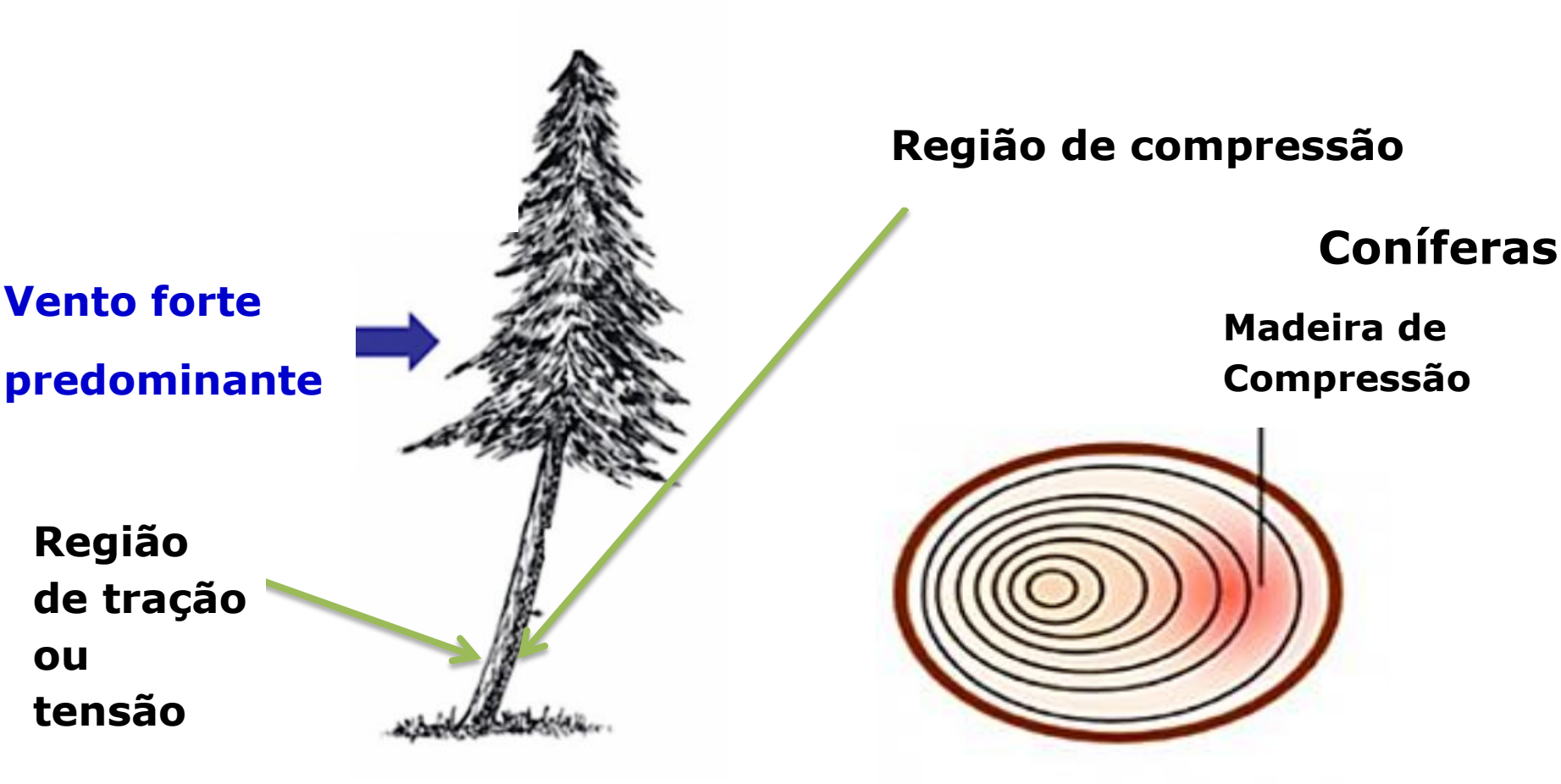


Madeira de Compressão

Fonte das Imagens: http://www.madeira.ufpr.br/disciplinassilvana/defeitos.pdf

Madeira de Tração ou Tensão

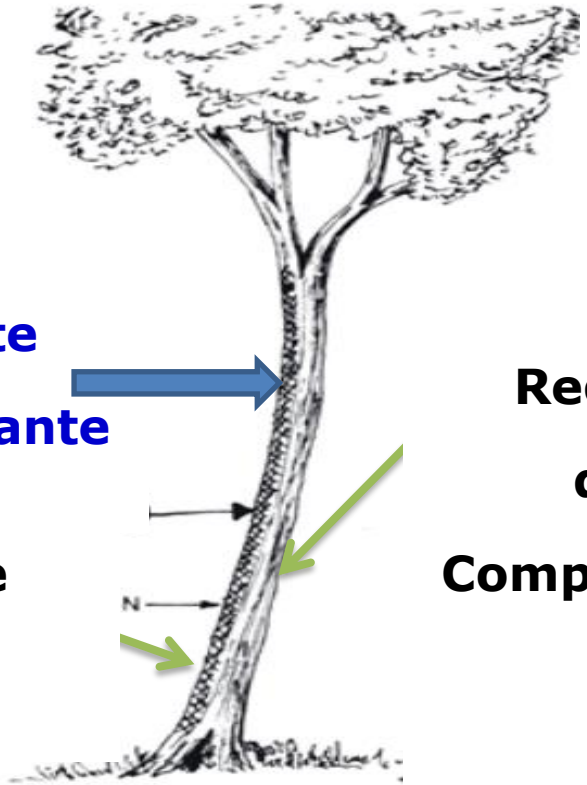
Fonte da Imagem:
https://biotechnologyforbiofuels.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13068-018-1043-x/figures/1



Fonte e adaptação de imagem: https://botanicalgarden.berkeley.edu/glad-you-asked/reaction-wood?utm_source=rss&utm_medium=rss&utm_campaign=reaction-wood

Vento forte predominante

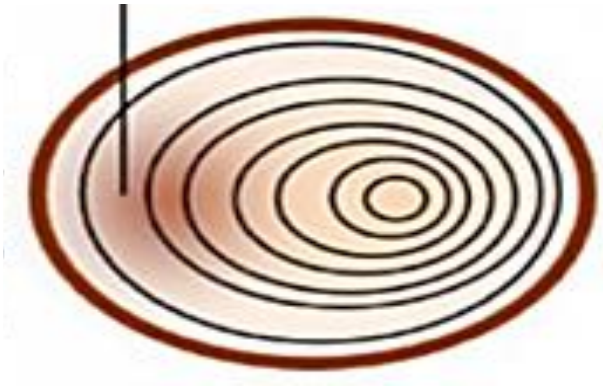
Região de tração ou tensão



Região de Compressão

Folhosas

Madeira de Tração



Fonte e adaptação de imagem: https://www.powershow.com/viewht/52166c-MjhhN/Reaction_Wood_powerpoint_ppt_presentation

Características da Madeira de Compressão de Coníferas

- **Crescimento excêntrico do tronco na seção do defeito**
- **Dificuldades na identificação dos lenhos inicial e tardio pelo fato de que o lenho inicial dessa madeira defeituosa também possui paredes mais espessas**
- **Maior ângulo fibrilar nas fibrilas da camada S_2**
- **Traqueídos maiores e mais estreitos**
- **Aparência sem brilho e com cor forte**
- **Presença de rachaduras e fendilhamentos nas paredes celulares dos traqueídos, o que causa redução da resistência das fibras e de polpas celulósicas obtidas dessa madeira**

- **Maior teor de lignina**
- **Menor teor de celulose**
- **Maior teor de extrativos**
- **Menor cristalinidade da celulose**
- **Alta instabilidade dimensional**
- **Dificuldades no processamento mecânico e nos desdobros**
- **Produção de cavacos irregulares em dimensões**
- **Maior densidade básica em relação a posicionamentos similares da madeira normal e da madeira oposta**

Espécies	Celulose	Lignina	Pentosana	Extrativos
Abies alba		%		
MN	56, 4	28,6	12,6	2,25
MC	47,8	34,4	13,6	2,43
Larix decidua				
MN	56,4	27,3	11,6	1,00
MC	49,7	35,2	11,1	3,59
Picea abies				
MN	62,2	27,9	10,6	5,63
MC	43,8	34,9	11,7	6,66
Pinus nigra				
MN	60,8	26,7	11,0	2,45
MC	48,2	36,9	11,8	2,75

Fonte: Adaptado de Timell (1986). MN = madeira normal; MC = madeira de compressão.

Fonte da Tabela: https://www.scielo.br/pdf/floram/v20n1/a03v20n1.pdf

Características da Madeira de Tração de Folhosas

- ***Principal alteração na madeira de tração é a formação de uma camada rica em celulose mais cristalina e com espessura importante na transição de S2 e S3 na parede secundária, até mesmo com o desaparecimento de S3***

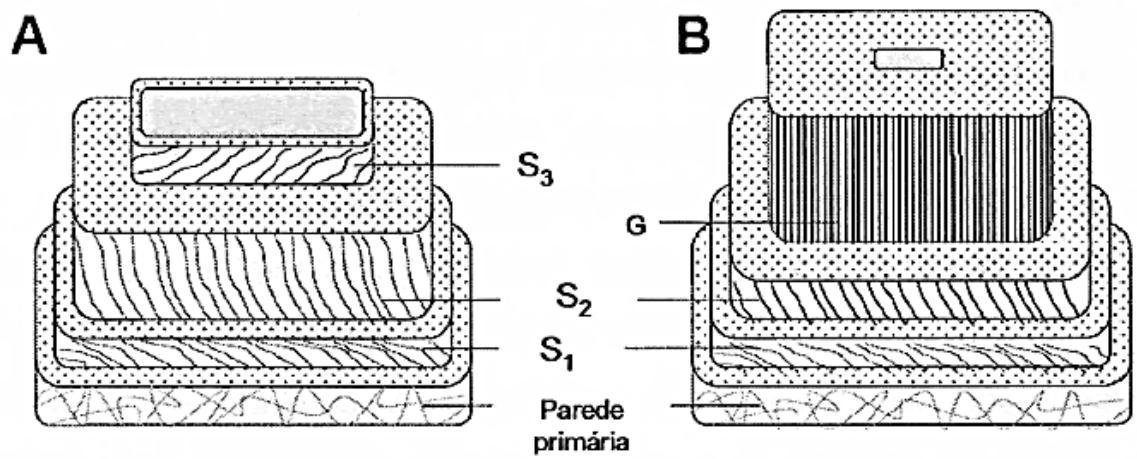
- ***Essa camada se denomina "Camada Gelatinosa G" – mas as fibras não são gelatinosas. O nome surgiu em função da suavidade ao tato nessa região em função dessa camada rica em celulose de alta cristalinidade e com ângulo fibrilar praticamente nulo (fibrilas verticais em relação ao eixo do tronco e da fibra)***

- ***Crescimento excêntrico***

- ***Madeira mais clara e brilhante que a madeira normal***
- ***Maior densidade básica***
- ***Maior espessura das paredes celulares das fibras***
- ***Maior comprimento de fibra***
- ***Menor diâmetro e menor frequência de elementos de vaso***
- ***Maior teor de celulose***
- ***Maior cristalinidade da celulose***
- ***Menor teor de lignina***
- ***Menor teor de extrativos***

- ***Menor teor de xilanas***
- ***Instabilidade dimensional***
- ***Dificuldades no processamento mecânico***
- ***Maior dificuldade na impregnação dos cavacos***
- ***Maior rendimento em celulose base peso seco de madeira (valores até 10% maiores base madeira seca)***
- ***Menores consumos de álcali ativo na polpação kraft (até 5% menor de carga de álcali ativo)***
- ***Melhores resistências das polpas produzidas: tração, rasgo e estouro***

- ***Melhores valores para volume específico aparente e porosidade***

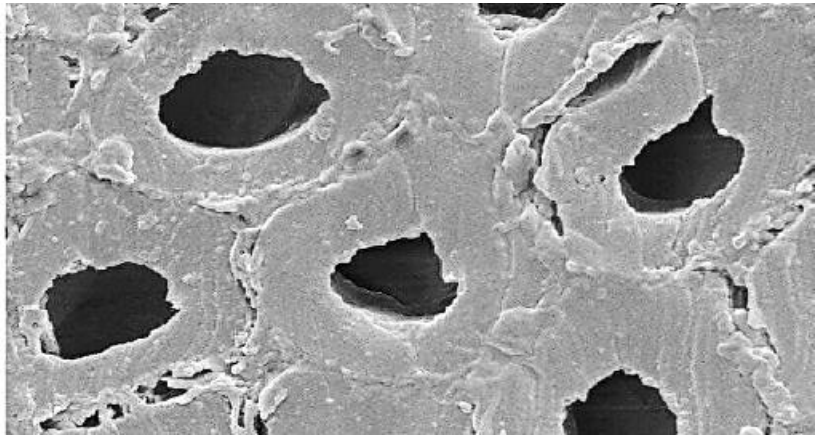


A= Parede celular de madeira normal
B = Parede celular madeira de tração

Fonte da Imagem: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11137/tde-20191220-143709/publico/SalvatoFernanda.pdf

Espécies	Lignina (%)		Celulose (%)		Pentosanas (%)		Autor
	Normal	Tração	Normal	Tração	Normal	Tração	
E. camaldulensis	22,7	15,2					
E. goniocalix	23,2	13,8	42,9	62,1	19,3	11,0	Timell (1969)
E. regnans	22,2	16,0					
E. regnans	25,1	13,2					
E. grandis	29,72	23,9					Sousa (2004)
E. globulus	26,9	21,4	44,9	45,1	23,0	24,1	Aguaio et al. (2010)

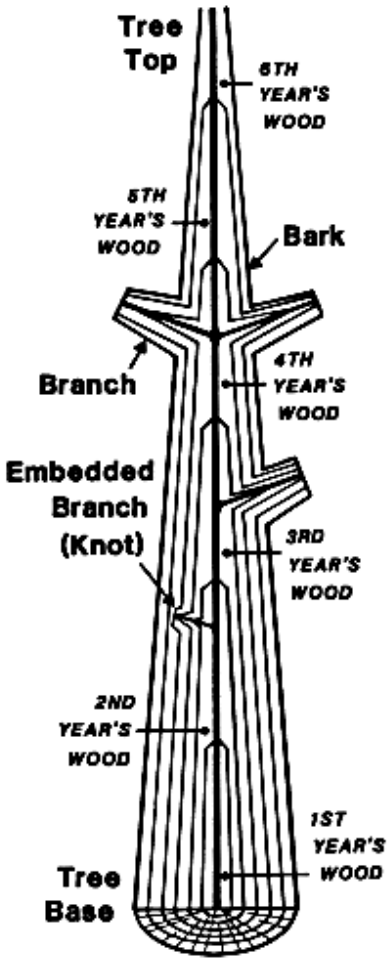
Fonte da Tabela: https://www.scielo.br/pdf/floram/v20n1/a03v20n1.pdf



Fonte da Imagem:
https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2005_Madeira_Tracao.pdf

Nós ou regiões de inserção de galhos

Os nós da madeira correspondem às regiões de inserção dos galhos no tronco



Por se tratar de uma região submetida a forças poderosas, a região que abraça o nó e o próprio nó são madeiras resistentes, densas e com alinhamento irregular de fibras devido à necessidade de formar um cordão de madeira para segurar o galho fortemente na árvore

Costumam também serem ricos em extrativos como uma maneira de garantir proteção contra a entrada de predadores por essa região sensível

Fonte da Imagem: https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/ba-1984-0207.ch001

Existem dois tipos de nós:

- **Nó Vivo: quando o galho ainda está vivo e ativo, fortemente aderido ao fuste**

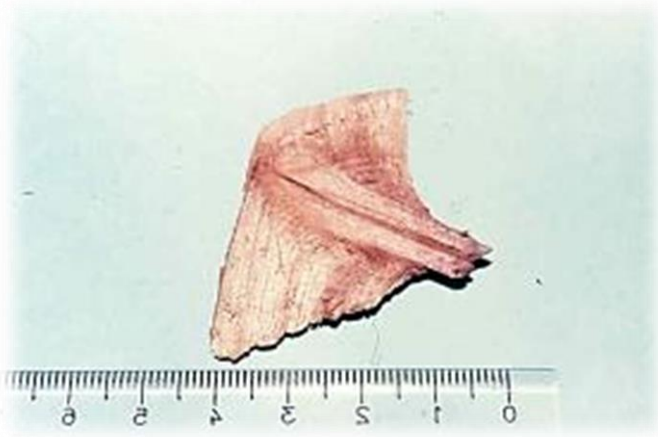
- **Nó Morto: quando o galho morreu e a madeira está em processo de apodrecimento e sendo ou completamente incorporado pelo tronco para o interior do mesmo, com finalização de cobertura pela casca da árvore**

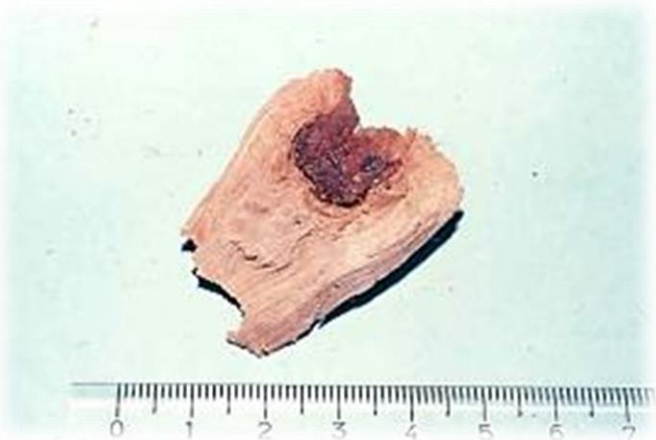
A madeira de nó é, portanto, densa e rica em extrativos, podendo até mesmo estar associada à presença de bolsas de resinas para dar uma proteção extra à região

O grande problema da presença de nós é a dificuldade de picar essa região em cavacos adequados em forma e dimensões

Com isso, o processo de polpação fica dificultado, com maior formação de rejeitos e palitos na polpa descarregada do digestor

Quanto mais estiverem presentes e quanto maiores forem os nós da madeira, mais problemas poderão ser esperados na picagem das toras, classificação de cavacos e polpação





Esse tipo de cavacos desproporcionais em dimensões e com madeira anormal podem ser úteis como bionenergia, mas não como matéria-prima para a polpação, pois além de reduzirem rendimentos, demandarão maior carga química para terem suas fibras individualizadas

As árvores dependem de fatores genéticos e ambientais para criarem seus troncos e galhos da copa

Cabe ao silvicultor trabalhar de forma adequada controlando: clones e genótipos, espaçamento na formação da floresta e manejo ao longo da rotação

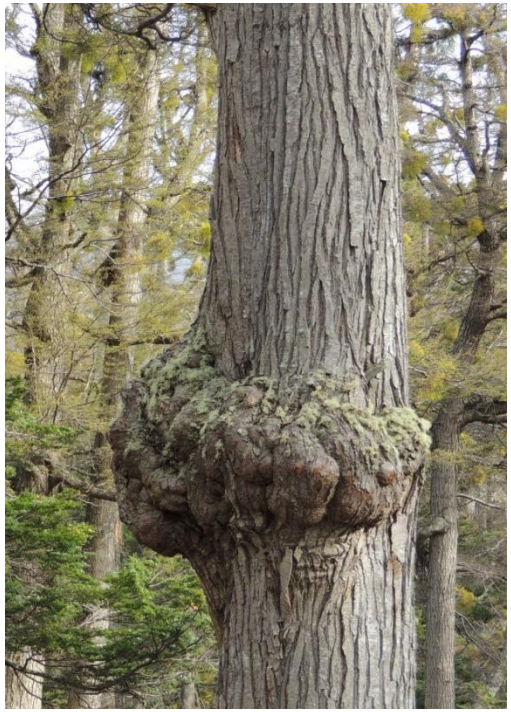
O principal objetivo é que as florestas produzam troncos retos, com ramificações leves e que possuam desrama natural favorecida conforme as plantas comecem a competição entre elas, desde as idades mais jovens

Galhos finos e desrama natural são consequência do melhoramento genético e da silvicultura

Abundância de Nós e de Madeira de Tração facilmente identificadas como futuros problemas no uso dessas árvores

Nodosidades caulinares (Galhas, Calos ou Cecídios)

Cecídio, galha de tronco, tumor, cancro, calo ou caroço lenhoso são formações lenhosas raras nas árvores comerciais melhoradas das florestas plantadas, mas comuns em florestas naturais de eucaliptos na Austrália



Fonte imagem acima:

https://greyandsanders.com/blog/post/what-is-burl-

São muitas as causas, em geral associadas a algum estresse que a árvore está sofrendo ou passou (incêndio, ventos, machucadura constante devido pastejamento, falta de nutrientes, desbalanceamento fisiológico, fatores genéticos e ataque de pragas, as mais comuns sendo bactérias, fungos e nematoides)

Trata-se de uma hipertrofia dos tecidos vegetais que se desenvolvem de modo desordenado, muitas vezes lembrando uma esfera ou tubérculo

O mais curioso é que a madeira formada de maneira desordenada acaba sendo bastante diferente e atrativa para uso em artesanatos, mostrando até mesmo valor interessante para os artesãos

Madeiras formadas em condições de estresses climáticos (térmico, hídrico, ventos)

Árvore submetida a constantes estresses de ventos
Patagônia Argentina

Em situações de estresse intenso continuado por período mais longo, as árvores podem alterar a qualidade de sua madeira pelos efeitos adversos na atividade cambial

Ventos podem deixar o tronco das árvores fora da posição vertical típica, o que leva à formação de madeira de reação

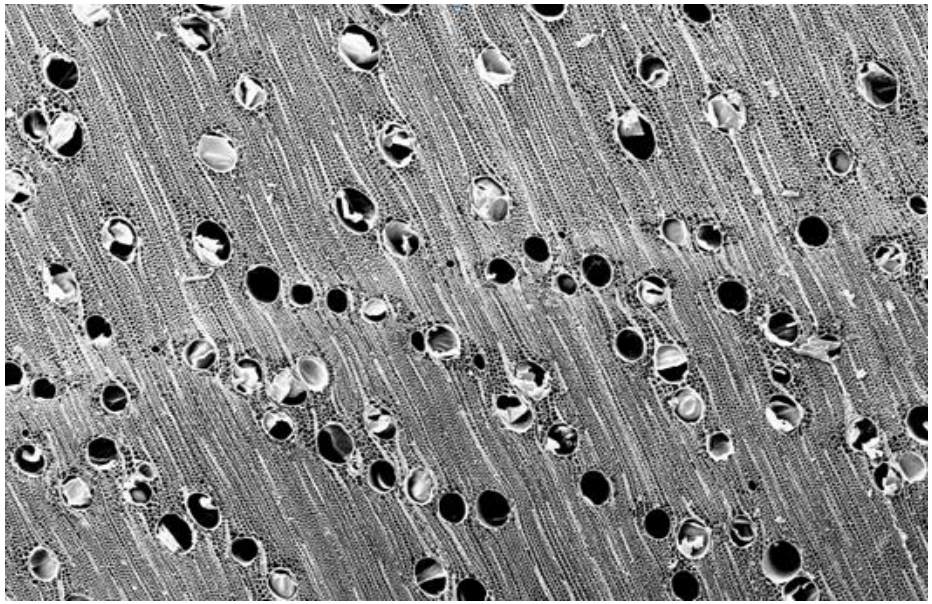
Os estresses hídricos (secas prolongadas) e térmicos (calor ou frio intenso e prolongado) podem ocasionar as seguintes alterações na qualidade das madeiras:

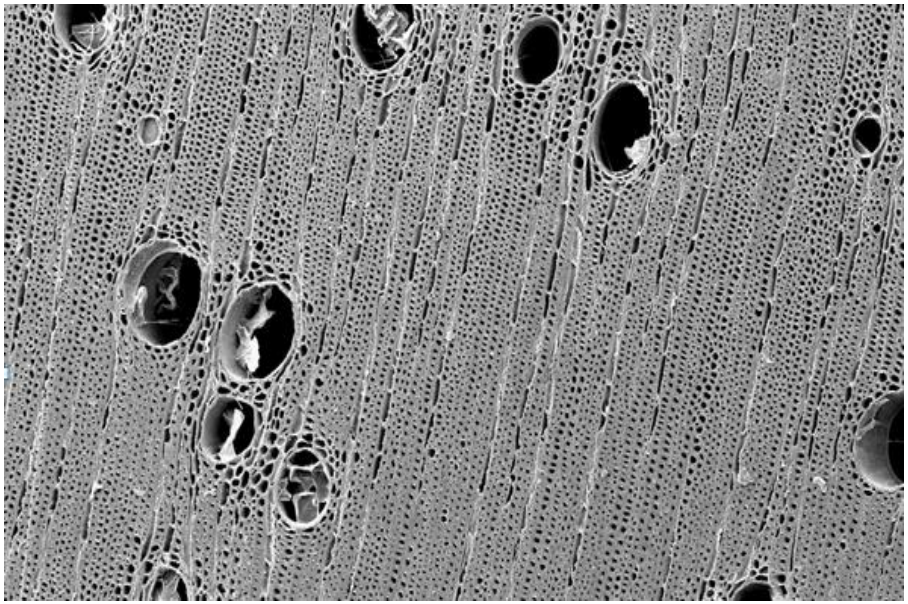
- **Redução da produtividade florestal com possíveis dificuldades no suprimento futuro de madeira**
- **Redução da produção de lenho, com diminuição da largura dos anéis de crescimento**
- **Aumento da proporção de lenho tardio em relação ao lenho inicial**
- **Aumento da densidade básica**
- **Aumento da produção de extrativos, tiloses e cernificação mais intensa**

- **Aumento na lignificação dos tecidos lenhosos**

- **Prejuízos na polpação kraft e unidades anexas: perda de rendimentos líquidos; aumento teor de rejeitos; aumento do consumo de específico de madeira; aumento no consumo de reagentes químicos no cozimento e branqueamento; maior geração de licor preto; sobrecargas nas unidades de linha de fibras e recuperação; perda de produção e de produtividade; etc.; etc.; etc.**

O pior dos mundos nas fábricas





Madeiras de Cerne (D) e Alburno (E) de árvores de eucaliptos submetidas e estresse térmico e hídrico (alto teor de extrativos tanto no cerne como alburno)

Madeiras defeituosas devido à ação de predadores (pragas e doenças)

A perversidade das feridas do cancro do eucalipto

Pragas (insetos) e doenças (fungos, bactérias, nematoides) são causas de modificações na biologia de formação de madeira

Além disso, podem causar feridas na casca da árvore, que se transformam em portas de entrada para outros predadores (cupins, formigas, fungos)

A qualidade da madeira pode ser drasticamente afetada, pois as condições do estresse biológico promovem alterações às vezes muito severas, tais como:

- **Aumento no teor de extrativos**
- **Aumento no teor de lignina**
- **Aumento ou diminuição da densidade básica**

- **Incorporação de casca pelos tecidos de madeira**

- **Presença do organismo-praga (exemplos: brocas, fungos) estragando e apodrecendo a qualidade da madeira para uso**

- **Perda de resistência mecânica**

- **Prejuízos na qualidade dos cavacos de madeira (maior teor de finos e de sobre-espessos)**

- **Potenciais prejuízos na polpação kraft e unidades anexas: perda de rendimentos líquidos; aumento do teor de rejeitos; aumento no consumo de específico de madeira; aumento no consumo de reagentes químicos no cozimento e branqueamento; maior geração de licor preto; sobrecargas nas unidades de linha de fibras e recuperação; perda de produção e de produtividade; etc.; etc.; etc.**

Fase inicial do cancro do eucalipto com formação de feridas, rachaduras nas cascas e exsudações no tronco

Madeira de cicatrização

Nas regiões onde a árvore é machucada por algum tipo de esforço mecânico (ventos, quedas de galhos, trânsito de máquinas, ataque de predadores etc.), o câmbio inicia um processo de cicatrização, que no início forma um anel de tecidos em volta da ferida até que essa ferida seja totalmente incorporada e selada pelos novos tecidos de cicatrização e receba uma finalização com uma nova camada de casca

As árvores não possuem capacidade para substituir ou reparar os tecidos machucados, na verdade, o que elas fazem é "selar" o tecido danificado fechando a ferida

Nessa região, a madeira é irregular, mais densa e rica em extrativos para defesa contra patógenos e predadores

Existe também a possibilidade de que se forme um calo ou gralha durante certo tempo, até que tudo desapareça e a cicatrização da ferida tenha sido completada e a árvore restabelece sua vida normal

Estresses de crescimento

Um dos principais problemas de qualidade das madeiras de eucaliptos para usos estruturais, móveis e outros produtos de madeira sólida são os chamados "estresses de crescimento"

Esses estresses na verdade são resultados dos acúmulos de forças internas no sentido longitudinal do tronco que são contidas pela própria estrutura da madeira de fuste e pela contenção da casca, mas que quando a árvore é abatida e a madeira seca, elas são liberadas na forma de deformações: empenamentos, fendilhamentos, rachaduras, colapsamento, etc.

Os estresses de crescimento resultam da atividade cambial durante o período de formação e maturação das células

Durante a formação da madeira, existe uma tendência dessas novas células se contraírem longitudinalmente e expandirem lateralmente, isso acontecendo ao mesmo tempo durante a formação

Entretanto, as demais células dos tecidos já formados evitam e buscam conter essas variações

Isso acontece em função da maneira como a árvore cresce ao mesmo tempo em diâmetro e altura

Outra causa está relacionada à formação e deposição das microfibrilas no espessamento da parede S2

Esse espessamento é feito contra outros tecidos já prontos, então existe uma força empurrando essas células e paredes para fora (tração) e outra tentando impedir (compressão)

Essas forças geradas na atividade cambial são equilibradas pelo corpo de árvore já formado, mas quando o tronco é abatido, elas são liberadas e causam as deformações na madeira

Outra característica dessa atividade cambial é que as fibras podem não se alinhar verticalmente com o eixo da árvore

Com o crescimento rápido, fibras e fibrilas passam a se dispor de forma espiralada em torno do fuste, podendo essa Grã Espiralada ser observada inclusive a olho nu

Fonte da Imagem: http://www.madeira.ufpr.br/disciplinassilvana/defeitos.pdf

Dessa forma, os elementos fibrosos que possuem maior comprimento que largura (fibras, traqueídos, elementos de vaso) ao invés de se disporem verticalmente e paralelos ao eixo da árvore vão sendo dispostos inclinados, deixando uma formação que lembra uma espiral

Essa formação traz como consequências alterações e variabilidades na qualidade da madeira do tronco em relação a:

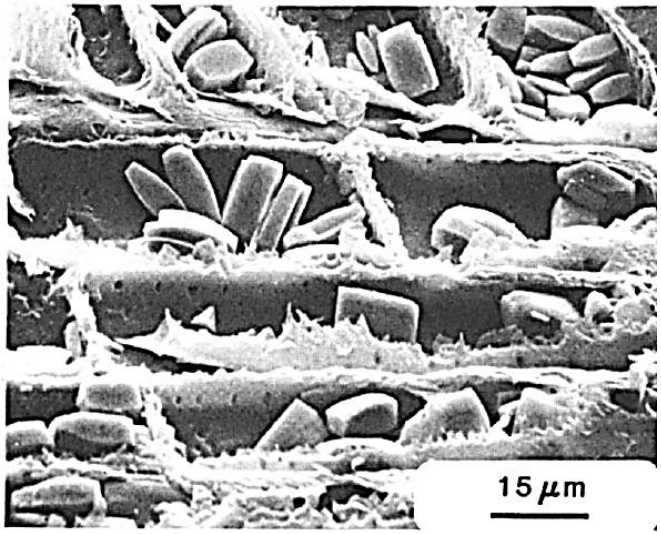
- **Contração / retratibilidade entre seções**
- **Instabilidade dimensional**
- **Inchamento diferenciado da madeira quando umedecida**
- **Secagem irregular das paredes celulares**

Existem pesquisas mostrando que o maior acúmulo desses estresses e as consequentes deformações causadas pela sua liberação acabam se correlacionando com:

- **Maior espessura da parede celular**
- **Maior fração parede**
- **Maior grau de cristalinidade da celulose**
- **Maior teor de celulose na parede secundária**
- **Menor ângulo microfibrilar na camada S2 (Favorece a diferença de variação dimensional da fibra no comprimento e largura)**
- **Menor teor de lignina na parede secundária**

Células *pétreas* (contendo substâncias minerais incrustantes)

Em situações onde ocorra maior quantidade de íons cálcio ou cloretos no solo, há a possibilidade que esses íons penetrem ativa ou passivamente para o interior da planta e a quantidade em excesso seja armazenada como incrustações nas paredes celulares ou nos vacúolos

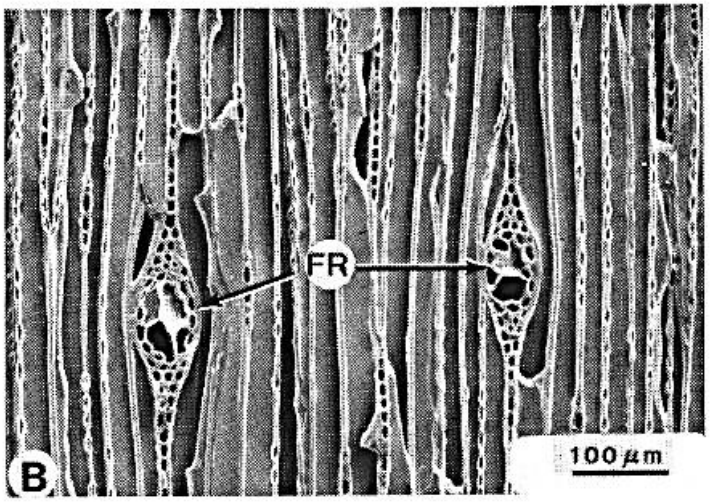


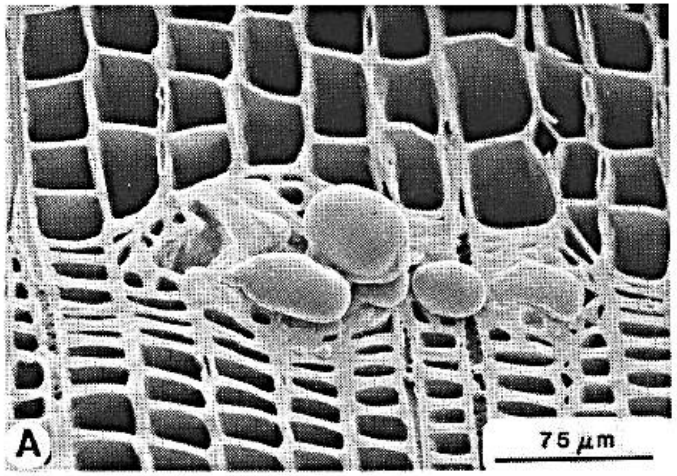
Fonte da Imagem: https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/ba-1984-0207.ch001

Bolsas de Gomas (Kino) ou de Resinas

Em situações adversas, as árvores podem intensificar a produção de resinas e gomas, criando canais adicionais de resinas e bolsas e vacúlos para acumular a produção

Essas quantidades de extrativos adicionais prejudicam a qualidade da madeira comercial, seja de *Pinus* ou *Eucalyptus*





Fonte da Imagem: https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/ba-1984-0207.ch001

Tema 8: Relações dos Constituintes da Madeira com o Processo de Polpação Kraft

Nessa seção serão feitas considerações sobre as relações e efeitos da composição química das madeiras (*em especial as de eucaliptos*) sobre o desempenho dessas madeiras e polpas resultantes quando utilizado o processo kraft de polpação com branqueamento subsequente

- **Densidade da madeira:**

A densidade da madeira pode manter relação direta com a composição química, pois está associada à espessura da parede celular (camada S2 rica em carboidratos como celulose e hemiceluloses), teor de cerne (rico em extrativos), idade da árvore, etc.

Madeiras de baixa densidade são volumosas e muitas vezes limitam a produção das fábricas, quando falta capacidade de alimentação de cavacos aos digestores (Perda de produtividade em toneladas celulose/dia, por se alimentar menos peso de madeira ao digestor)

Madeiras de mais alta densidade são mais difíceis de serem impregnadas e mostram mais dificuldades nos fluxos de líquidos em seu interior (licor de cozimento e licor preto)
Em função disso, para ser mantido o tempo de cozimento, deve-se aumentar a carga alcalina e/ou a temperatura de cozimento, o que pode reduzir o rendimento da polpação

Essas ações combinadas podem aumentar a geração de sólidos secos no licor preto
Entretanto, as coisas se compensam e se ganham benefícios, se houver disponibilidade para processamento na seção de recuperação do licor, pela potencial redução no consumo específico de madeira por tonelada de celulose produzida

Densidade da madeira afeta de forma significativa o consumo específico de madeira (m^3 madeira/t polpa)

Maior densidade básica, dentro de certos limites, melhora o consumo específico de madeira na polpação kraft

A densidade da madeira também tem importantes relações com as características das polpas celulósicas e dos tipos de papéis a que se destinam suas fibras

Entre essas propriedades se destacam: teor relativo de fibras, relação lenho inicial/lenho tardio, população fibrosa, fração parede e "coarseness", todas vitais para os desempenhos das polpas na fabricação de diversos tipos de papel

- **Teor de extrativos e resinas:**

Extrativos e resinas são constituintes que não se convertem em polpas, sendo quase que totalmente dissolvidos nos processos de polpação
Possuem, portanto um consumo "de luxo" do licor de cozimento

Quanto maior o teor de extrativos contidos na madeira, menos disponibilidade de massa de madeira sem extrativos existirá para ser convertida em celulose. Portanto, espera-se uma menor produção de celulose por tonelada ou metro cúbico de madeira e maior produção de licor preto na forma de sólidos secos totais.

Resumidamente:
Maior consumo específico de madeira/t celulose e sobrecarga em unidades industriais como: digestor, produção de licor (caustificação e forno de cal), evaporação e caldeira de recuperação

Caso existam gargalos nessas áreas o resultado é perda de produtividade na fabricação

Quando temos uma madeira com 2% de extrativos totais sobram praticamente 98% de madeira isenta de extrativos para ser convertida em polpa celulósica

No caso de 8% de extrativos totais sobrariam apenas 92%, mas isso não é tudo, pois outros constituintes como lignina também afetam o rendimento

Extrativos também geram problemas de deposições de materiais nas polpas e equipamentos de processo em fenômeno denominado de "formação de pitch"

Extrativos aumentam em árvores ricas em cerne, o que está relacionado à idade fisiológica da madeira e da árvore

Extrativos são definitivamente indesejáveis na polpação

No caso de polpação de madeiras de *Pinus*, os extrativos podem se saponificar e formar um sabão que se coloca como uma espécie de nata nos tanques de licor preto

Esse produto é conhecido como "tall oil" e se purificado pode render substâncias químicas valiosas como breu

Também a terebintina sulfatada pode ser extraída no processo kraft por ser um produto derivado das resinas

- **Teor de lignina:**

As madeiras para produção de celulose podem conter entre 20 a 30% de lignina total em sua composição química, sendo que parte dessa lignina é insolúvel em ácido e uma parte menor é solúvel nesse mesmo ácido sulfúrico usado na determinação de lignina Klason

A lignina dissolvida na polpação e deslignificação com oxigênio também irá necessariamente ser direcionada ao licor preto, aumentando a quantidade de sólidos secos a ser gerenciada nas fábricas, principalmente nas fábricas de celulose branqueada

Para cada unidade em peso seco de lignina que se remove pelo processo kraft da madeira do eucalipto, estaremos removendo entre 0,8 a 1,2 unidades em peso de outros importantes constituintes da parede celular dessa madeira

A cada 1,2 a 1,5% de redução no teor de lignina na madeira, se pode ganhar cerca de 1% no rendimento da polpação

E ainda se reduz a carga de álcali ativo expresso como NaOH em 0,2 a 0,3% base madeira para essas reduções entre 1,2 a 1,5% de lignina na madeira

Tipo (relação S/G) e residuais de lignina também afetam a branqueabilidade das polpas

Quanto maior o teor de lignina em madeiras de eucaliptos clonais brasileiros costuma-se ter menor relação S/G – o que dificulta ainda mais a conversão da madeira em celulose kraft

Ou seja, essas madeiras ricas em lignina são duplamente prejudicadas em sua polpação kraft: perdem rendimento pelo maior teor de lignina e pela maior dificuldade de polpação desse tipo de lignina mais pobre em grupos siringila

O maior presente que o *Eucalyptus globulus* fornece aos usuários de sua madeira para produção de celulose kraft são exatamente:

- **Menores teores de lignina insolúvel em ácido e total**

- **Maior relação S/G**

- **Maior teor de holocelulose, correspondendo a uma maior quantidade de hemiceluloses (cadeia estrutural central das xilanas em maior proporção)**

Atualmente, muitas empresas estão considerando extrair lignina do licor preto para venda como biomaterial, o que reduz as quantidades em toneladas de sólidos secos de licor preto para queimar nas caldeiras de recuperação

Essa extração pode aumentar a produção das fábricas, caso o sistema de recuperação estiver sobrecarregado

... mas também reduz o poder calorífico do licor preto que permanece no processo e aumenta a proporção de minerais na composição dos mesmos

Um adequado balanço térmico e mássico é vital que seja elaborado para melhor realizar esse tipo de procedimento de extração de lignina (quanto extrair e como fazer isso?)

- **Relação Siringila/Guaiacila na lignina:**

Válido para madeiras de folhosas (Variável de 2,5 a 6).

Relações mais altas (4 a 6) favorecem a deslignificação e oferecem maiores rendimentos de polpação base madeira inicial e também colaboram na maior facilidade de branqueamento (maior estabilidade e nível de alvura, bem como menor consumo de cloro ativo total)

Isso acontece para algumas poucas espécies de *Eucalyptus*, como *E. globulus*, que ainda se beneficia pelo seu menor teor de lignina na madeira e maior densidade básica

***Eucalyptus globulus* é uma das espécies que resultam em maiores rendimentos em polpação kraft e menores consumos de álcali ativo no cozimento e de cloro ativo no branqueamento**

Por isso é tão amado em Portugal, o principal produtor de polpa kraft branqueada usando essa espécie de *Eucalyptus*

- **Teor e tipo de hemiceluloses:**

O processo kraft convencional costuma dissolver mais de 50% das hemiceluloses presentes na madeira

Existe alto consumo de licor branco somente para remover hemiceluloses e extrativos antes mesmo de se atingir a temperatura de remoção de lignina na polpação kraft

Na polpação kraft de madeiras de eucaliptos, 50% da carga total de álcali ativo é consumida por 25% do peso da madeira que se dissolve (com essa perda consequente de rendimento) para o licor preto antes mesmo de se começar a remoção de lignina na fase de "bulk delignification"

Madeiras de coníferas perdem também bastante hemiceluloses em função do tipo sensível ao álcali das mesmas (glucomananas)

Madeiras com baixos teores de lignina, como é o caso do *Eucalyptus globulus*, costumam apresentar maiores teores de hemiceluloses

A vantagem das cadeias centrais das xilanas que se dissolvem no licor é a possibilidade de parte desse material reprecipitar nas superfícies das fibras quando o pH do licor de cozimento se reduz no final de cozimento a valores próximos a 10
Isso colabora para aumentar o teor de hemiceluloses nas polpas e aumentar o rendimento

Esse nível de pH é também encontrado na etapa de deslignificação com oxigênio e se sabe que também aí pode ocorrer reprecipitação de xilanas, o que pode ajudar a planejar aumentos de rendimentos na linha de fibras como um todo

As xilanas de madeiras de folhosas costumam também apresentar teor alto de ácidos urônicos em sua composição estrutural

Os ácidos urônicos, além de serem removidos na polpação e colaborarem para perda do rendimento em celulose também resultam na formação de ácidos hexenurônicos que trazem como consequências:

- **Dificuldades na medição da lignina residual nas polpas (Número Kappa)**
- **Aumento do consumo de cloro ativo no branqueamento**
- **Dificuldades de se obter altas e estáveis alvuras**

HexAcds costumam ser controlados nas linhas de fibra de fábricas usando madeiras de folhosas através de sua relação com o Número Kappa da polpa não branqueada e depurada (HexAcds/Nº Kappa)

Maior essa relação, pior o desempenho da polpa no branqueamento

HexAcds são de difícil processabilidade e requerem condições oxidativas ou ácidas a altas temperaturas (acima de 80ºC) para serem hidrolisados ou destruídos

Hemiceluloses são importantes para o desempenho das polpas celulósicas, pois facilitam o refino e a ligação entre fibras

Existe uma relação direta entre teor de xilanas nas madeiras de eucalipto e o teor de hemiceluloses (pentosanas) nas polpas kraft produzidas com elas

- **Porosidade e permeabilidade da madeira:**

Basicamente afetadas pela densidade da madeira e pela presença de obstruções (tiloses ou resinas) nos elementos de vasos de folhosas e nos traqueídos de coníferas

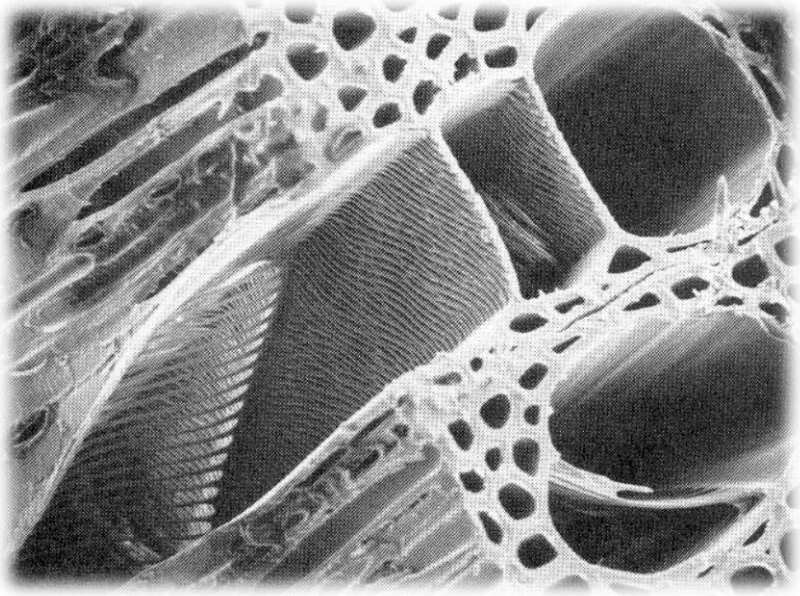
A maior porosidade facilita a penetração e difusão do licor de cozimento nos fluxos internos à madeira, favorecendo a polpação e a qualidade das polpas

Madeiras de menor densidade (exemplo *E.grandis* e *E.nitens*) são mais rapidamente impregnadas pelo licor de cozimento e com isso demandam condições menos drásticas de cozimento

Propriedades como diâmetro do lúmen e abundância de parênquimas e elementos de vasos podem favorecer a impregnação e difusão dos líquidos no interior dos cavacos

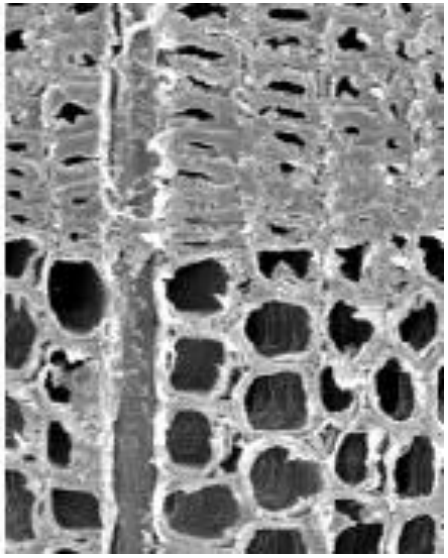
Fração parede das fibras também interfere na impregnação dos cavacos

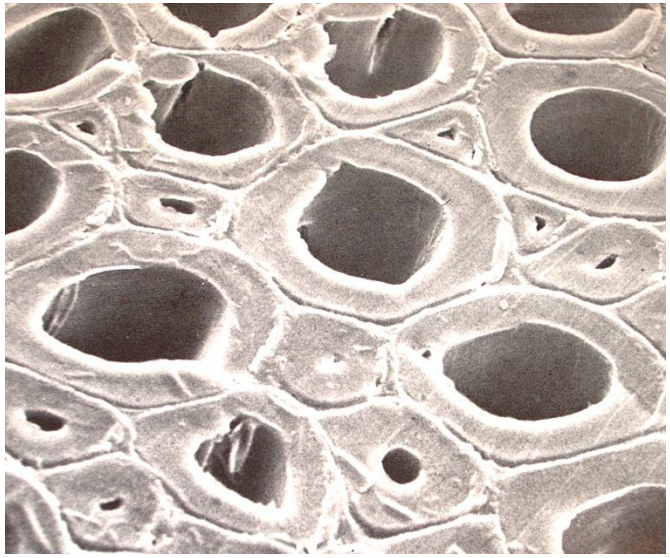
Os digestores mais modernos procuram elevar a temperatura da polpação para a máxima apenas quando se tiver garantias de que os cavacos estejam impregnados



- **Relação entre lenho inicial/lenho tardio: afeta impregnação e movimento de líquidos no interior dos cavacos**
-

Lenho tardio prejudica a penetração do licor pelo lúmen mais estreito, mas a sua madeira compensa isso por conter menor teor de lignina e maior teor de celulose





- **Teor de cinzas e de elementos não processuais (Mg, Mn, Fe, Zn, etc.):**

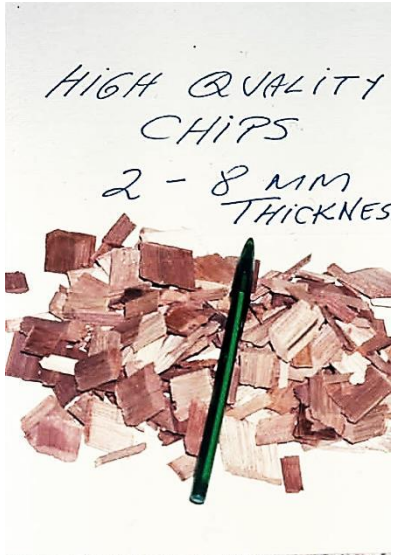
Cinzas são materiais inertes inerentes ou não (contaminações) às madeiras e que precisam ser removidos nos processos

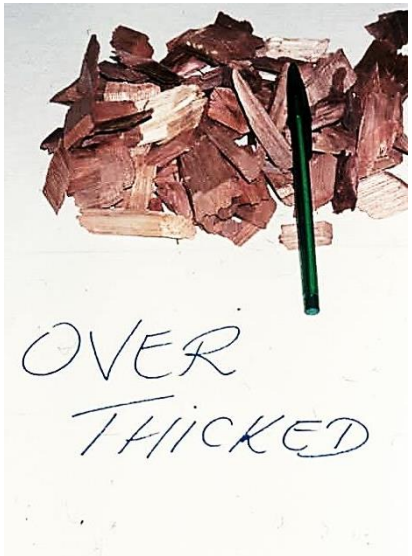
Diversos de seus componentes afetam o processo de recuperação do licor, o branqueamento, a reversão de alvura, as incrustações processuais e as sujeiras nas polpas branqueadas

As lavagens das polpas, os estágios ácidos e a eficiente retirada de filtrados, condensados, dregs e cinzas das caldeiras de recuperação ajudam a remover cinzas (elementos não processuais) do sistema de licor e polpa

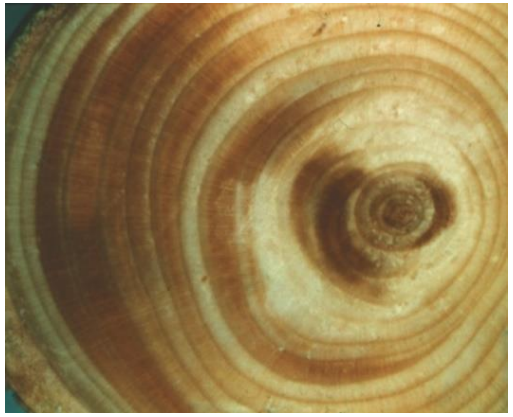
- **Presença de casca:**

A casca da árvore é pouco fibrosa, consome muito álcali ativo, apresenta baixos rendimentos de polpação e gera muito mais sólidos no licor preto
Além disso, ocupa lugar que poderia ser ocupado pelos cavacos de madeira no interior do digestor, o que prejudica a produtividade da fábrica





- **Tipos inadequados de madeiras na alimentação do digestor:**



Madeiras degradadas por fungos (apodrecidas) – reduzem o rendimento da polpação em até 5% base madeira e consomem mais álcali ativo (entre 2 a 4%, conforme o estágio de degradação). Também afetam a geração de mais sólidos secos (mais 0,1 a 0,25 tSS/t polpa)

Madeiras de reação (principalmente em coníferas) **também trazem problemas de resistências nas polpas produzidas e podem conduzir a transtornos na etapa de polpação (maior consumo de químicos e perda de rendimentos)**

Madeiras queimadas pelo fogo: avaliação caso a caso

Os nós formados na inserção de galhos consomem mais álcali ativo e acabam se convertendo parcialmente em rejeitos na polpa, mas que podem ser facilmente recozidos

- **Teor de umidade da madeira:**

Muito importante para a área florestal

Propriedade afetada pela densidade da madeira, pela sazonalidade (estações climáticas) e pelo tempo de estocagem da madeira como toras ou cavacos

Nos cavacos alimentados ao digestor, o teor de umidade pode atuar sobre a quantidade de madeira alimentada ao digestor em base 100% seca (em função de sua contração ou inchamento) e na pré-impregnação desses cavacos

A secagem da madeira no campo causa os fenômenos de contração da madeira e de histerese

A histerese se caracteriza pela incapacidade da madeira retornar ao seu volume original verde mesmo com procedimentos para favorecimento da reidratação, em função de ligações irreversíveis das moléculas em sua composição

Parâmetros técnicos da etapa de polpação kraft e branqueamento que são afetados pela química da madeira:

Rendimento da polpação:

Influenciado pela densidade da madeira, pelo teor de lignina, tipos de lignina mostrados pela relação S/G, teor de extrativos, teor e tipo de hemiceluloses, presença de casca e de madeiras anormais (nós, madeiras de reação), porosidade da madeira, dimensões dos cavacos, idade tecnológica da linha de fibras

Consumo de álcali ativo:

Influenciado pelos motivos referenciados para o rendimento da polpação

Fator H:

Quase sempre afetado pela qualidade da madeira em termos de sua fácil ou difícil deslignificação e pela qualidade e eficiência da impregnação dos cavacos

Geração de sólidos secos para o licor preto (tSS/t polpa):

Influenciado pelos motivos referenciados para o rendimento da polpação

Consumo específico de madeira na polpação:

Fundamentalmente afetado pelo rendimento da polpação, pela densidade da madeira, pelas condições empregadas na polpação

Teor de rejeitos na polpa não branqueada:

Causado por densidade da madeira, cavacos sobre espessos, nós, madeiras anormais, tiloses dificultando a impregnação pelo licor, tempo e carga alcalina inadequada, etc.

Branqueabilidade da polpa:

Afetada por teor e qualidade das cinzas minerais, pela reprecipitação de lignina, pelo teor de ácidos hexenurônicos formados na polpação a partir das xilanas (4-O-metil-glucuronoxilana), pela presença de shives e pintas pela má depuração da polpa, etc.

Também dependente de linha de fibras não estar sobrecarregada (gargalos), já que isso afetaria a lavagem da polpa e os tempos de retenção nos estágios de branqueamento

Viscosidade da polpa:

Quase sempre afetada pelo nível de drasticidade que se dá ao cozimento para corrigir problemas na qualidade da madeira

Também afetada pela degradação microbiológica da madeira estocada

Resistência e propriedades físicas da polpa:

Fatores mais importantes para resistência e propriedades físicas e óticas das folhas de celulose (volume específico, porosidade, absorção de água, opacidade) são as dimensões, integridade e tipos dos elementos fibrosos, coarseness, população fibrosa e finos das polpas

Quimicamente também interferem nas propriedades físico-mecânicas das folhas de papel:

- ***Teor de hemiceluloses***
- ***Grau de histerese das fibras (fibras nunca secas ou já secadas anteriormente, como o caso de papéis reciclados)***
- ***Nível de degradação da celulose (viscosidade)***
- **Ângulo microfibrilar das fibrilas de celulose**
- ***Capacidade de interligação das fibrilas (forças eletroquímicas)***
- ***Hidrofobicidade ou hidrofilicidade da polpa***

POLPAÇÃO EUCALIPTO	Madeira eucalipto	Remoção início	Remoção cozimento	Residual na polpa
Grupos acetila	4	- 4	- 4	-
Grupos uronila	3	- 2	- 2,5	0,5
Xilanas	16	- 5,5	- 8	8
Outras hemiceluloses	4,5	- 3	- 3	1,5
Lignina	25	- 2	- 24,5	0,5
Celulose	44	- 2	- 4	40
Extrativos	3	- 1,5	- 2,9	0,1
Cinzas	0,5	-0,4	- 0,4	0,1
Total	100	- 20,4	- 49,3	50,7

Madeira	*E.globulus*	*E.urograndis*	*Pinus taeda*	Softwood Norte
Densidade básica	0,6	0,5	0,38	0,45
Teor Lignina	23	28	32	30
Número kappa	14 - 15	16 - 17	23 - 25	23 - 25
Rendimento polpação	56 - 57	51 - 54	43 - 45	44 - 46
Fator H	300 - 500	400 - 800	1000 - 1500	1000 - 1500
Carga Álcali Efetivo NaOH	15 - 16	17 - 20	23 - 24	22 - 25
Consumo específico m^3/odt UKP	~3	~3,7 – 3.8	~6	~5,0 – 5,5

Tema 9: Palavras de Encerramento de Celso Foelkel

Essa edição de número 84 da Eucalyptus Newsletter é mais uma de minhas publicações que está destinada a oferecer e compartilhar via acesso público e gratuito os materiais de um de meus cursos, especialmente criado para que ele possa servir para alavancar a educação científica e tecnológica no setor de base florestal com foco em celulose e papel

Ela tem também a finalidade de oferecer um conjunto incrível de textos técnicos, imagens e muitos materiais para se estudar e aprender nesse caso específico acerca da:

Formação, Ultraestrutura, Química e Topoquímica das Madeiras

São praticamente 460 materiais bibliográficos relacionados na seção 10 dessa publicação digital na forma de uma coletânea. Todos eles com links de endereços de web para serem descarregados e avaliados pelos interessados em ler e aprender sobre esses temas

Além dessas referências bibliográficas existem outras dezenas de referências de imagens e das metodologias de avaliações de componentes químicos das madeiras na seção 6 desse curso

Caso algum dos endereços de web não funcionar, tentem copiar o título do artigo com o sobrenome de alguns dos autores e tentar localizar o material através de um buscador como o Google

É comum que muitos websites se modernizem , mudando endereços de web, ou removam materiais após certo tempo de disponibilização

Espero assim estar colaborando para o aprimoramento e o enriquecimento cultural e tecnológico do setor florestal com minhas já conhecidas publicações sobre

Histórias, Causos, Cursos, Textos, Coletâneas e Relatos de Vida

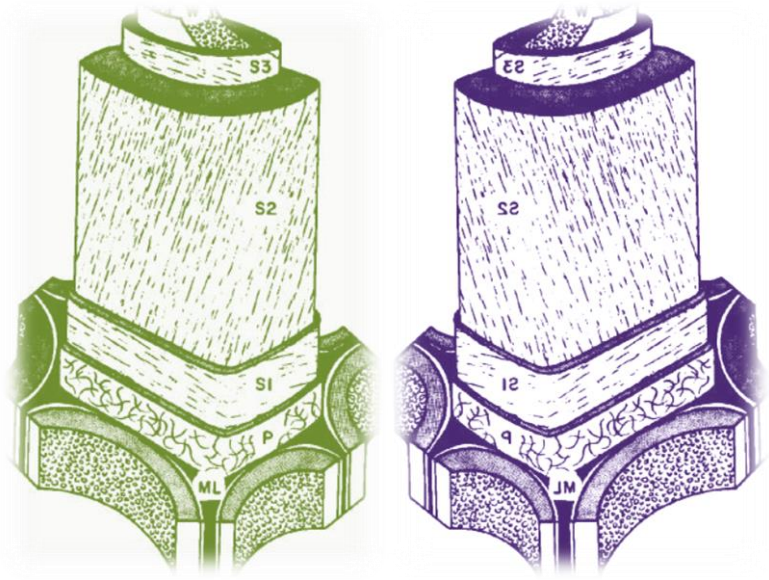
MUITO OBRIGADO A TODOS VOCÊS

Boas leituras e estudos...

Fonte da Imagem: https://www.prolab.com.br/blog/equipamentos-aplicacoes/saiba-como-funciona-o-soxhlet-e-sua-importancia-na-extracao-de-lipideos/

Tema 10: Uma Coletânea Bibliográfica sobre Formação, Ultraestrutura, Química e Topoquímica das Madeiras

Recomendações de literaturas disponibilizadas em Mídia Eletrônica ou Impressa em Papel e de autoria de inúmeros Autores Nacionais e Internacionais, contendo conhecimentos vitais sobre Formação, Ultraestrutura, Química e Topoquímica das Madeiras – com foco nas espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus* e orientadas para fabricação de Celulose & Papel



Amigos, estamos disponibilizando nessa coletânea cerca de 460 fontes e referências bibliográficas para a agregação de muitos conhecimentos àqueles que tenham interesse em conhecer mais ou aprender muito sobre os temas:

Formação, Ultraestrutura, Química e Topoquímica das Madeiras

Divirtam-se, procurem entender e aprender com os textos, imagens e fotomicrografias. Leiam com atenção e reflitam sobre o que estamos lhes oferecendo para ampliação de conhecimentos, conforme os documentos e websites a seguir...

Determination of pentosans in pulps and papers. H.F. Launer; W.K. Wilson. Journal of Research of the National Bureau of Standards 22(4): 471 – 484. (1939)

https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/jres/22/jresv22n4p471_A1b.pdf (em Inglês)

Determination of pH in wood. W.G. Campbell; S.A. Bryant. Nature 3725. p.: 357. (1941)

https://www.nature.com/articles/147357a0.pdf (em Inglês)

Livro: **Anatomia vegetal.** K. Esau. Ediciones Omega. 729 pp. (1959)

https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=304984&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22esau%22&qFacets=autoria:%22esau%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1 (Referência - em Espanhol)

e

https://www.agapea.com/libros/ESAU-ANATOMiA-VEGETAL-9788428214438-i.htm (Para aquisição - em Espanhol)

Composição química de *Eucalyptus alba* Reinw e *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden. Resultados preliminares. H. P. Haag; F.A.F. Mello; M.O.C. Brasil Sobrinho; A.A. Veiga. Segunda Conferência Mundial do Eucalipto. Relatórios e Documentos. 06 pp. (1961)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/61_Composicao+Quimica+Eucalyptus.pdf (em Português)

A method for cellulose determination. L. Paloheimo; E. Herkola; M.-L. Kero. Science 34(1): 57 – 65. (1962)

https://journal.fi/afs/article/view/71590/33387 (em Inglês)

Livro: **Wood extractives and their significance to the pulp and paper industries.** W.E. Hillis. Academic Press. 534 pp. (1962)

https://books.google.com.br/books?id=64KoBQAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false (em Inglês)

Livro: **The chemistry of wood.** B.L. Browning. Robert E. Krieger Publishing Company. 689 pp. (1963)

https://www.abebooks.com/servlet/BookDetailsPL?bi=30729734834&cm_sp=SEARCH REC-_-WIDGET-L-_-BDP-R&searchurl=an%3Dbrowning%26sortby%3D17%26tn%3Dchemistry%2Bwood (em Inglês)

e

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780080122106500995 (em Inglês)

Elements of wood: Fiber structure and fiber bonding. F.A. Simmons; G.H. Chidester. Forest Products Laboratory FPL 5. 23 pp. (1963)

https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplrp/fplrp5.pdf (em Inglês)

Livro: **The formation of wood in forest trees.** M.H. Zimmermann. Academic Press. 578 pp. (1963)

https://www.elsevier.com/books/the-formation-of-wood-in-forest-trees/zimmermann/978-1-4832-2931-7 (Referência - em Inglês)

New procedure for the determination of holocellulose. A.A.-M. Swelim. Dissertação de Mestrado. Oregon State University. 43 pp. (1963)

https://ir.library.oregonstate.edu/downloads/p2676x70q (em Inglês)

Livro: **Wood and cellulose science.** A.J. Stamm. The Ronald Press Co. 549 pp. (1964)

https://www.abebooks.com/Wood-cellulose-science-Stamm-Alfred-J/950063905/bd (Referência - em Inglês)

e

https://www.semanticscholar.org/paper/Wood-and-Cellulose-Science.-Alfred-J.-Stamm.-New-x-Locke/c16b6bec17e073112bc93da444b0bfd6a767c9d1 (Referência - em Inglês)

Livro: **Pulping processes.** S.A. Rydholm. Interscience Publishers. 1269 pp. (1965)

https://books.google.com.br/books/about/Pulping_Processes.html?id=yM9tAAAAIAAJ&redir_esc=y (Referência - em Inglês)

e

https://www.worldcat.org/title/pulping-processes/oclc/610307680 (Referência - em Inglês)

Livro: **Cellular ultrastructure of woody plants.** W.A. Coté, Jr. Syracuse University Press. 603 pp. (1965)

https://www.abebooks.com/servlet/SearchResults?tn=Cellular+Ultrastructure+Woody+Plants (Referência - em Inglês)

e

https://digitalcommons.usu.edu/aspen_bib/5935/ (Referência - em Inglês)

Livro: **The chemistry of cellulose and wood.** N.I. Nikitin. Institute of Paper Science and Technology. 703 pp. (1966)

https://www.amazon.com/Chemistry-Cellulose-Wood-N-I-Nikitin/dp/0706505832 (em Inglês)

Livro: **Methods of wood chemistry**. **Volume 1.** B.L. Browning. Interscience Publishers. 882 pp. (1967)

https://books.google.com.br/books/about/Methods_of_wood_chemistry.html?id=G9JCW5JSb0AC&redir_esc=y (Referência – em Inglês)

e

https://www.worldcat.org/title/methods-of-wood-chemistry/oclc/1466438 (Referência – em Inglês)

Livro: **Wood ultrastructure: An atlas of electron micrographs.** W.A. Côté Jr. University of Washington Press. 64 pp. (1967)

https://books.google.com.br/books/about/Wood_Ultrastructure.html?id=9I1wNQEACAAJ&redir_esc=y (Referência - em Inglês)

e

https://www.amazon.com/Wood-Ultrastructure-Atlas-Electron-Micrographs/dp/B000KUDLF6 (Referência - em Inglês)

Classroom demonstrations of wood properties. A.N. Foulger. Forest Products Laboratory. Publication PA 900. 42 pp. (1969)

https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplmisc/pa900.pdf (em Inglês)

Livro: **The chemical technology of wood.** H.F.J. Wenzl. Academic Press.710 pp. (1970)

https://books.google.com.br/books?id=tgChxeM6ka8C&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false (em Inglês)

e

https://www.elsevier.com/books/the-chemical-technology-of-wood/wenzl/978-0-12-743450-6 (em Inglês)

Livro: **Textbook of wood technology.** A.J. Panshin; C.H.D. Zeeuw. McGraw-Hill Book Co. 705 pp. (1970)

https://www.amazon.com/Textbook-Wood-Technology-Identification-McGraw-Hill/dp/0070484414 (Referência - em Inglês)

e

https://www.cabi.org/ISC/abstract/19700603102 (Resumo - em Inglês)

Scanning reflection electron microscopy in studies of wood structure and its degradation. S.M. Jutte; J.F. Levy. IAWA Bulletin. IAWA - International Association of Wood Anatomists. 14 pp. (1971)

https://www.iawa-website.org/uploads/soft/download/pdf/IAWA%20Bulletin%201971_1.pdf (em Inglês)

Livro: **Flow in wood.** J.F. Siau. Syracuse Wood Science Series. Syracuse University Press. 131 pp. (1971)

https://books.google.com.br/books/about/Flow_in_Wood.html?id=_1HxAAAAMAAJ&redir_esc=y (Referência - em Inglês)

Métodos de determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas. C.E.B. Foelkel; M.A.M. Brasil; L.E.G. Barrichelo. Revista O Papel (Agosto): 57 - 61. (1972)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1972_Metodos_OPapel.pdf (em Português)

Livro: **Water in wood.** C. Skaar. Syracuse University Press. 218 pp. (1972)

https://www.amazon.com/Water-Wood-Christen-Skaar/dp/B001REJKFE (Referência - em Inglês)

e

https://books.google.com.br/books/about/Water_in_wood.html?id=E5xtAAAAIAAJ&redir_esc=y (Referência - em Inglês)

The anatomy of eucalypt woods. H.E. Dadswell. CSIRO Australia. Division of Applied Chemistry Technical Paper. 39 pp. (1972)

https://publications.csiro.au/rpr/download?pid=procite:d41cdd02-3062-4d39-84c8-5f406ff979c5&dsid=DS1 (em Inglês)

Livro: **Three-dimensional structure of wood. A scanning electron microscope study.** B.A. Meylan; B.G. Butterfield. Syracuse University Press. 80pp. (1972)

https://books.google.com.br/books?id=cMMsTtJcuuUC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false (Disponível para leitura - em Inglês)

e

https://www.amazon.com/Three-Dimensional-Structure-Wood-Scanning-Microscope/dp/0815650302 (Para aquisição - em Inglês)

e

https://alexnaylor.wordpress.com/2014/01/23/three-dimensional-structure-of-wood/ (Resumo por Alex Naylor - em Inglês)

Livro: **Anatomia das plantas com sementes.** K. Esau. Tradução: B.L. Morretes. Editora Edgard Blücher. 293 pp. (1974)

https://www.blucher.com.br/livro/detalhes/anatomia-das-plantas-com-sementes-156/ciencias-biologicas-116 (Referência - em Português)

e

http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=688609&biblioteca=CPAF-AC&busca=autoria:%22%22&qFacets=autoria:%22%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=76 (Referência - em Português)

The role of hemicellulose in the delignification of wood. A. J. Kerr; D.A.I. Goring. Canadian Journal of Chemistry 53: 952 – 959. (1975)

https://cdnsciencepub.com/doi/pdf/10.1139/v75-134 (em Inglês)

Variação da densidade básica e composição química de madeiras de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda* em função da idade. L.E.G. Barrichelo; C.E.B. Foelkel; J. Tamezava; J.O. Brito. Revista O Papel (Novembro): 110 – 112. (1975)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1975_Densidade+Quimica+Madeira+Pinus.pdf (em Português)

Avaliação da qualidade da madeira de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus grandis* afetados por cancro. C.E.B. Foelkel; C. Zvinakevicius; J.O.M. Andrade. 9º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 12 pp. (1976)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1976.%20madeira%20com%20cancro.pdf (em Português)

Material de Curso por Celso Foelkel. **Estrutura da madeira**. C. Foelkel. Curso de Fabricação de Celulose. ABCP – Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel. 85 pp. (1977)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ufv/01.%20Estrutura%20da%20Madeira.%201977.PDF (em Português)

e

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ufv/01.%20Estrutura%20da%20Madeira.%201977.PDF (em Português)

Material de Curso por Celso Foelkel. **Qualidade da madeira: Aulas teóricas, práticas, questões e provas.** C. Foelkel. Apostilas do Curso de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. CENIBRA – Celulose Nipo-Brasileira. 292 pp. (1979)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ufv/02.%20Qualidade%20da%20Madeira.%201977.1979.pdf (em Português)

Reação dos carboidratos e dissolução dos constituintes da madeira, durante a polpação alcalina. J.L. Gomide. O Papel (Novembro): 119 – 128. (1979)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1979_reacao_carboidratos.pdf (em Português)

Polpa de celulose: Química dos processos alcalinos de polpação. J.L. Gomide. Viçosa: Imprensa Universitária – UFV - Universidade Federal de Viçosa. 54 pp. (1979)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1979_Polpa_de_celulose.pdf (em Português)

Madeira juvenil. Formação e aproveitamento industrial. I.P. Jankowsky. IPEF – Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. Circular Técnica nº 81. 15 pp. (1979)

https://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/nr081.pdf (em Português)

Estudo das características físicas, anatômicas e químicas da madeira de *Pinus caribaea* var *hondurensis* para a produção de celulose kraft. L.E.G. Barrichelo. Tese Livre Docência. USP – Universidade de São Paulo. 173 pp. (1979)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Estudo%20das%20caracteristicas.pdf (em Português)

Livro: **Papermaking fibers. A photomicrografic atlas.** W.A. Coté. State University of New York. College of Environmental Science and Forestry. Syracuse University Press. (1980)

https://www.abebooks.com/servlet/SearchResults?isbn=9780815622284&cm_sp=mbc-_-9780815622284-_-all (Referência - em Inglês)

e

https://www.amazon.com/Papermaking-Fibers-Photomicrographic-Renewable-Materials/dp/0815622287 (Referência - em Inglês)

Pulpwoods of the United States and Canada. Volume 1: Conifers. I.H. Isenberg; M.I. Harder; I. Louden. IPC – The Institute of Paper Chemistry. 224 pp. (1980)

https://smartech.gatech.edu/bitstream/handle/1853/14669/pulpwoods_vol1.pdf (em Inglês)

Acerca da solubilidade em álcalis de materiais celulósicos. I – Madeiras de eucaliptos e da acácia negra e polpas comerciais de fibras curtas. C.E.B. Foelkel; J.V. Marengo; C.A.A. Mendonça; C.A. Braga; F.R.B. Dilélio. 13º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 11 pp. (1980)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1980.%20Acerca%20solubilidade%20%E1lcalis%20I.pdf (em Português)

O cancro do eucalipto e sua influência sobre a qualidade da celulose kraft. C.E.B. Foelkel; C. Zvinakevicius; J.O.M. Andrade. O Papel (Julho): 27 - 38. (1981)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/1981_Cancro_Eucalipto.pdf (em Português)

Pulpwoods of the United States and Canada. Volume 2: Hardwoods. I.H. Isenberg; M.I. Harder; I. Louden. IPC – The Institute of Paper Chemistry. 172 pp. (1981)

https://smartech.gatech.edu/bitstream/handle/1853/14669/pulpwoods_vol2.pdf (em Inglês)

Uma análise do comportamento dos extrativos de madeira no cozimento kraft. C. Souza; J.E. Moreira; G.G. Santos; E. Cláudio-da-Silva Júnior; R.L.V. Dias. 16º Congresso Anual. 3º Congresso Latino Americano de Celulose e Papel. ABCP – Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel. 12 pp. (1983)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1983_Extrativos+Madeira.pdf (em Português)

Livro: **The chemistry of solid wood.** R.M. Rowell (Editor). American Chemical Society. Advances in Chemistry Series 207. (1984)

https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/ba-1984-0207.fw001 (em Inglês)

Capítulo de Livro. Chapter 01: **Formation and structure of wood.** R.A. Parham; R.L. Gray. In: "The Chemistry of Solid Wood". R. Rowell (Editor). p.: 03 – 56. (1984)

https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/ba-1984-0207.ch001 (em Inglês)

Capítulo de Livro. Chapter 02: **The chemical composition of wood.** R.C. Pettersen. In: "The Chemistry of Solid Wood". R. Rowell (Editor). p.: 57 – 126. (1984)

https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/pdf1984/pette84a.pdf (em Inglês)

Livro: **Eucalypts for wood production.** W.E. Hillis; A.G. Brown. CSIRO - Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. Academic Press. 434 pp. (1984)

https://catalogue.nla.gov.au/Record/1205066 (Referência - em Inglês)

e

https://www.amazon.com/Eucalypts-Wood-Production-W-Hillis/dp/0123487609 (Referência - em Inglês)

A influência da densidade básica da madeira de híbridos de *Eucalyptus grandis* em suas características químicas e propriedades de polpação e do papel. R.L.V. Dias; E. Cláudio-da-Silva Júnior. 18º Congresso Anual. ABCP – Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel. 27 pp. (1985)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1985_Densidade_basica_Aracruz.pdf (em Português)

Variação do rendimento em celulose sulfato ao longo do tronco do *Eucalypytus grandis* Hill ex Maiden e *E. saligna* Smith. V. Manfredi. Dissertação de Mestrado. USP – Universidade de São Paulo. 103 pp. (1985) https://www.eucalyptus.com.br/VailManfredi/1985_Variacao_Rendimento_Celulose_Tronco.pdf (em Português)

The wood anatomy of eucalypts and papermaking. R.K. Bamber. Appita Journal 38(03): 210 – 216. (1985)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1985_Eucalyptus+Wood+Anatomy.pdf (Uma cortesia da APPITA - em Inglês)

e

https://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=9248608 (Referência - em Inglês)

e

https://www.semanticscholar.org/paper/The-wood-anatomy-of-eucalypts-and-papermaking-Bamber/05530d4e1a8cb3e3900afd33592991aa9046d4cf (Resumo - em Inglês)

O fenômeno de apodrecimento central do cerne de árvores vivas de *Eucalyptus*: Qualidade da madeira. C.E.B. Foelkel; C.A. Busnardo; B. Rech. IPEF 33: 31 – 38. (1986)

http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr33/cap04.pdf (em Português)

Determinação do teor de lignina em material lenhoso. Método Klason modificado. J.L. Gomide; B.J. Demuner. Revista O Papel (Agosto): 36 – 38. (1986)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1986_Metodologia_Lignina.pdf (em Português)

e

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1986_Metodologia_teor_lignina_material_lenhoso.pdf (em Português)

Estrutura anatômica e composição química de cavacos de madeira de eucalipto inoculados com fungo *Thermoascus aurantiacus.* C.G. Auer; M.P. Ferrari; M. Tomazello Filho; L.E.G. Barrichelo. Revista IPEF 37: 45 – 50. (1987)

https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr37/cap05.pdf (em Português)

Livro: **Wood-water relations.** C. Skaar. Springer-Verlag Science Series. 283 pp. (1988)

https://books.google.com.br/books?id=ZvTuCAAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs_atb#v=onepage&q&f=false (em Inglês)

Can the cell wall be stabilized? R.M. Rowell. Forest Products Laboratory. 11 pp. (1988)

https://www.researchgate.net/publication/266863696_Can_the_Cell_Wall_be_Stabilized (em Inglês)

Formação e variação da estrutura da madeira de *Eucalyptus*. M. Tomazello Filho. Seminário "Matérias-Primas Fibrosas para a Indústria de Celulose e Papel". ABCP – Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel. 70 pp. (1988)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/03_forma%E7%E3o%20e%20varia%E7%E3o%20madeira%25%2020tomazello.pdf%20%20%20 (em Português)

Variations in wood anatomy within species of *Eucalyptus*. J. Wilkes. IAWA Bulletin 9(1): 13 – 23. (1988)

https://brill.com/downloadpdf/journals/iawa/9/1/article-p13_2.pdf (em Inglês)

Physiological basis of wood production. A review. M.G.R. Cannell. Scandinavian Journal of Forest Research 4: 459 – 490. (1989)

https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02827588909382582 (em Inglês)

Livro: **Wood: Chemistry, ultrastructure, reactions.** D. Fengel; G. Wegener. Walter de Gruyter Publishing. 626 pp. (1989)

https://books.google.com.br/books?id=x1B4uITKnt0C&printsec=frontcover&hl=pt-BR#v=onepage&q&f=false (em Inglês)

Livro: **Cellulose and wood: Chemistry and technology.** C. Schuerch. John Wiley & Sons Inc. 1638 pp. (1990)

https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/014486179190086R?via%3Dihub (em Inglês)

e

http://www.livrariadgoncalves.com.br/importados/chemical-engineering/cellulose-and-wood-chemistry-and-technology.html (em Português)

Influências de características anatômicas e químicas sobre a densidade básica de madeira de *Eucalyptus spp.* V.R.S. Shimoyama; L.E.G. Barrichelo. 24º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 14 pp. (1991)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1991_Shimoyama_Barrichelo.pdf (em Português)

Livro: **Methods in lignin chemistry.** S.Y. Lin; C.W. Dence. Springer Series in Wood Science. 578 pp. (1992)

https://books.google.com.br/books?id=x0_uCAAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false (em Inglês)

Livro: **Wood chemistry: Fundamentals and applications.** E. Sjöström. Elsevier Technology & Engineering Series. 293 pp. (1993)

https://books.google.com.br/books?id=NCkXBQAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false (em Inglês)

Livro: **Constituyentes fibrosos de pastas y papeles.** J.A. García Hortal. Escuela Técnica de Ingenieros Industriales de Terrassa. Universitat Politécnica de Catalunya. 198 pp. (1993)

https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.3/36484/1400510079.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Espanhol)

e

https://upcommons.upc.edu/handle/2099.3/36484 (Referência - em Espanhol)

Isolamento e análise estrutural de ligninas. D. Piló-Veloso; E.A. Nascimento; S.A.L. Morais. Revista Química Nova 16(05): 435 – 448. (1993)

http://static.sites.sbq.org.br/quimicanova.sbq.org.br/pdf/Vol16No5_435_v16_n5_%289%29.pdf (em Português)

Composição química e microestrutura das fibras nos vegetais superiores. L. Rodés. Revista O Papel (Julho): 11 - 12. (1994)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/04%20-%20Composicao%20quimica%20microestrutura%20fibras.pdf (em Português)

Introdução à biossíntese, ocorrência, estrutura e reações da lignina. A. Mounteer; J.L. Colodette; J.L. Gomide. 1º Congresso Latino-Americano de Deslignificação. ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Anais: 01 – 20. (1994)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1994_Sintese+Estrutura+Lignina+Madeira.pdf (em Português)

A relação guaiacil/siringil como critério de seleção de árvores e sua importância no processo de deslignificação. D.E.D. Pereira; B.J. Demuner; F.L.G. Bertolucci; S.M. Pasquali. 1º Congresso Latino Americano de Deslignificação. ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 11 pp. (1994)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1994_Relacao_guaiacil_siringil.pdf (em Português)

Resumo de Livro: **Biossíntese da lignificação.** H.S. Abreu. Editora Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 63 pp. (1994)

http://www.if.ufrrj.br/biolig/livro/Biossintese%20de%20Lignifica%C3%A7%C3%A3o.pdf (em Português)

Modeling the effect of chip size in kraft pulping. N. Agarwal; R. Gustafson; S. Arasakesarj. Paperi ja Puu – Paper and Timber 76(6/7): 410 – 416. (1994)

https://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=4177679 (Referência – em Inglês)

The vascular cambium: Its significance for improving fibre yield and quality. B. Ridoutt; R. Sands. Cooperative Research Centre for Hardwood Fibre and Paper Science. IUFRO CRC for Temperate Hardwood Forestry. 04 pp. (1995)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1995_Wood+formation+eucalyptus.pdf (em Inglês)

Correlação entre densidade básica e componentes químicos da madeira de *Pinus oocarpa*. M.L. Teixeira; L.M. Mendes. Revista O Papel (Novembro): 37 – 40. (1995)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1995_Correlazoes+Densidade+Quimica+Madeira.pdf (em Português)

Caracterização da variabilidade longitudinal da árvore visando à produção de celulose. C.J.G. Carneiro; C.A.S.A. Santos; V. Manfredi. 30º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. p.: 271 - 280. (1997)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/13_variabilidade%20longitudinal%20madeira%20e%20qualidade%20polpas.pdf (em Português)

Influência da idade nas características físicas, químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus grandis*. (*Influence of age on the physical, chemical and anatomical characteristics of the wood of Eucalyptus grandis*). P.F. Trugilho; L.M. Mendes; J.R.M. Silva; J.T. Lima. In: Conferência IUFRO sobre os Eucaliptos "Silvicultura & Melhoramento de Eucaliptos". Volume 3: 269-275. (1997)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1997_IdadeXQualidade+Madeira.pdf (em Português)

e

http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/170128/1/IufroConference....-v-3-com-ocr.pdf (em Português)

Capítulo de Livro: Chapter 5: **Chemical composition of fibers**. R.M. Rowell; J.K. Rowel. In: "Paper and Composites from Agro-based Resources", R.M. Rowell; R.A. Young; J.K. Rowell (Editores). p.: 83 – 134. (1997)

https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/pdf1997/han97a.pdf (em Inglês)

Introduction to plant structure. N.C. Arens; C. Strömberg; A. Thompson; R. Guralnick; B. Simison; B. Speer; A. Cordero. University of California. Museum of Paleontology. (1998)

https://ucmp.berkeley.edu/IB181/VPL/Ana/AnaTitle.html (em Inglês)

e

https://ucmp.berkeley.edu/IB181/VPL/Ana/Ana1.html (em Inglês)

Secondary xylem. J.D. Mauseth. Almerja.com. (1998)

https://almerja.com/reading.php?idm=66575 (em Inglês)

Livro: **Analytical methods in wood chemistry, pulping, and papermaking.** E. Sjöström; R. Alén; T.E. Timell (Editors). Springer Series in Wood Science. 318 pp. (1998)

https://books.google.com.br/books?id=F1kGCAAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false (em Inglês)

Eucalypt wood and pulp quality requirements oriented to the manufacture of tissue and printing and writing papers. C. Foelkel. 52nd APPITA Annual General Conference. Australian and New Zealand Pulp and Paper Industry Technical Association. (1998)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1998_APPITA+Conference_Eucalyptus+Original.pdf (Original – 06 pp. - em Inglês)

e

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1998_APPITA+Conference_Eucalyptus+Text01.pdf (Revisão e adaptação do texto – 11 pp. em Inglês)

Estudo da qualidade da madeira de *Pinus taeda* L. proveniente de árvores adultas atingidas por incêndio florestal. G. Bortoletto Júnior. Tese de Doutoramento. UFPR – Universidade Federal do Paraná. 190 pp. (1999)

https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/25310/T%20-%20BORTOLETTO%20JUNIOR,%20GERALDO.pdf?sequence=1 (em Português)

Considerações sobre a taxonomia, filogenia, ecologia, genética, melhoramento florestal e a fertilização mineral e seus reflexos na anatomia e qualidade da madeira. A.L. Pinheiro. SIF – Sociedade de Investigações Florestais. 144 pp. (1999)

https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=297000&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22PINHEIRO%22&qFacets=autoria:%22PINHEIRO%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=4 (Referência - em Português)

Livro: **Pulp and Paper Testing.** J.-E. Levlin; L. Söderhjelm. Papermaking Science & Technology Series. PI – Finnish Paper Engineer's Association; TAPPI – Technical Association of the Pulp and Paper Industry. 287 pp. (1999)

https://imisrise.tappi.org/TAPPI/Products/02/FIN/0202FIN17.aspx (Para aquisição – em Inglês)

e

https://www.puunjalostusinsinoorit.fi/site/assets/files/4218/vol17_pulp_and_paper_testing_toc.pdf (Índice do conteúdo do livro – em Inglês)

e

https://www.puunjalostusinsinoorit.fi/shop/volume-17-pulp-and-paper-testing/ (Para aquisição – em Inglês)

Elementos minerais em madeiras de eucaliptos e acácia negra e sua influência na indústria de celulose kraft branqueada. A. Freddo; C.E.B. Foelkel; S.M.B. Frizzo; M.C.M. Silva. Ciência Florestal 9(01): 193 - 209. (1999)

https://celso-foelkel.com.br/artigos/ciencia_florestal/elementos%20minerais%201999.pdf (em Português)

Variation in test results for kraft pulp wood chip evaluations. M.J.C. Riddell; R.P. Kibblewhite. Appita Journal 52(6): 454-459. (1999)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/12-%20kibblewhite.pdf (Uma cortesia do Dr. Paul Kibblewhite e da APPITA - em Inglês)

The ultrastructure of wood fibre surfaces as shown by a variety of microscopical methods: A review. I. Duschene; G. Daniel. 14(2): 129 – 139. (1999)

https://www.researchgate.net/publication/279891808_The_ultrastructure_of_wood_fibre_surfaces_as_shown_by_a_variety_of_microscopical_methods_-_A_review (em Inglês)

***Eucalyptus* wood quality requirements oriented to the manufacture of pulp and paper.** C. Foelkel. XII Silvotecna. CORMA – Corporación Chilena de la Madera. 19 pp. (1999)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/1999_Eucalyptus_Wood_Quality.pdf (em Inglês)

Livro: **Wood and cellulosic chemistry.** D.N.-S. Hon; N. Shiraishi (Editors). Marcel Dekker. CRC Press. 928 pp. (2000)

https://books.google.com.br/books?id=pKiTzbEDy1QC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false (em Inglês)

Capítulo de Livro: **Characterization and factors effecting fiber properties.** R.M. Rowell; J.S. Han; J.S. Rowell. In: "Natural Polymers and Agrofibers Composites". E. Frollini; A.L. Leão; L.H.C. Mattoso (Editores). 21 pp. (2000)

https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/pdf2000/rowel00b.pdf (em Inglês)

An improved method for analyzing resin acid in wood, pulp, process water, and effluent samples. G.M. Peng; J.C. Roberts. Tappi Journal 83(4): 80 – 81. (2000)

https://www.researchgate.net/publication/292652467_An_improved_method_for_analyzing_resin_acid_in_wood_pulp_process_water_and_effluent_samples (em Inglês)

Variability of heartwood content in plantation-grown *Eucalyptus globulus* Labill. J. Gominho; H. Pereira. Wood and Fiber Science 32(02): 189 – 195. (2000)

https://wfs.swst.org/index.php/wfs/article/download/580/580 (em Inglês)

Variation of microfibril angle, density and fibre orientation in twenty-nine *Eucalyptus nitens* trees. R. Evans; S. Stringer; R.P. Kibblewhite. Appita Journal 53(5): 450 – 457 (2000)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/File%2010.pdf (Uma cortesia do Dr. Paul Kibblewhite e da APPITA - em Inglês)

Amostragem de madeiras de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus globulus* para determinação de lignina Klason e extrativos totais. A. Guarienti; C.A.B. Rosa; C. Pedrazzi; G.V. Cardoso; M.C.H. Souza; C.E.B. Foelkel; S.M.B. Frizzo. 33º Congresso Internacional Anual. ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 11 pp. (2000)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/abtcp.%20para%20site%202000a.pdf (em Português)

Amostragem de madeiras de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus globulus* para determinação do teor de cinzas. G.V. Cardoso; C.A.B. Rosa; A. Guarienti; C. Pedrazzi; M.C.H. Souza; S.M.B. Frizzo; C.E.B. Foelkel. Forest 2000 - Sexto Congresso e Exposição Internacional sobre Florestas. 08 pp. (2000)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2000_FOREST_Amostragem_cinzas.pdf (em Português)

Variação das características das árvores de *Eucalyptus saligna* Smith em função da altura do tronco. C.A.B. Rosa; D.M.M. Flores; G.V. Cardoso; C.E.B. Foelkel; S.M.B. Frizzo. Simpósio de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. UFSM – Universidade Federal de Santa Maria. 13 pp. (2001)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Casca_arvores_simposio_PG2001.pdf (em Português)

e
https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2001_Variacao_qualidade_madeira.pdf (em Português)

Ligninas – Métodos de obtenção e caracterização química. E.O.S. Saliba; N.M. Rodriguez; S.A.L. Morais; D. Piló-Veloso. Ciência Rural 31(5): 917 – 928. (2001)

https://www.scielo.br/pdf/cr/v31n5/a31v31n5.pdf (em Português)

Adequação de metodologia amostral de madeira de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus globulus* para determinação do teor de cinzas. G.V. Cardoso; C.A.B. Rosa; A.F. Guarienti; C. Pedrazzi; M.C.H. Souza; S.M.B. Frizzo; C.E.B. Foelkel. 34º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 08 pp. (2001)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/abtcp.%20para%20site%202001a.pdf (em Português)

Recent advances in lignin chemistry. D.S. Argyropoulos. 7th Symposium on the Chemistry of Lignins and Other Wood Components. 09 pp. (2001)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2001_Lignin+Chemistry+Advances.pdf (em Inglês)

Unravelling cell wall formation in the woody dicot stem. E.J. Mellerowicz; M. Baucher; B. Sundberg; W. Boerjan. Plant Molecular Biology 47: 239 – 274. (2001)

https://www.researchgate.net/publication/225902156_Unraveling_cell_wall_formation_in_the_woody_dicot_stem (em Inglês)

Formation and properties of juvenile wood in Southern pines: A synopsis. P.R. Larson; D.E. Kretschmann; A. Clark III; J.G. Isebrands. Forest Products Laboratory. General Technical Report FPL-GTR–129. 46 PP. (2001)

https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplgtr/fplgtr129.pdf (em Inglês)

Lignification and lignin topochemistry: An ultrastructural view. L.A. Donaldson. Phytochemistry 57: 859 – 873. (2001)

https://www.researchgate.net/publication/11917644_Lignification_and_lignin_topochemistry_-_An_ultrastructural_view (em Inglês)

Wood formation in trees. C. Plomion; G. Leprovost; A. Stokes. American Society of Plant Physiologists. Plant Physiology. Volume 127. 11 pp. (2001)

http://www.plantphysiol.org/content/plantphysiol/127/4/1513.full.pdf (em Inglês)

Nós na madeira. J.C. Silva. REMADE – Revista da Madeira nº 59. (2001)

http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=17 (em Português)

Livro: **Comparative wood anatomy: Systematic, ecological, and evolutionary aspects of dicotyledon wood.** S.J. Carlquist. Springer Science & Business Media. 448 pp. (2001)

https://books.google.com.br/books?id=oHz1CAAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false (em Inglês)

The pulping of wood. A chemical challenge. G. Gellerstedt. 7th Symposium on the Chemistry of Lignins and Other Wood Components. 11 pp. (2001)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2001_Pulping+Wood_Chemical+Challenge.pdf (em Inglês)

Melhoramento genético para a qualidade da madeira. Revista da Madeira nº 59. (2001)

http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=21&subject=Pesquisa&title=Melhoramento%20Gen%E9tico%20para%20a%20Qualidade%20da%20Madeira (em Português)

Determination of hexenuronic acid and residual lignin in pulps by UV spectroscopy in cadoxen solutions. D.V. Evtuguin; A. Daniel; C. Pascoal Neto. Journal of Pulp and Paper Science 28(6): 189 - 192. (2002)

https://www.researchgate.net/publication/285676571_Determination_of_hexenuronic_acid_and_residual_lignin_in_pulps_by_UV_spectroscopy_in_cadoxen_solutions (em Inglês)

Hexenuronic acid groups in pulping and bleaching. Z.-H. Jiang; B. van Lierop; R. Berry. 35º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 18 pp. (2002)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2002_HexsAcds_Chemistry.pdf (em Inglês)

Klason lignin: Modifications to improve the precision of the standardized determination. M. Schwanninger; B. Hinterstoisser. Holzforschung 56(2): 161 - 166. (2002)

https://www.researchgate.net/publication/224876010_Klason_Lignin_Modifications_to_Improve_the_Precision_of_the_Standardized_Determination (em Inglês)

Heartwood formation and natural durability. A review. A.M. Taylor; B.L. Gartner; J.I. Morrell. Wood and Fiber Science 34(04): 587 – 611. (2002)

https://wfs.swst.org/index.php/wfs/article/download/539/539 (em Inglês)

Understanding wood formation: Gains to commercial forestry through tree-ring research. G.M. Downes; R. Wimmer; R. Evans. Dendrochronology 20(1/2): 37 - 51. (2002)

https://www.researchgate.net/publication/222210625_Understanding_wood_formation_Gains_to_commercial_forestry_through_tree-ring_research (em Inglês)

Understanding the role of the cytoskeleton in wood formation in angiosperm trees: Hybrid aspen (*Populus tremula* × *P. tremuloides*) as the model species. N. Chaffey; P. Barlow; B. Sundberg. Tree Physiology 22: 239 – 249. (2002)

https://academic.oup.com/treephys/article-pdf/22/4/239/4659092/22-4-239.pdf (em Inglês)

Caracterização químico-qualitativa das variedades populares da bracatinga (*Mimosa scabrella* Bentham). F.J. Fabrowski; T. Nakashima; G.I.B. Muñiz; M.C.M. Mazza; U. Klock. Boletim de Pesquisa Florestal 44: 13 – 28. (2002)

https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPF-2009-09/31578/1/fabrowski.pdf (em Português)

Resumo: **Caracterização química da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden.** E.Z. Mocelin; A.S. Andrade; J.R.M. Silva; G.I.B. Muñiz; U. Klock. XI Encontro Anual de Iniciação Científica. Universidade Estadual de Maringá. 01 pp. (2002)

https://pt.scribd.com/document/52435334/11-2218-0 (em Português)

Efeito das características anatômicas e químicas na densidade básica da madeira e na qualidade da polpa de clones hibridos de *Eucalyptus grandis x urophylla.* S.C.S. Queiroz. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 91 pp. (2002)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/3216/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Português)

Acetyl content determination using different analytical techniques. E. Beckers; M. van der Zee; C. Sander; F. Bougers. European Confererence on Wood Modification. 21 pp. (2003)

https://www.researchgate.net/publication/270043345_Acetyl_content_determination_using_different_analytical_techniques (em Inglês)

Livro: **Wood quality and its biological basis.** J. Barnett; G. Jeronimidis (Editors). Blackwell Publising. CRC Press. 240 pp. (2003)

https://books.google.com.br/books?id=NhwSMryGzY0C&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false (em Inglês)

e

http://www.gbv.de/dms/goettingen/355907852.pdf (Índice do livro – em Inglês)

Capítulo de Livro. Chapter 3: **Wood chemistry in relation to quality.** H. Pereira; J. Graça; J.C. Rodrigues. In: "Wood Quality and its Biological Basis". p.: 53 – 83. (2003)

https://books.google.com.br/books?hl=en&lr=&id=NhwSMryGzY0C&oi=fnd&pg=PA53&dq=info:MTswbfVLHogJ:scholar.google.com&ots=9_NmGxJDPm&sig=UhQBGfucSJn_SomdMUljGXAWx3s&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false (em Inglês)

e

https://www.researchgate.net/publication/250459397_Wood_Chemistry_in_Relation_to_Quality (em Inglês)

Determination of carboxyl groups in wood fibers by headspace gas chromatography. X.-S. Chai; Q.X. Hou; J.Y. Zhu; S-L. Che; S.F. Wang; L. Lucia. 12th International Symposium on Wood and Pulping Chemistry. 05 pp. (2003)

https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/pdf2003/chai03b.pdf (em Inglês)

Chemical and structural changes during heartwood formation in *Pinus sylvestris*. B. Bergström. Forestry 76(01): 45 – 53. (2003)

https://academic.oup.com/forestry/article/76/1/45/516304 (em Inglês)

Aspectos de qualidade da madeira relacionados à polpação alcalina. F.G. Silva Jr. Seminário sobre "Produção de Papel de Fibra Longa". ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 92 slides. (2003)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2003_Qualidade+Madeira_Francides+Gomes.pdf (em Português)

Estudo da composição química de madeiras de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus globulus spp maideni* em diferentes regiões do tronco. E.R. Reis; A. Guarienti; C. Pedrazzi; M.C.H. Souza; C.A.B. Rosa; G. Cardoso; S.M.B. Frizzo; C.E.B. Foelkel. 36º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 08 pp. (2003)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/abtcp.%20para%20site%202003a.pdf (em Português)

Poster: **Estudo da composição química de madeiras de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus globulus spp maideni* em diferentes regiões do tronco.** E.R. Reis; C. Pedrazzi; A. Guarienti; M.C.H. Souza; C.A.B. Rosa; G. Cardoso; S.M.B. Frizzo; C.E.B. Foelkel. 36º. Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Poster. 01 pp. (2003)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2003_Variabilidade+Tronco.pdf (em Português)

Topochemical investigations on delignification of *Picea abies* [L.] Karst during alkaline sulfite (ASA) and bisulfite pulping by scanning UV microspectrophotometry. G. Koch; B. Rose; R. Patt; O. Kordsachia. Holzforschung 57: 611 – 618. (2003)

https://www.researchgate.net/publication/249925112_Topochemical_Investigations_on_Delignification_of_Picea_abies_L_Karst_during_Alkaline_Sulfite_ASA_and_Bisulfite_Pulping_by_Scanning_UV_Microspectrophotometry (em Inglês)

Lignin: Genetic engineering and impact on pulping. M. Baucher; C. Halpin; M. Petit-Conil; W. Boerjan. Critical Reviews in Biochemistry and Molecular Biology 38: 305 – 350. (2003)

https://www.researchgate.net/publication/274042186_Lignin_Genetic_Engineering_and_Impact_on_Pulping (em Inglês)

Anatomia, química e propriedades das madeiras brasileiras e suas fibras. J.L. Gomide. Curso de Especialização ABTCP/UFV. Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel; Universidade Federal de Viçosa. Apresentação em PowerPoint: 68 slides. (2003)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2003_Apostila_Qualidade_madeira.pdf (em Português)

Efeito das características anatômicas e químicas na densidade básica da madeira e na qualidade da polpa de clones hibridos de *Eucalyptus grandis x urophylla.* S.C.S. Queiroz; J.L. Gomide. Revista O Papel (Junho): 79 - 84. (2003)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2003_Simone_Queiroz.pdf (em Português)

Importância da densidade e do teor de carboidratos totais da madeira de eucalipto no desempenho da linha de fibra. A. Mokfienski; J.L. Gomide; J.L. Colodette; R.C. Oliveira. 1st ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 14 pp. (2003)

https://www.eucalyptus.com.br/icep01/alfredo_mokfienski.pdf (em Português)

Efecto de la duraminización del *Eucalyptus nitens* en pulpaje kraft. S. Mariani A.; M. Torres U.; A. Fernández R.; E. Morales. Celulosa y Papel 21(5): 36 – 41. (2003)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2003_Duraminizacion_E.nitens.pdf (em Espanhol)

Influência da densidade básica da madeira na qualidade da polpa kraft de clones híbridos de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden X *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. S.C.S. Queiroz; J.L. Gomide; J.L. Colodette; R.C. Oliveira. Revista Árvore 28(6): 901 – 909. (2004)

https://www.scielo.br/pdf/rarv/v28n6/23992.pdf (em Português)

Derivatização de celulose sob condições homogêneas de reação. N.T. Ruiz. Dissertação de Mestrado. USP – Universidade de São Paulo. 121 pp. (2004)

https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/46/46135/tde-15092016-113953/publico/Naiara_Torres_Ruiz_Mestrado.pdf (em Português)

Histochemical study on heterogeneity of lignin in *Eucalyptus* species. II. The distribution of lignins and polyphenols in the walls of various cell types. Y. Watanabe; Y. Kojima; T. Ona; T. Asada; Y. Sano; K. Fukazawa; R. Funada. IAWA Journal 25(3): 283 – 295. (2004)

https://brill.com/downloadpdf/journals/iawa/25/3/article-p283_3.xml (em Inglês)

e

https://www.researchgate.net/publication/228554619_Histochemical_study_on_heterogeneity_of_lignin_in_Eucalyptus_species_II_The_distribution_of_lignins_and_polyphenols_in_the_walls_of_various_cell_types (em Inglês)

Determinación de factores ambientales para el crecimiento de dos hongos (*Lentinus esdodes* y *Stereum hirsutum*) y su acción biodegradante sobre la madera de *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus.* J.M. Ruiz Kunstmann. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidad de Chile. 100 pp. (2004)

http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/105052/ruiz_j.pdf?sequence=3&isAllowed=y (em Espanhol)

Cellular UV-microspectrophotometric investigations on pine wood (*Pinus taeda* and *Pinus elliottii*) delignification during biopulping with *Ceriporiopsis subvermispora* (Pilát) Gilbn. & Ryv. and alkaline sulfite/anthraquinone treatment. R. Mendonça; A. Ferraz; O. Kordsachia; G. Koch. Wood Science Technology 38: 567–575. (2004)

https://www.researchgate.net/publication/226385361_Cellular_UV-microspectrophotometric_investigations_on_pine_wood_Pinus_taeda_and_Pinus_elliottii_delignification_during_biopulping_with_Ceriporiopsis_subvermispora_Pilt_Gilbn_Ryv_and_alkaline_sulfitean (em Inglês)

Topochemical characterization of lignins and phenolic extractives in wood cell walls. G. Koch. Lenzinger Berichte, 83: 06 – 12. (2004)

https://www.researchgate.net/publication/285640438_Topochemical_characterization_of_lignins_and_phenolic_extractives_in_wood_cell_walls (em Inglês)

Importância relativa da densidade básica e da constituição química de madeira de *Eucalyptus spp.* no rendimento, branqueabilidade e qualidade da polpa kraft. A. Mokfienski. Tese de Doutorado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 153 pp. (2004)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/519/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Português)

Occurrence and lignification of libriform fibers in normal and tension wood of red and sugar maple. I. Vazquez-Cooz; R.W. Meyer. Wood and Fiber Science 36(1): 56 – 70. (2004)

https://wfs.swst.org/index.php/wfs/article/viewFile/2012/2012 (em Inglês)

Relative importance of *Eucalyptus* wood density and carbohydrate content on pulping yield and product quality. J.L. Colodette; A. Mokfienski; J.L. Gomide; R.C. Oliveira. 2004 China International Papermaking & Environmental Conference. Apresentação em PowerPoint: 42 slides. (2004)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2004_Eucalyptus_wood_quality.pdf (em Inglês)

Caracterização da madeira de tração em *Eucalyptus grandis* e sua influência na produção de polpa celulósica. L.C. Sousa. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 93 pp. (2004)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/3057/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Português)

Caracterização da madeira de árvores de *Eucalyptus grandis*, *E. saligna* e *E. grandis x urophylla*. S.B. Arango Alzate. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 151 pp. (2004)

https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-13012005-165158/publico/sandra.pdf (em Português)

Current techniques and prospects for the clonal propagation of hardwoods with emphasis on *Eucalyptus.* T.F. Assis; A.G. Fett-Neto;

A.C. Alfenas. Plantation Forest Biotechnology for the 21st Century: 303 – 333. (2004)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Arquivo%2017.pdf (em Inglês)

Material de Curso: **Matérias-primas fibrosas e química da madeira.** A. Mokfienski. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 40 slides. (2004)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2004_Materias+Primas+Fibrosas_Quimica+%20Madeira.pdf (em Português)

Características tecnológicas da madeira de árvores matrizes de *Eucalyptus grandis.* C.R. Haselein; M.C. Lopes; E.J. Santini; S.J. Longhi; S. Rosso; D.L.G. Fernandes; L.F. Menezes. Ciência Florestal 14(2): 145 – 155. (2004)

https://www.scielo.br/pdf/cflo/v14n2/1980-5098-cflo-14-02-00145.pdf (em Português)

Bioquímica da lignificação de células xilemáticas. M.B.O. Monteiro; R.P.W. Pereira; H.S. Abreu. Flor@m – Floresta & Ambiente 11(02): 48 – 57. (2004)

http://www.if.ufrrj.br/biolig/artigos_publicados/Bioqu%C3%ADmica%20da%20lignifica%C3%A7%C3%A3o%20de%20c%C3%A9lulas%20xilem%C3%A1ticas.pdf (em Português)

Avaliação do processo SuperBatch de polpação para *Pinus taeda*. F.S.R. Vasconcelos. Dissertação de Mestrado. USP – Universidade de São Paulo. 105 pp. (2005)

https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-20191218-174612/publico/VasconcelosFernandoSoaresRibeiro.pdf (em Português)

Variación de la composición química en albura, duramen y altura de madera pulpable de *Eucalyptus globulus* proveniente de Monte Alto y Monte Bajo. G.L. Barahona Olmos. Memória de Conclusão de Curso. Universidad de Chile. 87 pp. (2005)

http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/105057/barahona_g.pdf?sequence=3&isAllowed=y (em Espanhol)

Cerne e borne: Factores de variação da qualidade tecnológica das árvores. J. Gominho; S. Knapic; H. Pereira. 5º Congresso Florestal Nacional. 10 pp. (2005)

https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/662/1/Congress5-H.Pereira-cerne.pdf

e

https://www.researchgate.net/publication/277226394_Cerne_e_borne_-_factores_de_variacao_da_qualidade_tecnologica_das_arvores (em Português)

Composição química de extrativos lipofílicos e polares de madeira de *Eucalyptus grandis.* L.C.A. Barbosa; C.R.A. Maltha; M.P. Cruz. Revista Ciência & Engenharia 15(2): 13 – 20. (2005)

http://www.seer.ufu.br/index.php/cieng/article/view/540/2684 (em Português)

Instruções para coleta de amostras de madeira destinadas a processos de análises químicas laboratoriais. L.E.G. Barrichelo; J.O. Brito; F.G. Silva Júnior. IPEF – Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. 03 pp. (2005)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2005_Intruzoes+Coleta+Madeira+Analises.pdf (em Português)

A estocagem da madeira e suas relações com extrativos e *pitch*. A.F. Milanez; L.C.A. Barbosa; M.P. Cruz. 38º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 21 pp. (2005)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2005_Estocagem+Madeira+Pitch.pdf (em Português)

Apostila de Curso. **Química da madeira.** U. Klock; G.I.B Muñiz; J.A. Hernandez; A.S. Andrade. UFPR – Universidade Federal do Paraná. 3ª Edição Revisada. 86 pp. (2005)

http://mariloureiro.net/ciencia/biomass/quimicadamadeira.pdf (em Português)

Análise da madeira de *Pinus oocarpa.* Parte I – Estudo dos constituintes macromoleculares e extrativos voláteis. S.A.L. Morais; E.A. Nascimento; D.C. Melo. Revista Árvore 29(03): 461 – 470. (2005)

https://www.scielo.br/pdf/rarv/v29n3/a14v29n3.pdf (em Português)

Análise da madeira do *Pinus oocarpa.* Parte II – Caracterização estrutural da lignina de madeira moída. S.A.L. Morais; E.A. Nascimento; D.C. Melo. Revista Árvore 29(03): 471 – 478. (2005)

https://www.scielo.br/pdf/rarv/v29n3/a15v29n3.pdf (em Português)

Capítulo de Livro: **Structure and function of wood.** A.C. Wiedenhoeft; R.B. Miller. In: "Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites". R.M. Rowell (Editor). p.: 09 – 33. (2005)

https://www.researchgate.net/publication/237823123_2_Structure_and_Function_of_Wood (em Inglês)

The cell wall ultrastructure of wood fibres: Effects of the chemical pulp fibre line. J. Fahlén. KTH – Royal Institute of Technology. 60 pp. (2005)

https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:7109/FULLTEXT01.pdf (em Inglês)

Caracterização química e tecnológica da madeira de tração em árvores de *Eucalyptus grandis*. L.C. Sousa; J.L. Gomide; R.M.D. Lucia. 38º Congresso e Exposição Internacional de Celulose e Papel. ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 15 pp. (2005)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2005_Madeira_Tracao.pdf (em Português)

Química da madeira de *Eucalyptus globulus*: Especificidades e impacto nos processos de cozimento e de branqueamento. C. Pascoal Neto; D. Evtuguin; P. Pinto; A. Silvestre; C. Freire. Tecnicelpa - Associação Portuguesa dos Técnicos das Indústrias de Celulose e Pape. 10 pp. (2005)

https://www.tecnicelpa.com/files/CozimentoBranqueamento.pdf (em Português)

Non-destructive estimation of wood chemical composition of sections of radial wood strips by diffuse reflectance Near Infrared Spectroscopy. P.D. Jones; L.R. Schimleck; G.F. Peter; R.F. Daniels; A. Clark III. Wood Science and Technology 40: 709 – 720. (2006)

https://www.srs.fs.usda.gov/pubs/ja/ja_clark027.pdf (em Inglês)

Evaluating growth strain of *Eucalyptus globulus* Labill. from SilviScan measurements. J.L. Yang; H. Baille; R. Evans; G. Downes. Holzforschung 60: 574 – 579. (2006)

https://www.researchgate.net/publication/237971630_Evaluating_growth_strain_of_Eucalyptus_globulus_Labill_from_SilviScan_measurements (em Inglês)

Metodologia de extração e determinação do teor de extrativos em madeiras de eucalipto. F.O. Silvério; L.C.A. Barbosa; J.L. Gomide; F.P. Reis; D. Piló-Veloso. Revista Árvore 30(6):1009 – 1016. (2006)

https://www.scielo.br/pdf/rarv/v30n6/a16v30n6.pdf (em Português)

Composição química da madeira de espécies de eucalipto. A.S. Magaton; R. Oliveira; O.R. Lopes; F.R. Milagres; D. Piló-Veloso; J.L. Colodette**.** 29ª Reunião Anual. Sociedade Brasileira de Química. 01 pp. (2006)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2006_Composizao_Quimica+Madeira+Eucaliptos.pdf (em Português)

e

http://www.sbq.org.br/29ra/ (em Português)

Composição química da madeira de *Eucalyptus citriodora* em função das direcções estruturais. E.T.D. Severo; F.W. Calonego; C.A. Sansígolo. Silva Lusitana 14(1): 113 – 126. (2006)

http://www.scielo.mec.pt/pdf/slu/v14n1/v14n1a09.pdf (em Português)

Livro: **Characterization of the cellulosic cell wall.** D.D. Stokke; L.H. Groom. Blackwell Publishing. 296 pp. (2006)

https://books.google.com.br/books?id=dww50MJ87FoC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false (em Inglês)

O proteoma da madeira. O uso da proteômica no estudo da formação da madeira. A. Andrade; P.A.F. Celodón; C.A. Labate. Biotecnologia. Ciência & Desenvolvimento 9(36): 10 - 17. (2006)

https://www.researchgate.net/publication/315474828_O_proteoma_da_madeira (em Português)

The wood cell wall at the ultrastructural scale: Formation and topochemical organization. K. Ruel; V. Chevalier-Billosta; F. Guillemin; J.B. Sierra; J.-P. Joseleau. Maderas. Ciencia y Tecnología 8(02): 107 – 116. (2006)

https://scielo.conicyt.cl/pdf/maderas/v8n2/art04.pdf (em Inglês)

Métodos de análise em química da madeira. (Métodos de análise química utilizados no Laboratório de Química da Madeira do Departamento de Produtos Florestais do Instituto de Florestas da UFRRJ). H.S. Abreu; A.M. Carvalho; M.B.O. Monteiro; R.P.W. Pereira; H.R. Silva; K.C.A. Souza; K.F. Amparado; D.B. Chalita. Floresta e Ambiente Série Técnica (Janeiro). 20 pp. (2006)

http://www.if.ufrrj.br/biolig/artigos_publicados/M%C3%A9todos%20de%20an%C3%A1lise%20em%20qu%C3%ADmica%20da%20madeira.pdf (em Português)

e

https://app.periodikos.com.br/article/587fb4d30e88251a6ab65ffe/pdf/stfloram-0-1.pdf (em Português)

Variação da densidade básica no sentido medula-casca e ao longo da circunferência do tronco, em secções transversais de *Pinus caribaea* com lenho de reação. L.D. Santa Rosa. Monografia de Conclusão de Curso. UFRRJ – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 49 pp. (2006)

http://rima.im.ufrrj.br:8080/jspui/bitstream/1235813/1564/1/Monografia%20Luciana%20Diniz%20de%20Santa%20Rosa.pdf (em Português)

Aspectos relevantes para o processamento de madeira para produção de celulose. J.M. Almeida. ABTCP/TAPPI 39º Congresso Internacional de Celulose e Papel. Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel; Technical Association of the Pulp and Paper Industry. Apresentação em PowerPoint: 39 slides. (2006)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2006_Aspectos+Madeira_ABTCP+TAPPI.pdf (em Português)

Livro: **Esau's plant anatomy. Meristems, cells, and tissues of the plant body: Their structure, function, and development.** K. Esau. Atualização: R.F. Evert; S.E. Eichhorn. Wiley Interscience. (2006)

https://www.researchgate.net/profile/Arvind_Singh56/post/What_will_be_the_fundamental_books_and_publications_for_understanding_plant_anatomy/attachment/59d633a379197b80779914ef/AS:375610472976384@1466563923231/download/2.pdf (Livro completo – 63 pp. - em Inglês)

e

https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/0470047380.fmatter (Resumo e conteúdo - em Inglês)

e

https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/0470047380 (Descrição do livro - em Inglês)

Capítulo de Livro: **Wood properties.** R. Jagels. In:"Management of Wood Properties in Planted Forests. A paradigm for global forest production". FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2006)

http://www.fao.org/3/j8289e/J8289E05.htm#P198_22424 (em Inglês)

***Eucalyptus* wood characteristics. Brazilian pulping industry.** J.L. Gomide. TAPPI *Eucalyptus* Tutorial. Technical Association of the Pulp and Paper Industry. Apresentação em PowerPoint: 36 slides. (2006)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Arquivo%2006%20-TAPPI%20Tutorial2.pdf (Uma cortesia do professor Dr. José Lívio Gomide e da TAPPI - em Inglês)

Determinação da relação siringila/guaiacila em ligninas de *Eucalyptus spp*. por pirólise associada à cromatografia gasosa e à espectrometria de massas. C.R. Marcelo. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 78 pp. (2007)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/2182/1/texto%20completo.pdf (em Português)

Estimativa da idade de segregação do lenho juvenil e adulto para *Platanus x acerifolia* (Ait.) Willd. D.A. Gatto; C.R. Haselein; E.A. Buligon; L. Calegari; D.M. Stangerlin; L.S. Oliveira. Revista Cerne 13(04): 393 – 398. (2007)

https://www.researchgate.net/publication/237039601_Estimativa_da_idade_de_segregacao_do_lenho_juvenil_e_adulto_para_Platanus_x_acerifolia_Ait_Willd (em Português)

Pulp quality – Not only chemistry. P. Tikka. 3rd International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. Apresentação em PowerPoint: 30 slides. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/icep03/111Tikka.ppt.pdf.pdf (em Inglês)

Ultrastructural characterization (morphological and topochemical) of wood pulp fibres: Effects of mechanical and kraft processes. D. Fernando. Tese de Doutorado. Swedish University of Agricultural Sciences. 56 pp. (2007)

https://pub.epsilon.slu.se/1367/1/Thesis_DF_Final_.pdf (em Inglês)

Heartwood and sapwood variation in *Eucalyptus globulus* Labill. trees at the end of rotation for pulpwood production. M.C. Morais; H. Pereira. Annals of Forest Science 64: 665 - 671. (2007)

https://www.afs-journal.org/articles/forest/pdf/2007/06/f7069.pdf (em Inglês)

The top ten factors in kraft pulp yield. M. MacLeod. Paperi ja Puu - Paper and Timber 89(7/8): 417 - 423. (2007)

http://kraftpulpingcourse.knowledgefirstwebsites.com/f/Top_Ten.pdf (em Inglês)

Livro: **Cellulose: Molecular and structural biology. Selected articles on the synthesis, structure, and applications of cellulose.** R.M. Brown Jr. Brown; I.M. Saxena (Editors). Springer Science Series. 379 pp. (2007)

https://books.google.com.br/books?id=1PwCeG0GYiwC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false (em Inglês)

Characterization of cellulose- and lignin-based materials using X-ray scattering methods. U. Vainio. University of Helsinki. Report Series in Physics HU-P-D145. 46 pp. (2007)

https://core.ac.uk/download/pdf/14918756.pdf (em Inglês)

Capítulo de Livro: **Lignin.** D. Argyropoulos; S.B. Menachem. In: ”Biopolymers from Renewable Resources”. 32 pp. (2007)

https://link.springer.com/chapter/10.1007%2FBFb0102073 (Resumo – em Inglês)

e

https://www.researchgate.net/publication/225684350_Lignin (em Inglês)

New insights into *Eucalyptus* lignin & pulping chemistry. A. Guerra; I. Filpponen; L.A. Lucia; D.S. Argyropoulos. 3rd ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/icep03/130Argyropoulos.text.pdf (Texto: 12 pp. - em Inglês)

e

https://www.eucalyptus.com.br/icep03/131Argyropoulos.ppt.pdf (Apresentação em PowerPoint: 32 slides – em Inglês)

Forward genomics in *Eucalyptus*: From phenotypes to genes involved in wood formation. D. Grattapaglia. 3rd ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/icep03/150Grattapaglia.text.pdf (Texto: 08 pp. - em Inglês)
e
https://www.eucalyptus.com.br/icep03/151Grattapaglia.ppt.pdf (Apresentação em PowerPoint: 61 slides – em Inglês)

Qualidade macroscópica da madeira de *Pinus elliottii*, *Pinus taeda* e *Araucaria angustifolia* oriundas de reflorestamentos jovens. M.F. Barboza; D.A. Gatto; L. Oliveira; M.T. Müller; L. Calegari; D.M. Stangerlin; R. Trevisan. XVI CIC – Congresso de Iniciação Científica. IX ENPOS – Encontro de Pós-Graduação. 04 pp. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2007_3+Coniferas+Madeiras.pdf (em Português)

Control of cell wall component biosynthesis in wood formation. V.L. Chiang. 3rd ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 03 pp. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/icep03/10Chiang.text.pdf (em Inglês)

Recent advances in *Eucalyptus* wood chemistry: Structural features through the prism of technological response. D.V. Evtuguin; C. Pascoal Neto. 3rd ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/icep03/20Evtuguin.text.pdf.pdf (Texto: 12 pp. - em Inglês)

e

https://www.eucalyptus.com.br/icep03/21Evtuguin.ppt.pdf.pdf (Apresentação em PowerPoint: 39 slides – em Inglês)

Advances in *Eucalyptus* fiber properties and paper products. C. Foelkel. 3rd International *Colloquium* in *Eucalyptus* Pulp. (2007)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Advances%20in%20euca%20fiber.pdf (Texto: 06 pp. - em Inglês)

e

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Palestras/Advances%20in%20eucalyptus%20fiber%20properties%20and%20paper%20products.pdf (Apresentação em PowerPoint: 68 slides - em Inglês)

From forest to product: New solutions for rapid, comprehensive wood and fibre analyses. G.E. Sherson; K.L. Woo; H.F. Jang; S. Huntley; J. Drummond; V. Lawrence; F.G. Silva Jr. 3rd ICEP - International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/icep03/430Sherson.text.pdf (Texto: 12 pp. - em Inglês)

e

https://www.eucalyptus.com.br/icep03/431Sherson.ppt.pdf (Apresentação em PowerPoint: 32 slides – em Inglês)

Material de Curso: **Estrutura anatômica e qualidade da madeira.** J.L. Gomide. Curso de Especialização ABTCP/UFV. Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel; Universidade Federal de Viçosa. Apresentação em PowerPoint: 272 slides. (2007)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Arquivo%2002%20-%20Anat%F4mia_e_Qualidade_e_da_Madeira-Agosto2007.pdf (em Português)

Ultrastructural characterization (morphological and topochemical) of wood pulp fibres: Effects of mechanical and kraft processes. D. Fernando. Tese de Doutorado. Swedish University of Agricultural Sciences. 56 pp. (2007)

https://pub.epsilon.slu.se/1367/1/Thesis_DF_Final_.pdf (em Inglês)

As fibras dos eucaliptos e as qualidades requeridas na celulose kraft para a fabricação de papel. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 03. 48 pp. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/capitulos/PT03_fibras.pdf (em Português)

The *Eucalyptus* fibers and the kraft pulp quality requirements for paper manufacturing. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Chapter 03. 42 pp. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/capitulos/ENG03_fibers.pdf (em Inglês)

Determinação da relação siringila/guaiacila da lignina em madeiras de eucalipto por pirólise acoplada à cromatografia gasosa e espectrometria de massas (PI-CG/EM). L.C.A. Barbosa; C.R.A. Maltha; V.L. Silva; J.L. Colodette. Química Nova 31(8): 2035 – 2041. (2008)

https://www.scielo.br/pdf/qn/v31n8/23.pdf (em Português)

Relationships and estimates of longitudinal growth stress in *Eucalyptus dunnii* at different ages. P.F. Trugilho; J.T.S. Oliveira. Revista Árvore 32(4): 723 – 729. (2008)

https://www.scielo.br/pdf/rarv/v32n4/a14v32n4.pdf (em Inglês)

Determinação do teor de sílica em madeira por espectroscopia de absorção atômica de chama versus espectroscopia no ultravioleta visível. L.C. Rodrigues; M.A.E. Santana. Ciência Florestal 18(2): 259 – 264. (2008)

https://www.scielo.br/pdf/cflo/v18n2/1980-5098-cflo-18-02-00259.pdf (em Português)

Livro: **Physiology of woody plants.** S.G. Pallardy. Academic Press. Elsevier. 469 pp. (2008)

https://www.uv.mx/personal/tcarmona/files/2019/02/Pallardy-2008.pdf (em Inglês)

Caracterização de extrativos de madeira de *Eucalyptus* e depósitos de *pitch* envolvidos na fabricação de celulose e papel. F.O. Silvério. Tese de Doutorado. UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais. 180 pp. (2008)

https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/SFSA-85YUWY/1/tese_flaviano_oliveira_silverio.pdf (em Português)

Influência dos extrativos e da relação cerne/alburno nas análises da madeira por espectroscopia de infravermelho próximo para produção de celulose. O.R. Lopes. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 103 pp. (2008)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/3049/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Português)

Material de Curso: **Estrutura e química da parede celular.** U. Klock. Disciplina "Química da Madeira. UFPR – Universidade Federal do Paraná. Apresentação em PowerPoint: 29 slides. (2008)

http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasklock/quimicadamadeira/Quimica%20da%20parede%20celular2008.ppt (em Português)

Influência do teor e da relação S/G da lignina da madeira no desempenho da polpação kraft.(*Influence of content and S/G relation of the wood lignin on kraft pulping performance*). F.J.B. Gomes; A.F.G. Gouvea: J.L. Colodette, J.L. Gomide; A.M.M.L. Carvalho; P.F. Trugilho; C.M. Gomes; A.M. Rosado. Revista O Papel 69(12): 95 - 105. (2008)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/10_rela%E7%E3o%20sg.pdf (em Português e Inglês)

O impacto da relação siringil/guaiacil na polpação kraft de *Eucalyptus*. F.J.B. Gomes; J.L. Colodette; A.F.G. Gouvêa; P.F. Trugilho; C.M. Gomes; A.M.L. Macedo. 41º Congresso Internacional de Celulose e Papel. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 10 pp. (2008)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2008_ABTCP_Relacao+Siringil+Guaiacil.pdf (em Português)

Estudio preliminar de las grietas internas en anillos de madera inicial y su relación con características de la estructura anatómica y densidad en *Eucalyptus nitens*. L.L. Zúñiga; R.A. Ananías; A. Cloutier; J.E. Díaz Vaz; M. Bermedo; R. Sanhueza; J.P. Lasserre. Interciencia 33(11): 829 – 834. (2008)

https://www.researchgate.net/publication/289150402_Preliminary_study_of_internal_checks_within_growth-rings_and_their_relationship_with_anatomical_features_and_density_in_Eucalyptus_nitens (em Espanhol)

Anatomia da madeira do *Pinus*. E. Foelkel. Colaboração: C. Foelkel. PinusLetter nº 01. (2008)

https://www.celso-foelkel.com.br/pinus_01.html#seis (em Português)

Anéis de crescimento e sua importância para a qualidade e uso da madeira do *Pinus*. E. Foelkel. Colaboração: C. Foelkel. PinusLetter nº 07. (2008)

https://www.celso-foelkel.com.br/pinus_07.html#cinco (em Português)

A importância relativa da densidade da madeira e do teor de carboidratos no rendimento de polpa e na qualidade do produto. A. Mokfienski; J.L. Colodette; J.L. Gomide; A.M.L. Carvalho. Ciência Florestal 18(3): 401 – 413. (2008)

http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/cienciaflorestal/article/download/451/348 (em Português)

***Eucalyptus* wood quality and its impact on kraft pulp production and utilization.** J. L. Colodette; A. Magaton; A.F. Gomes; J.L. Gomide; P.H.D. Morais. Towards Understanding Wood, Fibre and Paper – Deeper Knowledge through Modern Analytical Tools. Apresentação em PowerPoint: 52 slides. (2008)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2008_Eucalyptus_wood_quality.pdf (em Inglês)

Caracterização das *O*-acetil-(4-*O*-metilglicurono) xilanas isoladas da madeira de *Eucalyptus urograndis.* A.S. Magaton; D. Piló-Veloso; J.L. Colodette. Revista Química Nova 31(05): 1085 – 1088. (2008)

https://www.scielo.br/pdf/qn/v31n5/a27v31n5.pdf (em Português)

Microfibril angle: Measurement, variation and relationships. A review. L. Donaldson. IAWA Journal 29(04): 345 – 386. (2008)

https://brill.com/downloadpdf/journals/iawa/29/4/article-p345_1.xml (em Inglês)

The structure and mechanical behaviour of wood. University of Cambridge. (2008)

https://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/wood/index.php (em Inglês)

e

https://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/wood/structure_wood_pt1.php (em Inglês)

e

https://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/wood/structure_wood_pt2.php (em Inglês)

Caracterização dos anéis de crescimento de árvores de *Pinus caribaea var. hondurensis* Barr. et Golf. por densitometria de raios X. A.T.B. Ferreira; M. Tomazello Filho. Scientia Forestalis 37(83): 287 – 298. (2009)

https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr83/cap07.pdf (em Português)

Caracterização física e química da madeira de *Pinus elliottii.* C.J.V. Balloni. Trabalho de Conclusão de Curso. UNESP – Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". 42 pp. (2009)

http://www.if.ufrrj.br/biolig/art_citados/Caracteriza%C3%A7%C3%A3o%20f%C3%ADsica%20e%20qu%C3%ADmica%20da%20madeira%20de%20Pinus%20elliottii.pdf (em Português)

***Eucalyptus* wood quality and its impact on kraft pulp production and utilization.** A.S. Magaton; J. L. Colodette; A.F.G. Gouvêa; J.L. Gomide; M.C.S. Muguet; C. Pedrazzi. Tappi Journal (Agosto): 32 – 39. (2009)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2009_Eucalyptus_wood_quality_impact_on_pulping.pdf (Uma cortesia do professor Dr. José Lívio Gomide e da TAPPI - em Inglês)

Livro: **Wood chemistry and wood biotechnology.** M. Ek; G. Gellerstedt; G. Henriksson. Walter de Gruyter Editora. 308 pp. (2009)

https://books.google.com.br/books?id=95QX7M_Uc5sC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false (em Inglês)

Propriedades químicas da madeira. Portal da Madeira. (2009)

http://portaldamadeira.blogspot.com/2009/10/propriedades-quimicas-da-madeira.html (em Português)

Material de Curso: **Estrutura anatômica e qualidade da madeira.** J.L. Gomide. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 140 pp. (2009)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2009_Estrutura+Anatomica+Quimica+Madeira_Prof.Gomide.pdf (em Português)

Material de Curso: **Matérias-primas fibrosas e química da madeir**a. A. Mokfienski. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 30 slides. (2009)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2009_Mokfienski_Curso+Qualidade+Madeira.pdf (em Português)

The importance of wood density and chemistry on *Eucalyptus* clone selection. J.L. Colodette; J.L. Gomide; A.S. Magaton; C. Pedrazzi. 4th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. Apresentação em PowerPoint: 59 slides. (2009)

https://www.eucalyptus.com.br/icep04/02_Colodette.et.all.pdf (em Inglês)

Topochemisytry of delignification of *E. globulus* wood during the neutral sulfite semichemical pulping process. M. Pereira; R. Patt; O. Kordsachia; M. Rehbein; G. Koch. 4th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. Apresentação em PowerPoint: 28 slides. (2009)

https://www.eucalyptus.com.br/icep04/10_Pereira.et.all.pdf (em Inglês)

A supramolecular proposal of lignin structure and its relation with the wood properties. H.S. Abreu; J.V.F. Latorraca; R.P.W. Pereira; M.B.O. Monteiro; F.A. Abreu; K.F. Amparado. Anais da Academia Brasileira de Ciências 81(01): 137 – 142. (2009)

https://www.scielo.br/pdf/aabc/v81n1/a14v81n1.pdf (em Inglês)

Material de Curso: **Estrutura anatômica e química da madeira.** A. Magaton. Curso de Especialização ABTCP/UFV – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel; Universidade Federal de Viçosa. 102 pp. (2009)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/02_QuimicadaMadeira_A_Magaton.pdf (em Português)

Material de Curso: **Química da madeira.** A.S. Magaton. UFV - Universidade Federal de Viçosa. Apresentação em PowerPoint: 202 slides. (2009)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2009_Quimica+Madeira_A.Magaton.pdf (em Português)

Caracterização da estrutura anatômica do lenho, dos anéis de crescimento e dos canais de resina de árvores de *Pinus caribaea var. hondurensis* Barr. et. Golf. A.T.B. Ferreira. Dissertação de Mestrado. USP – Universidade de São Paulo. 84 pp. (2009)

http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/5711/dissertacao-Ferreira,%20Angel%20Thiane%20Boschiero%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Português)

***Araucaria angustifolia*: Qualidade da sua madeira.** E. Foelkel. Colaboração: C. Foelkel. PinusLetter nº 17. (2009)

https://www.celso-foelkel.com.br/pinus_17.html#dois (em Português)

Nó de pinho (Nó de Araucária). E. Foelkel. Colaboração: C. Foelkel. PinusLetter nº 19. (2009)

https://celso-foelkel.com.br/pinus_19.html#dois (em Português)

Defeitos intrínsecos mais comuns nas toras e madeiras de *Pinus* sem beneficiamento. E. Foelkel. Colaboração: C. Foelkel. PinusLetter nº 15. (2009)

https://www.celso-foelkel.com.br/pinus_15.html#quatorze (em Português)

Defeitos mais comuns nas toras e madeiras de *Pinus* durante o seu beneficiamento. E. Foelkel. Colaboração: C. Foelkel. PinusLetter nº 17. (2009)

https://www.celso-foelkel.com.br/pinus_17.html#quatorze (em Português)

O processo de impregnação dos cavacos de madeira de eucalipto pelo licor kraft de cozimento. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 15. 97 pp. (2009)

https://www.eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT15_ImpregnacaoCavacos.pdf (em Português)

Individualização das fibras da madeira do eucalipto para a produção de celulose kraft. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 16. 107 pp. (2009)

https://www.eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT16_IndividualizacaoFibras.pdf (em Português)

Propriedades papeleiras das árvores, madeiras e fibras celulósicas dos eucaliptos. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 14. 111 pp. (2009)

https://www.eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT14_PropPapeleiras.pdf (em Português)

Papermaking properties of *Eucalyptus* trees, woods, and pulp fibers. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Chapter 14. 110 pp. (2009)

https://www.eucalyptus.com.br/eucaliptos/ENG14.pdf (em Inglês)

Capítulo de Livro. Chapter 2: ***Eucalyptus*.** C.A. Labate; T.F. Assis; S. Oda; E.J. Mello; E.S. Mori; M.L.T. Moraes; L.P.B. Cid; E.R. González; A.C. Alfenas; E.A.V. Zauza; C. Foelkel; D.H. Moon; M.C.C.G. Carvalho; D.G.G. Caldas; R.T. Carneiro; A. Andrade; G.R. Salvatierra. In: "*Compendium* of Transgenic Crop Plants. Part 9". p.: 35 – 108. (2009)

https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/9781405181099.k0902 (em Inglês)

Capítulo de Livro. Parte 3.2.1. ***Eucalyptus*** **wood quality requirements for pulp and paper, charcoal and biomasss fuel end-uses.** C. Foelkel. In: "Compendium of Transgenic Crop Plants. Part 9". p.: 84 - 92. (2009)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2009_Eucalyptus+Wood+Quality+Requirements_Chapter+2_Eucalyptus.pdf (em Inglês)

e

https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/9781405181099.k0902 (p.: 84 – 92 - em Inglês)

Estrutura anatômica da madeira de clones de *Eucalyptus.* B. Arango Alzate. Revista Investigaciones Aplicadas 5: 01 – 14. (2009)

https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3219100.pdf (em Português)

Chemical composition and wood anatomy of *Eucalyptus globulus* clones: Variations and relationships with pulpability and handsheet properties. M. Ramírez; J. Rodríguez; C. Balocchi; M. Peredo; J. Elissetche;

R.T. Mendonça; S. Valenzuela. Journal of Wood Chemistry and Technology 29(01): 43 – 58. (2009)

https://www.researchgate.net/publication/237081316_Chemical_Composition_and_Wood_Anatomy_of_Eucalyptus_globulusClones_Variations_and_Relationships_with_Pulpability_and_Handsheet_Properties (em Inglês)

A new genomic resource dedicated to wood formation in *Eucalyptus.* D. Rengel; H. San Clemente; F. Servant; N. Ladouce; E. Paux; P. Wincker; A. Couloux; P. Sivadon; J. Grima-Pettenati. BMC Plant Biology 9(36). 14 pp. (2009)

https://www.researchgate.net/publication/24239658_A_new_genomic_resource_dedicated_to_wood_formation_in_Eucalyptus (em Inglês)

Sistemas modelos de formação de lignina utilizando recursos sintéticos e celulares de *Eucalyptus grandis* (Hill ex Maiden). R.P.W. Pereira. Tese de Doutorado. UFRRJ – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 172 pp. (2009)

https://tede.ufrrj.br/jspui/bitstream/tede/489/1/2009%20-%20Regina%20Paula%20Willemen%20Pereira.pdf (em Português)

A influência dos ácidos hexenurônicos no rendimento e na branqueabilidade da polpa kraft. G. Ventorim; J.C. Caraschi; J.L. Colodette; J.L. Gomide. Revista Química Nova 32(02): 373 – 377. (2009)

https://www.scielo.br/pdf/qn/v32n2/v32n2a19.pdf (em Português)

Chemical composition, crystallinity and crystallite cellulose size in *Populus* hybrids and aspen. X.-J. Jin; D.P. Kamdem. Cellulose Chemistry and Technology 43(7-8): 229 – 234. (2009)

https://www.cellulosechemtechnol.ro/pdf/CCT7-8-2009/p.229-234.pdf (em Inglês)

Nanocristais de celulose. (*Cellulose whiskers*). D.J. Silva; M.L.O. D'Almeida. O Papel 70(7): 34 – 52. (2009)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2009_Nanocristais+Celulose.pdf (em Português e em Inglês)

A review on systematic study of cellulose. S.P. Gautam; P.S. Bundela; A.K. Pandey; Jamaluddin; M.K. Awasthi;S. Sarsaiya. Journal of Applied and Natural Science 2(2): 330 – 343. (2010)

https://core.ac.uk/download/pdf/158352402.pdf (em Inglês)

Pulping and delignification of sapwood and heartwood from *Eucalyptus globulus.* A. Lourenço; J. Gominho; H. Pereira. Journal of Pulp and Paper Science 36(3/4): 85 – 90. (2010)

https://www.researchgate.net/publication/233401328_Pulping_and_Delignification_of_Sapwood_and_Heartwood_from_Eucalyptus_Globulus (em Inglês)

Research cellulose crystallinity index: Measurement techniques and their impact on interpreting cellulase performance. S. Park; J.O. Baker; M.E. Himmel; P.A. Parilla; D.K. Johnson. Biotechnology for Biofuels 3(10). 10 pp. (2010)

https://biotechnologyforbiofuels.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/1754-6834-3-10.pdf (em Inglês)

Influência do lenho de tração nas propriedades físicas da madeira de *Eucalyptus sp.* T.C. Monteiro; R.V. Silva; J.T. Lima; E.E.R. Baraúna; D.M. Carvalho; M.T. Lima. Journal of Biotechnology and Biodiversity 1(01): 06 – 11. (2010)

https://core.ac.uk/download/pdf/267889631.pdf (em Português)

e

https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/JBB/article/view/215/149 (em Português)

Identificação das proteínas diferencialmente expressas na região cambial de *Eucalyptus grandis* durante a indução de formação de madeira de reação. F. Salvato. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". USP – Universidade de São Paulo. 263 pp. (2010)

https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11137/tde-20191220-143709/publico/SalvatoFernanda.pdf (em Português)

Seasonality impacts upon wood and pulp properties in Southern Brazil and the Southern U.S. (*Impactos da sazonalidade nas propriedades da madeira e da celulose no Sul do Brasil e Sul dos Estados Unidos*). P.W. Hart; G. Samistraro. 43º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. (2010)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/2010_Impactos_sazonalidade.pdf
(Apresentação em PowerPoint: 28 slides - em Inglês)

e

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2011_Impactos+Sazonalidade.pdf
(Republicado em Revista O Papel, Março, 2011, p.: 39 – 49 - em Português e em Inglês)

Cinética da remoção dos extrativos da madeira de *Eucalyptus grandis* durante polpação kraft. C. Sarto; C.A. Sansígolo. Acta Scientiarum Technology 32(03): 227 – 235. (2010)

http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/download/4237/6265/0
(em Português)

Livro: **Wood handbook. Wood as as engineering material.** Forest Products Laboratory. General Technical Report FPL-GTR-190. 509 pp. (2010)

https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplgtr/fpl_gtr190.pdf (Livro completo - em Inglês)

Capítulo de Livro: Chapter 3: **Structure and function of wood.** A. Wiedenhoeft. In: "Wood Handbook. Wood as an Engineering Material". 18 pp. (2010)

http://www.ucanr.org/sites/WoodyBiomass/newsletters/FPL_Wood_Handbook33282.pdf (em Inglês)

Material de Curso. **Influência da matéria-prima fibrosa e do processo de fabricação (celulose e papel) na qualidade do papel.** E.S. Campos. Versão em Módulo de Apresentação. Campos Consultoria e Treinamento. 311 pp. (2010)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2010_Enfase_Materia_Prima_Fibrosa.pdf (em Português)

Análise de critérios de qualidade da madeira de eucalipto para produção de celulose kraft. J.L. Gomide; H. Fantuzzi Neto; A.J. Regazzi. Revista Árvore 34(2): 339 – 344. (2010)

http://www.scielo.br/pdf/rarv/v34n2/v34n2a17.pdf (em Português)

Quantitative method applicable for various biomass species to determine their chemical composition. H. Rabemanolontsoa; S. Ayada; S. Sumiko. Biomass and Bioenergy 35(11): 4630 – 4635. (2011)

https://www.researchgate.net/publication/235891889_Quantitative_method_applicable_for_various_biomass_species_to_determine_their_chemical_composition (em Inglês)

Características anatômicas do lenho juvenil e adulto da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. L.M.A. Ramos. Monografia de Conclusão de Curso. UFRRJ – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 28 pp. (2011)

http://www.if.ufrrj.br/inst/monografia/2011I/Leticia.pdf (em Português)

Evaluating the application of an analytical method for the determination of hexenuronic acids in *Eucalyptus* pulps. K.V. Sanhueza; J.L. Colodette; A.J. Regazzi; J.L. Gomide. 5th International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp,. 10 pp. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/31_Hexenuronic_Acids_Methods.pdf (em Inglês)

Poplar wood formation. Genotypical influences on structure and chemistry. D. Sandquist. Tese de Doutorado. Swedish University of Agricultural Sciences. 60 pp. (2011)

https://pub.epsilon.slu.se/2434/1/Sandquist_D_110120.pdf (em Inglês)

Livro: **Plant cell walls.** P. Albersheim; A. Darvill; K. Roberts; R. Sederoff; A. Staehelin. Garland Science. 430 pp. (2011)

https://books.google.com.br/books?id=vCsWBAAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false (em Inglês)

Master regulators of wood formation in *Eucalyptus*. H. Wang; M. Soler; H. Yu; E.L.O. Camargo; H. San Clemente; B. Savelli; N. Ladouce; J. Paiva; J. Grima- Pettenati. IUFRO Tree Biotechnology Conference. (2011)

https://link.springer.com/content/pdf/10.1186/1753-6561-5-S7-P110.pdf (em Inglês)

Chemical characterization of four *Eucalyptus* clones from commercial plantations. B.L.C. Pereira; A.M.M.L. Carvalho; A.C. Oliveira; L.C. Santos; R.C. Santos; A.C.O. Carneiro. 5th International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 06 pp. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/09_Eucalyptus_wood_chemistry.pdf (em Inglês)

Recent advances in *Eucalyptus* wood chemistry. J.C. del Rio; J. Rencoret; A.T. Martinez; A. Gutiérrez. 5th International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/14_Wood_chemistry.pdf (Texto: 09 pp. - em Inglês)

e

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2011_Eucalyptus+Wood+Chemistry.pdf
(Apresentação em PowerPoint: 87 slides – em Inglês)

***Eucalyptus globulus* chemical composition and its effect on kraft pulping parameters.** L.M. Reina; F. Resquin. 5th International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 06 pp. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/37_Eglobulus_Chemistry.pdf (em Inglês)

***Eucalyptus* clone age influence in the chemical composition and wood pulping.** P.H.D. Morais; D. Longue Júnior; J.L. Colodette; E.H.C. Morais; M.M. Costa. 5th International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 08 pp. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/12_Effects_clone_age.pdf (em Inglês)

Genetic variation in the chemical components of *Eucalyptus globulus* wood. D.J. Stackpole; R.E. Vaillancourt; A. Alves; J. Rodrigues; B.M. Potts. G3 – Genes, Genomes, Genetics. Volume 1: 151 – 159. (2011)

https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3276126/pdf/151.pdf (em Inglês)

Fine structure of papermaking fibres. P. Ander; W. Bauer; S. Heinemann; P. Kallio; R. Passas; A. Treimanis (Editores). In: "Characterization of the fine structure and properties of papermaking fibres using new technologies". COST Action E54. 285 pp. (2011)

https://www.cost.eu/wp-content/uploads/2018/07/53627.pdf (em Inglês)

Identificação macroscópica de madeiras. P.C. Botosso. Embrapa Florestas. Documento nº 194. 66 pp. (2011)

https://lrfl.paginas.ufsc.br/files/2016/05/Documentos-194-EMBRAPAidentifica%C3%A7%C3%A3o-macrosc%C3%B3pica-de-Madeiras.pdf (em Português)

Storage as a tool to improve wood fuel quality. M.A. Brand; G.I.B. Muniz; W.F. Quirino; J.O. Brito. Biomass and Bioenergy 35: 2581 - 2588. (2011)

https://www.researchgate.net/publication/251627768_Storage_as_a_tool_to_improve_wood_fuel_quality (em Inglês)

Anatomical and chemical factors affecting tensile growth stress in *Eucalyptus grandis* plantations at different latitudes in Brazil. M. Kojima; H. Yamamoto; K. Saegusa; F.M. Yamaji; M. Yoshida; S. Yamashita; T. Nakai. Canadian Journal of Forest Research 42: 134 – 140. (2012)

https://www.researchgate.net/publication/237866762_Anatomical_and_chemical_factors_affecting_tensile_growth_stress_in_Eucalyptus_grandis_plantations_at_different_latitudes_in_Brazil (em Inglês)

Overview of analytical procedures for fatty and resin acids in the papermaking process. P. Valto; J. Knuutinen; R. Alén. BioResources. 7(4): 6041 - 6076. (2012)

https://bioresources.cnr.ncsu.edu/wp-content/uploads/2016/06/BioRes_07_4_6041_Valto_KA_Overview_Anal_Fatty_Resin_Acids_Papermaking_3080.pdf (em Inglês)

***Eucalyptus globulus* heartwood and its influence in kinetics of pulp production.** A. Lourenço; J. Gominho; H. Pereira. IUFRO Conference 2012. Division 5 Forest Products, Topic 7. Pulp & Paper. 22 pp. (2012)

https://www.researchgate.net/publication/235328200_Eucalyptus_globulus_heartwood_and_its_influence_in_kinetics_of_pulp_production (em Inglês)

Chemistry and surface chemistry of vessels in *Eucalyptus* kraft pulps. N. Lindström; P. Fardim. Revista O Papel 73(09): 65 – 72. (2012)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2012_Chemistry+Eucalyptus+Vessels.pdf (em Inglês)

Amostragens longitudinais alternativas para a determinação da densidade básica em clones de *Eucalyptus sp*. A.M. Couto; T.P. Protásio; A.A. Reis; P.F. Trugilho. Flor@m - Floresta e Ambiente 19(2): 184 – 193. (2012)

http://s3.amazonaws.com/host-articleassets/floram/588e2239e710ab87018b46c0/fulltext.pdf (em Português)

Chemical characteristics and kraft pulping of tension wood from *Eucalyptus globulus* Labill. M.G. Aguayo; R.T. Mendonça; P. Martínez; J. Rodríguez; M. Pereira. Revista Árvore 36(06): 1163 – 1171. (2012)

https://www.scielo.br/pdf/rarv/v36n6/17.pdf (em Inglês)

Influence of lignin structure on chemical bioconversion processes. R.B. Santos. Tese de Doutorado. NCSU – North Carolina State University. 192 pp. (2012)

https://repository.lib.ncsu.edu/bitstream/handle/1840.16/7528/etd.pdf?sequence=2&isAllowed=y (em Inglês)

Resumo de Livro: **Bioinformação do processo de lignificação**. R.P.W. Pereira; M.B.O. Monteiro; H.S. Abreu. Editora da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 124 pp. (2012)

http://www.if.ufrrj.br/biolig/livro/Capa%20bioinformacao.pdf (em Português)

Advanced technologies for bleached *Eucalyptus* pulp production: from wood to product. J.L. Colodette; J.L. Gomide; A. Magaton. VIII Simposio Internacional de la Industria de la Celulosa y Papel. Apresentação em PowerPoint: 57 slides. (2012)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2012_Wood_quality_Chile.pdf (em Inglês)

Caracterização química e física da madeira de *Eucalyptus*. P.F. Trugilho; S.L. Goulart. Congresso EnerBiomassa'12 - Seminário Energias da Biomassa / Seminar Energies from Biomass. Apresentação em PowerPoint: 16 slides. (2012)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2012_Estoques_carbono_eucaliptos.pdf (em Português)

Material de Curso: **Química da madeira.** A.S. Magaton. ABTCP/Mackenzie. Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Universidade Metodista Mackenzie. Apresentação em PowerPoint: 225 slides. (2012)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2012_QuimicaMadeira_ABTCP.pdf (em Português)

Material de Curso: **Química da madeira. Madeira: Material heterogêneo.** U. Klock. UFPR – Universidade Federal do Paraná. Apresentação em PowerPoint: 63 slides. (2012)

http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasklock/quimicadamadeira/madeiraheterogenea2012.pdf (em Português)

Material de Curso: **Manual e fichas para prática de análises químicas quantitativas da madeira.** U. Klock. A.S. Andrade; E.L. Silva; G.B. Moura; D. Potulski; T.F. Barbosa; D.H.R. Silva. UFPR - Universidade Federal do Paraná. 17 pp. (2012)

http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasklock/quimicadamadeira/Manual%20praticas%20madeira%20QM.2012.pdf (em Português)

Livro: **Handbook of wood chemistry and wood composites.** R.M. Rowell (Editor). Routledge Handbooks Online. CFC Press. (2012)

https://www.routledgehandbooks.com/doi/10.1201/b12487 (em Inglês)

e

https://books.google.com.br/books?id=ekrLBQAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false (em Inglês)

Capítulo de Livro: Chapter 03: **Cell wall chemistry.** R.M. Rowell; R. Pettersen; M.A. Tshabalala. In: "Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites". p.: 33 – 72. (2012)

https://www.routledgehandbooks.com/pdf/doi/10.1201/b12487-5 (em Inglês)

Caso de estudio: **Angulo microfibrilar y su relación con la densidad básica de la madera de *Pinus taeda* L. con manejo silvopastoril.** R.A. Winck; H.E. Fassola; M. Tomazello Filho; M.C. Area. 45º Congresso Internacional de Celulose e Papel. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 10 pp. (2012)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2012_Angulo_microfibrilar_Pinus.pdf (em Espanhol)

Normalização técnica para determinação das propriedades físicas e mecânicas de madeiras. L. Calegari; C.C.A. Calegari; P.J.G. Lopes; D.A. Gatto; D.M. Stangerlin. Ciência da Madeira 4(2): 122 - 138, (2013)

https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/cienciadamadeira/article/view/4062/3206 (em Português)

Qualidade do lenho de árvores de clone de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* sob estresse abiótico e o impacto na produção de celulose. B.P. Rodrigues. Dissertação de Mestrado. UFES – Universidade Federal do Espírito Santo. 90 pp. (2013)

https://repositorio.ufes.br/bitstream/10/5781/1/Brunela%20Pollastrelli%20Rodrigues.pdf (em Português)

Analytical tools for ultrastructural characterization of celluloses. C. Driemeier. Revista O Papel 74(2): 37 – 40. (2013)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2013_Analytical+Tools+Cellulose+Ultrastructure.pdf (em Inglês)

Espectroscopia de infravermelho próximo para predição de propriedades da madeira de híbridos de *Eucalyptus* spp. F.R. Milagres. Tese de Doutorado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 96 pp. (2013)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/588/1/texto%20completo.pdf (em Português)

Propriedades da madeira de reação. G.B. Vidaurre; L.R. Lombardi; L. Nutto; F.J.N. França; J.T.S. Oliveira; M.D.C. Arantes. Revista Floresta e Ambiente 20(1): 26 – 37. (2013)

https://www.scielo.br/pdf/floram/v20n1/a03v20n1.pdf (em Português)

Caracterização química e física da madeira de procêdencias de *Eucalyptus.* I.L. Guimarães; J.B. Guimarães Junior; F.J.N. Lisboa; C.R. Andrade; H.F. Siqueira. Enciclopédia Biosfera 5(17): 636 – 645. (2013)

http://www.conhecer.org.br/enciclop/2013b/CIENCIAS%20AGRARIAS/caracterizacao%20quimica%20e%20fisica.pdf (em Português)

Effect of fiber wall chemistry on pulping processes of novel *Eucalypus* hybrids. M.C.S.M. Soares. Tese de Doutorado. Aalto University. 79 pp. (2013)

https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/11197/isbn9789526053806.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Inglês)

Composição química da madeira de eucalipto com diferentes níveis de desbaste. A.J.V. Zanuncio; J.L. Colodette; F.J.B. Gomes; A.C.O. Carneiro; B.R. Vital. Ciência Florestal 23(04): 755 – 760. (2013)

https://www.scielo.br/pdf/cflo/v23n4/1980-5098-cflo-23-04-00755.pdf (em Português)

Aspectos práticos e conceituais sobre a fabricação de celulose de mercado do tipo kraft branqueada a partir de madeira de eucalipto. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 31. 370 pp. (2013)

https://eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT31_ProcessoKraftEucalipto.pdf (em Português)

Delimitação entre os lenhos juvenil e adulto de *Pinus elliottii* Engelm. G.P.M. Palermo; J.V.F. Latorraca; E.T.D. Severo; A.M. Nascimento; M.A. Rezende. Revista Árvore 37(01): 191 – 200. (2013)

https://www.scielo.br/pdf/rarv/v37n1/v37n1a20.pdf (em Português)

Apostila de Curso: **Química da madeira.** U. Klock; A.S. Andrade. UFPR - Universidade Federal do Paraná. 4ª Edição Revisada. 85 pp. (2013)

http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasklock/quimicadamadeira/Quimica%20da%20Madeira%202013.pdf (em Português)

Material de Curso: **Química da madeira.** U. Klock. ABTCP/Mackenzie. Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Universidade Metodista Mackenzie. Apresentação em PowerPoint: 318 slides. (2013)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2013_Umberto_Klock_QuimicaMadeira.pdf (em Português)

Material de Curso: **Composição química da madeira.** U. Klock. Disciplina Química da Madeira. UFPR – Universidade Federal do Paraná. Apresentação em PowerPoint: 35 slides. (2013)

http://www.engenhariaflorestal.ufpr.br/disciplinas/at113/composicaoquimica2013.pdf (em Português)

Material de Curso: **Ultraestrutura da parede celular.** U. Klock. Disciplina Química da Madeira. UFPR – Universidade Federal do Paraná. Apresentação em PowerPoint: 30 slides. (2013)

http://www.engenhariaflorestal.ufpr.br/disciplinas/at113/ultraestruturaparedecelular2013.pdf (em Português)

Material de Curso: **Lignina.** U. Klock. Disciplina Química da Madeira. UFPR – Universidade Federal do Paraná. Apresentação em PowerPoint: 76 slides. (2013)

http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasklock/quimicadamadeira/lignina20132.pdf (em Português)

Material de Curso: **Celulose.** U. Klock. Disciplina Química da Madeira. UFPR – Universidade Federal do Paraná. Apresentação em PowerPoint: 51 slides. (2013)

http://www.engenhariaflorestal.ufpr.br/disciplinas/at113/celulose.pdf (em Português)

Material de Curso: **Hemiceluloses (Polioses).** U. Klock. Disciplina Química da Madeira. UFPR – Universidade Federal do Paraná. Apresentação em PowerPoint: 41 slides. (2013)

http://www.engenhariaflorestal.ufpr.br/disciplinas/at113/polioses.pdf (em Português)

Material de Curso: **Introdução à madeira.** D. Potulski. Disciplina Química da Madeira. UFPR – Universidade Federal do Paraná. Apresentação em PowerPoint: 34 slides. (2013)

http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasklock/introducaomadeira.pdf (em Português)

Material de Curso: **Tecidos de reação.** U. Klock. Disciplina Química da Madeira. UFPR – Universidade Federal do Paraná. 03 pp. (2013)

http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasklock/quimicadamadeira/lenhodereacao.pdf (em Português)

Métodos de amostragem e de determinação do teor de umidade da madeira em tora. D.B. Donato. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 71 pp. (2013)

http://www.poscienciaflorestal.ufv.br/wp-content/uploads/2020/07/Danilo-Barros-Donato1.pdf (em Português)

e

http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/9153/dissertacao_Danilo%20Barros%20Donato.pdf?sequence=1 (em Português)

Qualificação da madeira de três espécies de coníferas oriundas de reflorestamentos jovens. R.A. Delucis; D.A. Gatto; D.M. Stangerlin; R. Beltrame; R. Trevisan. Scientia Forestalis 41(100): 477 – 484. (2013)

http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr100/cap04.pdf (em Português)

Idade de segregação do lenho juvenil e adulto para *Pinus elliottii* Engel. R. Trevisan; C.I. Motta; T. Fioresi; A.V. Trautenmüller; J.E. Rabuske; L. Denardi. Ciência Rural 44(4): 634 – 638. (2014)

https://www.scielo.br/pdf/cr/v44n4/a11414cr6876.pdf (em Português)

Determination of cellulose degree of polymerization in lignocellulosic biomass. L. Liu; H.-M. Chang; H. Jameel; S. Park. Aiche Annual Meeting. American Institute of Chemical Engineers. (2014)

https://www.aiche.org/academy/videos/conference-presentations/determination-cellulose-degree-polymerization-lignocellulosic-biomass#:~:text=Degree%20of%20polymerization%20(DP)%20is,important%20stru

ctural%20properties%20of%20cellulose.&text=The%20study%20showed%20that%20the,chain%20cleavage%20in%20carbanilation%20reaction (em Inglês)

The relationship between *Eucalyptus grandis* lignin structure and kraft pulping parameters. L. Reina; A. Galetta; V. Vinciguerra; F. Resquin; P. Menéndez. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis 107: 284 – 288. (2014)

https://www.researchgate.net/publication/261371644_The_relationship_between_Eucalyptus_grandis_lignin_structure_and_kraft_pulping_parameters (em Inglês)

The effect of eucalypt pulp xylan content on its bleachability, refinability and drainability. V.J. Gomes; D. Longue Júnior; J.L. Colodette; R.A. Ribeiro. Cellulose 1: 607 – 614. (2014)

https://www.researchgate.net/publication/262852650_The_effect_of_eucalypt_pulp_xylan_content_on_its_bleachability_refinability_and_drainability (em Inglês)

O fenômeno de danos em árvores pela ação de ventos em florestas plantadas de eucaliptos. C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 46. 22 pp. (2014)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/news46_Danos_Ventos_Eucaliptos.pdf (em Português)

Material de Curso: **Componentes acidentais da madeira (Extrativos).** U. Klock. Disciplina Química da Madeira. UFPR – Universidade Federal do Paraná. Apresentação em PowerPoint: 55 slides. (2014)

http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasklock/quimicadamadeira/Extrativos2014.pdf (em Português)

Quantitative wood anatomy. From sample to data. G. von Arx; K. Cufar; A. Crivellaro; M. Carrer. Swiss Federal Research Institute. 123 pp. (2014)

http://streess-cost.eu/images/stories/Documents/COST_TS_QWA_Handout_Web_Small_2.pdf (em Inglês)

Evaluation on papermaking potential of nine *Eucalyptus* species based on wood anatomical features. M. Pirralho; D. Flores; V.B. Sousa; T. Quilhó; S. Knapic; H. Pereira. Industrial Crops and Products 54: 327 – 334. (2014)

https://www.researchgate.net/publication/260315881_Evaluation_on_paper_making_potential_of_nine_Eucalyptus_species_based_on_wood_anatomical_features (em Inglês)

Lignin chemistry and topochemistry during kraft delignification of *Eucalyptus globulus* genotypes with contrasting pulpwood characteristics. M.G. Aguayo; A. Ferraz; J.P. Elissetche; F. Masarin; R.T. Mendonça. Holzforschung 68(6): 623 – 629. (2014)

https://www.degruyter.com/downloadpdf/journals/hfsg/68/6/article-p623.xml (em Inglês)

Material de Curso: **Anatomia e distribuição topoquímica de componentes em materiais lignocelulósicos.** A. Ferraz. Escola de Engenharia de Lorena. USP - Universidade de São Paulo. Apresentação em PowerPoint: 58 slides. (2014)

http://www.debiq.eel.usp.br/aferraz/T%C3%B3p.%20Esp.:%20Forma%C3%A7%C3%A3o%20e%20degrada%C3%A7%C3%A3o%20da%20parede%20celular/aula%201%20TopEsp2014.pdf (em Português e Inglês)

Efeito da anatomia no fluxo de água em *Eucalyptus* e *Corymbia*. T.C. Monteiro. Tese de Doutorado. UFLA – Universidade Federal de Lavras. 131 pp. (2014)

http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/3442/1/DOUTORADO%20Efeito%20da%20anatomia%20no%20fluxo%20da%20%c3%a1gua%20em%20madeira%20de%20Eucalyptus%20e%20Corymbia.pdf (em Português)

Microfibril angle of *Eucalyptus grandis* wood in relation to the cambial age. J.T. Lima; A.O. Ribeiro; C.R.P. Narciso. Maderas: Ciencia y Tecnología 16(04): 487 – 497. (2014)

https://scielo.conicyt.cl/pdf/maderas/v16n4/aop3914.pdf (em Inglês)

***Eucalyptus* breeding for clonal forestry.** G.D.S.P. Rezende; M.D.V. Resende; T.F. Assis. Challenges and Opportunities for the World's Forests in the 21st Century. 32 pp. (2014)

https://www.researchgate.net/profile/Teotonio_Assis/publication/281477350_Eucalyptus_Breeding_for_Clonal_Forestry/links/587819db08ae329d62283584/Eucalyptus-Breeding-for-Clonal-Forestry.pdf (em Inglês)

Morfologia de fibras e vasos nos lenhos juvenil e adulto de *Eucalyptus* spp.. B.C.D. Soares; J.T. Lima; J.R.M. Silva; E.M. Silva; S.L. Goulart; M.T. Souza. II CBCTEM – Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira. 10 pp. (2015)

https://www.researchgate.net/publication/317571466_MORFOLOGIA_DE_FIBRAS_E_VASOS_NOS_LENHOS_JUVENIL_E_ADULTO_DE_Eucalyptus_spp (em Português)

Quality guidelines for wood fuels in Finland. E. Alakangas. Report VTT-M-04712-15. 60 pp. (2015)

https://www.bioenergia.fi/wp-content/uploads/2020/03/Quality-guidelines-for-wood-fuels-in-Finland.pdf (em Inglês)

Teor de umidade da madeira em tora. D.B. Donato; R.V.O. Castro; A.C.O. Carneiro; A.M.M.L. Carvalho; B.R. Vital; R.U. Teixeira. Scientia Forestalis 43(107): 703 – 712. (2015)

https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr107/cap22.pdf (em Português)

Purification and characterization of kraft lignin. W. Fang; M. Alekhina; O. Ershova; S. Heikkinen; H. Sixta. Holzforschung 69(08). 08 pp. (2015)

https://www.researchgate.net/publication/271183378_Purification_and_characterization_of_kraft_lignin (em Inglês)

Chemical composition and kraft pulping potential of 12 eucalypt species. D. Neiva; L. Fernandes; S. Araújo; A. Lourenço; J. Gominho; H. Pereira. Industrial Crops and Products 66: 89 – 95. (2015)

https://www.researchgate.net/publication/263537905_Kraft_pulping_and_wood_chemical_composition_for_12_eucalyptus_species (em Inglês)

Variation of wood pulping and bleached pulp properties along the stem in mature *Eucalyptus globulus* trees. J. Gominho; A. Lourenço; D. Neiva; L. Fernandes; M.E. Amaral; A.P. Duarte; R. Simões; H. Pereira. BioResources 10(4): 7808 – 7816. (2015)

https://bioresources.cnr.ncsu.edu/BioRes_10/BioRes_10_4_7808_Gominho_LNFADSP_Variation_Wood%20Pulping_Properties_Stem_Eucalyptus_7681.pdf (em Inglês)

Potential of *Corymbia citriodora* for kraft pulp production. F.G. Silva Júnior; T.E.S. Segura. 2015 TAPPI PEERS. p.: 646 – 653. (2015)

https://www.researchgate.net/publication/283346556_Potential_Of_C_citriodora_for_kraft_pulp_production (em Inglês)

Radial and axial variation of heartwood properties and extractives in mature trees of *Eucalyptus globulus.* J. Gominho; A. Lourenço; I. Miranda; H. Pereira. BioResources 10(1): 721 - 731. (2015)

https://ojs.cnr.ncsu.edu/index.php/BioRes/article/download/BioRes_10_1_721_Gominho_Radial_Axial_Variation_Heartwood/3240 (em Inglês)

Wood morphology and properties from molecular perspectives. L. Salmén. Annals of Forest Science 72: 679 – 684. (2015)

https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s13595-014-0403-3.pdf (em Inglês)

Qualidade das madeiras de *Pinus taeda* e *Pinus sylvestris* para a produção de polpa celulósica kraft. M.A. Vivian; T.E.S. Segura; E.A. Bonfatti Júnior; C. Sarto; F. Schmidt; F.G. Silva Júnior; K. Gabov; P. Fardim. Scientia Forestalis 43(105): 183 – 191. (2015)

https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr105/cap18.pdf (em Português)

Cerne e alburno em eucaliptos: Influência da espécie e da idade nas propriedades tecnológicas. S.G. Cherelli. Dissertação de Mestrado. UNESP – Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". 165 pp. (2015)

https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/123247/000829643.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Português)

Chemical reactions causing carbohydrate yield losses during alkaline pulping of wood. G. Henriksson; W. Yan; S. Azhar; J. Berglund; P. Lindén; M.E. Lindström. 7th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. (2015)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/9.1.Gunnar+Henriksson.MANUSCRIPT.pdf (Texto: 06 pp.- em Inglês)_

e

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/9.1.Gunnar+Henriksson.SLIDES.pdf (Apresentação em PowerPoint: 29 slides - em Inglês)

Qualidade da madeira do eucalipto. Reflexões acerca da utilização da densidade básica como indicador de qualidade da madeira no setor de base florestal. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 41. 199 pp. (2015)

https://eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT41_Densidade_Basica_Madeira.pdf (em Português)

Qualidade da madeira do eucalipto. Acerca dos acertos e erros na utilização da densidade básica como indicador de qualidade de madeiras. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 42. 177 pp. (2015)

https://eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT42_Densidade_Basica_Acertos&Erros.pdf (em Português)

Identificação de madeiras utilizando a espectrometria no infravermelho próximo e redes neurais artificiais. A.A. Oliveira; P.H. Siqueira; S. Nisgoski; G.I.B. Muniz; J.H. Ferreira. TEMA - Tendências em Matemática Aplicada e Computacional 16(2): 81 – 95. (2015)

https://www.scielo.br/pdf/tema/v16n2/2179-8451-tema-16-02-00081.pdf (em Português)

Recent advances in the chemistry of *Eucalyptus* wood. J.C. del Rio; J. Rencoret; A.T. Martinéz; J.L. Colodette; A. Gutiérrez. 7th ICEP - International *Colloquium* of *Eucalyptus* Pulp. (2015)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2015_Chemistry_Eucalyptus.pdf (Texto: 09 pp. - em Inglês)

e

http://digital.csic.es/bitstream/10261/116003/1/7th%20ICEP-delRio-Recent%20Advances%20in%20the%20Chemistry%20of.pdf (Texto: 09 pp. - em Inglês)

e

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/3.1.Jose+Del+Rio.SLIDES.pdf (Apresentação em PowerPoint: 56 slides – em Inglês)

Capítulo de Livro: **Microscopic examination of wood: Sample preparation and techniques for light microscopy.** J.C. Tardif; F. Conciatori. In: "Plant Microtechniques and Protocols". E. Yeung; C. Stassola; M. Sumner; B. Huang; E. Stasolla; C. Sumner; M. Huang (Editores). Springer. p: 373 – 415. (2015)

https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-19944-3_22 (em Inglês)

Three-dimensional imaging of cambium and secondary xylem cells by confocal laser scanning microscopy. S. Nakaba; P. Kitin; Y. Yamagishi; S. Begum; K. Kudo; W.D. Nugroho, R. Funada et al. In: "Plant

Microtechniques and Protocols". E. Yeung; C. Stassola; M. Sumner; B. Huang; E. Stasolla; C. Sumner; M. Huang (Editores). Springer. p: 431 – 465. (2015)

https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-19944-3_24 (em Inglês)

As xilanas nas propriedades de polpas marrons de eucalipto. C. Pedrazzi; J.L. Colodette; R.C. Oliveira; J.L. Gomide; V.K.D. Wille; R. Coldebella. Ciência Rural 45(9): 1585 - 1591. (2015)

https://www.scielo.br/pdf/cr/v45n9/1678-4596-cr-0103_8478cr20130453.pdf (em Português)

The effect of eucalypt tree overaging on pulping and paper properties. J. Gominho; A. Lourenço; D Neiva; L. Fernandes; M. Amaral; A.P. Duarte; R. Simões; H. Pereira. European Journal of Wood and Wood Products - Holz als Roh- und Werkstoff 74: 101 – 108. (2015)

https://www.researchgate.net/publication/282576041_The_effect_of_eucalypt_tree_overaging_on_pulping_and_paper_properties (em Inglês)

Wood under fresh water: Effect on the chemical properties and on decay resistance. T.V. Lourençon; P.S.B. Santos; J. Labidi; D.A. Gatto; M.R.F. Gonçalves. Maderas. Ciencia y Tecnología 18(4): 733 – 742. (2016)

https://scielo.conicyt.cl/pdf/maderas/v18n4/aop6416.pdf (em Inglês)

A evolução tecnológica do setor de celulose e papel no Brasil. E.S. Campos; C. Foelkel. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 228 pp. (2016)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/2017_Livro_EvolucaoTecnologica_Celulose_Papel_Brasil.pdf (em Português)

Physicochemical methods for determination of cellulose crystallinity. M. Ioelovich. ChemXpress 9(3): 245 – 251. (2016)

https://www.tsijournals.com/articles/physicochemical-methods-for-determination-of-cellulose-crystallinity.pdf (em Inglês)

Wood microfibril angle variation after drying. V. Lube; C. Lazarescu; S.D. Mansfield; S. Avramidis. Holzforschung 70(5): 485 – 488. (2016)

https://www.researchgate.net/publication/283875749_Wood_microfibril_angle_variation_after_drying (em Inglês)

An index combining volume and Pilodyn penetration to study stability and adaptability of *Eucalyptus* multi-species hybrids in Rio Grande do Sul, Brazil. G.A. Santos; A.C.P. Nunes; M.D.V. Resende; L.D. Silva; A. Higa; T.F. Assis. Australian Forestry 79(4): 248 – 255. (2016)

https://www.researchgate.net/publication/311523868_An_index_combining_volume_and_Pilodyn_penetration_to_study_stability_and_adaptability_of_Eucalyptus_multi-species_hybrids_in_Rio_Grande_do_Sul_Brazil (em Inglês)

***Eucalyptus* cell wall architecture: Clues for lignocellulosic biomass deconstruction.** M.M. Salazar; A. Grandis; S. Pattathil; J. Lepikson Neto; E.L.O. Camargo; A. Alves; J.C. Rodrigues; F. Squina; J.P.F. Cairo; M.S. Buckeridge; M.G. Hahn; G.A.G. Pereira. Bioenergy Research 9: 969 – 979. (2016)

https://bioenergycenter.org/besc/publications/salazar_clues_yr9.pdf (em Inglês)

Livro: **Secondary xylem biology. Origins, functions, and applications.** Y.S. Kim; R. Funada; A.P. Singh. Academic Press. Elsevier. (2016)

https://books.google.com.br/books?id=kV-dBgAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false (em Inglês)

Capítulo de Livro: Chapter 01: **The vascular cambium of trees and its involvement in defining xylem anatomy.** U. Schmitt; G. Koch; D. Eckstein; J.-W. Seo; P. Prislan; J. Gricar; K. Cufar; H. Stobbe; R. Jalkanen. In: "Secondary Xylem Biology. Origins, functions, and applications". p.: 03 – 24. (2016)

https://www.researchgate.net/publication/303415263_The_Vascular_Cambium_of_Trees_and_its_Involvement_in_Defining_Xylem_Anatomy (em Inglês)

Caracterização das propriedades físicas, químicas e anatômicas da madeira de *Maclura tinctoria* (L.) D. Don ex Steud. R. Coldebella.

Dissertação de Mestrado. UFSM – Universidade Federal de Santa Maria. 87 pp. (2016)

https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/8782/COLDEBELLA%2c%20RODRIGO.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Português)

Biological basis of tree-ring formation: A crash course. C.B.K. Rathgeber; H.E. Cuny; P. Fonti. Frontiers in Plant Science 7. Article 734. 08 pp. (2016)

https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4880555/pdf/fpls-07-00734.pdf (em Inglês)

Apostila de Curso: **Anatomia da madeira.** S. Nisgoski. Apostila de Curso. Engenharia Industrial Madeireira. UFPR – Universidade Federal do Paraná. (2016)

http://www.madeira.ufpr.br/disciplinassilvana/APOSTILA-ANATOMIA-1P-2016.pdf (Primeira Parte, 62 pp. - em Português)

e

http://www.madeira.ufpr.br/disciplinassilvana/APOSTILA-ANATOMIA-2P-2016.pdf
(Segunda Parte, 61 pp. - em Português)

Material de Curso: **Defeitos da madeira.** S. Nisgoski. Disciplina "Qualidade Tecnológica da Madeira". Engenharia Industrial Madeireira. UFPR – Universidade Federal do Paraná. Apresentação em PowerPoint: 67 slides. (2016)

http://www.madeira.ufpr.br/disciplinassilvana/defeitos.pdf (em Português)

Material de Curso: **Morfologia da fibra x propriedades do papel.** S. Nisgoski. Disciplina "Qualidade Tecnológica da Madeira". Engenharia Industrial Madeireira. UFPR – Universidade Federal do Paraná. Apresentação em PowerPoint: 66 slides. (2016)

http://www.madeira.ufpr.br/disciplinassilvana/indicepapel.pdf (em Português)

Material de Curso por Celso Foelkel: ***Eucalyptus*** **fibers – From forests to papers.** C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 52. 05 pp. (2016)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/news52_Curso_Int_Eucalyptus_Forests2Papers.pdf (em Português e Inglês)

As biorrefinarias integradas no setor brasileiro de fabricação de celulose e papel de eucalipto. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo nº 29. Revisão nº 7. 270 pp. (2016)

https://www.eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT29_BiorrefinariasCelulosePapel.pdf (em Português)

Caracterização química da madeira de *Eucalyptus benthamii* por meio de espectroscopia NIR. R.A. Estopa; F.R. Milagres; F.J.B. Gomes; C.A.S. Amaral. 49º Congresso Internacional. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 12 pp. (2016)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2016_NIR_Eucalyptus+benthamii.pdf (em Português)

A lignina do *Pinus* e o seu potencial para as biorrefinarias integradas ao setor de celulose e papel. C. Foelkel. In: PinusLetter nº 48. 22 pp. (2016)

https://www.celso-foelkel.com.br/pinus/Pinus48_Lignina_Pinus_Biorrefinarias.pdf (em Português)

Melhorando a qualidade de madeiras, fibras & polpas para produção de celulose. C. Foelkel. Workshop ArborGen "Eucalipto, a importância da qualidade da madeira". Apresentação em PowerPoint: 77 slides. (2016)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2016_Qualidade+Madeira+Evento+ArborGen.pdf (em Português)

The interactions of climate, spacing and genetics on clonal *Eucalyptus* plantations across Brazil and Uruguay. D. Binkley; O.C. Campoe; C. Alvares; R.L. Carneiro; Í. Cegatta; J.L. Stape. Forest Ecology and Management 405: 271 – 283. (2017)

https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/163435/WOS000413878500025.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Material de Curso: **Química da madeira e dos processos de cozimento e de branqueamento.** V. Lucas. Curso intensivo "Processo de Produção de Pasta". Tecnicelpa - Associação Portuguesa dos Técnicos das Indústrias de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 100 slides. (2017)

https://www.tecnicelpa.com/files/20170607_VitorLucas.pdf (em Português)

Distribuição espacial da lignina e do ângulo microfibrilar na parede celular de *Eucalyptus grandis.* M.T. Souza. Tese de Doutorado. UFLA – Universidade Federal de Lavras. 53 pp. (2017)

http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/28215/2/TESE_Distribui%C3%A7%C3%A3o%20espacial%20da%20lignina%20e%20do%20%C3%A2ngulo%20microfibrilar%20na%20parede%20celular%20de%20Eucalyptus%20grandis.pdf (em Português)

Propriedades da madeira de cerne e alburno de *Eucalyptus camaldulensis.* A.C.S. Costa; C.S. Leal; L.C. Santos; A.M.M.L. Carvalho; A.C. Oliveira; B.L.C. Pereira. Ciência da Madeira 8(1): 10 – 20. (2017)

https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/cienciadamadeira/article/download/8926/7125 (em Português)

Influence of clone harvesting age of *Eucalyptus grandis* and hybrids of *Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla* in the wood chemical composition and in kraft pulpability. P.H.D. Morais; D. Longue Júnior; J.L. Colodette; E.H.C. Morais; C.M. Jardim. Ciência Florestal 27(01): 237 – 248. (2017)

https://www.scielo.br/pdf/cflo/v27n1/1980-5098-cflo-27-01-00237.pdf (em Inglês)

Anatomia da madeira e potencial de produção de celulose e papel de quatro espécies jovens de *Eucalyptus* L'Hér. T. Baldcellularin; J.N.C. Marchiori; S. Nisgoski; M. Talgatti; L. Denardi. Revista Ciência da Madeira 8(2): 114 – 126. (2017)

https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/cienciadamadeira/article/download/10672/7171 (em Português)

Modelling wood formation and structure: Power and limits of a morphogenetic gradient in controlling xylem cell proliferation and growth. F. P. Hartmann; C.B.K. Rathgeber; M. Fournier; B. Moulia. Annals of Forest Science 74: Artigo 74. 15 pp. (2017)

https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s13595-016-0613-y.pdf (em Inglês)

Delimitação estatística dos lenhos juvenil e adulto de *Eucalyptus* e *Corymbia* . M.T. Souza; J.T. Lima; B.C.D. Soares; S.L. Goulart; L.C. Lima. Scientia Forestalis 45(116): 611 – 618. (2017)

https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr116/cap02.pdf (em Português)

Propriedades da madeira de cerne e alburno de *Eucalyptus camaldulensis.* A.C.S. Costa; C.S. Leal; L.C. Santos; A.M.M.L. Carvalho; A.C. Oliveira; B.L.C. Pereira. Ciência da Madeira 8(1): 10 - 12. (2017)

https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/cienciadamadeira/article/download/8926/7125 (em Português)

Espectroscopia no infravermelho próximo na predição de características da madeira em clones de *Eucalyptus.* T.G. Arriel. Dissertação de Mestrado. UFLA – Universidade Federal de Lavras. 63 pp. (2017)

http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/13003/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Espectroscopia%20no%20infravermelho%20pr%C3%B3ximo%20na%20predi%C3%A7%C3%A3o%20de%20caracter%C3%ADsticas%20da%20madeira%20em%20clones%20de%20Eucalyptus.pdf (em Português)

Capítulo de Livro. Chapter 3: **Near Infrared Spectroscopy, a new tool to characterize wood for use by the cooperage industry.** G. Chaix; T. Giordanengo; V. Segura; N. Mourey; B. Charrier; J.P. Charpentier. In: ”Chemistry of Lignocellulosics: Current Trends”. T. Stevanovic (Editor). CRC Press. p.: 42 – 65. (2018)

https://www.researchgate.net/publication/344276333_Near_infrared_spectroscopy_a_new_tool_to_characterize_wood_for_use_by_the_cooperage_industry (em Inglês)

e

https://books.google.com.br/books?id=_QhpDwAAQBAJ&pg=PT9&lpg=PT9&dq=Near+Infrared+Spectroscopy,+a+new+tool+to+characterize+wood+for+use+by+the+cooperage+industry&source=bl&ots=ZuiDZxH_tr&sig=ACfU3U10zdnZtCA514VbbGUwTi347Pt3Jw&hl=en&sa=X&ved=2ahUKEwj3ttW-9a_tAhVoHrkGHQGJDYoQ6AEwCXoECAsQAg#v=onepage&q=Near%20Infrared%20Spectroscopy%2C%20a%20new%20tool%20to%20characterize%20wood%20for%20use%20by%20the%20cooperage%20industry&f=false (em Inglês)

Understanding the pulping and bleaching performances of *Eucalyptus* woods affected by physiological disturbance. J.M. Jardim; C.M. Jardim; J.L. Colodette. Tappi Journal 17(11): 633 – 642. (2018)

https://imisrise.tappi.org/TAPPI/Products/18/NOV/18NOV633.aspx (em Inglês)

Are tree breeders properly predicting genetic gain? A case study involving *Corymbia* species. E.V. Tambarussi; F.B. Pereira; P.H.M. Silva; D. Lee; D. Bush. Euphytica 214: Artigo 150. 11 pp. (2018)

https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/176686/2-s2.0-85051107913.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Inglês)

Wood anatomical and chemical properties related to the pulpability of *Eucalyptus globulus*: A review. I. Carrillo; C. Vidal; J.P. Elissetche; R.T. Mendonça. Southern Forests: A Journal of Forest Science 80(01): 01 - 08. (2018)

https://www.researchgate.net/publication/314256857_Wood_anatomical_and_chemical_properties_related_to_the_pulpability_of_Eucalyptus_globulus_a_review (em Inglês)

Anatomical, ultrastructural, physical and mechanical wood properties of two-year-old *Eucalyptus grandis* × *Eucalyptus urophylla* clones. A.J.V. Zanuncio; A.G. Carvalho; A.C.O. Carneiro; M.

Tomazello Filho; P. Valenzuela; W. Gacitúa; J.L. Colodette. Revista Árvore 42(2): e420201. 08 pp. (2018)

https://www.scielo.br/pdf/rarv/v42n2/0100-6762-rarv-42-02-e420201.pdf (em Inglês)

Effects of lignin chemistry on oxygen delignification performance. V.J. Gomes; H. Jameel; H.-M. Chang; R. Narron; J.L. Colodette; P.W. Hart. Tappi Journal 17(07): 373 – 381. (2018)

http://imisrise.tappi.org//download.aspx?key=18JUL373 (em Inglês)

e

https://www.researchgate.net/publication/326832156_Effects_of_lignin_chemistry_on_oxygen_delignification_performance (em Inglês)

Livro: **The chemistry of cellulose and wood.** A.W. Schorger. Forgotten Books. 620 pp. (2018)

https://www.amazon.com/Chemistry-Cellulose-Wood-N-I-Nikitin/dp/0706505832 (em Inglês)

Livro: **Química da madeira**. A.D. Wastowski. Editora Interciência. 566 pp. (2018)

https://www.researchgate.net/publication/326620483_Quimica_da_Madeira_Chemistry_of_Wood (Índice do conteúdo - em Português)

e

https://www.ufsm.br/2018/06/21/professor-da-ufsm-lanca-livro-sobre-quimica-da-madeira/ (em Português)

e

https://www.amazon.com/Qu%C3%ADmica-Madeira-Arci-Dirceu-Wastowski/dp/857193407X (Referência para aquisição - em Português)

Livro: **Plant anatomy: A concept-based approach to the structure of seed plants.** R. Crang; S. Lyons-Sobaski; R. Wise. Springer. 725 pp. (2018)

https://books.google.com.br/books?id=tt58DwAAQBAJ&source=gbs_navlinks_s (Referência - em Inglês)

e

https://books.google.com.br/books?id=tt58DwAAQBAJ&printsec=copyright&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false (Preview – em Inglês)

Seasonal dynamics of growth and formation of wood in oak and beech in Lorraine. A.M. Oladeinde. Dissertação de Mestrado. AgroParis Tech. 27 pp. (2018)

https://www.researchgate.net/publication/329924159_Seasonal_dynamics_of_growth_and_formation_of_wood_in_oak_and_beech_in_Lorraine (em Inglês)

Softwoods, hardwoods, sapwood, pits, fiber, parenchyma, tyloses, resin canal, grain, texture, figure. N.J.M. Hassani. Forestrypedia. (2018)

https://forestrypedia.com/softwoods-hardwoods-sapwood-pits-fiber-parenchyma-tyloses-resin-canal-grain-texture-figure/ (em Inglês)

Heartwood and sapwood in *Eucalyptus* trees: Non-conventional approach to wood quality. S.G. Cherelli; M.M.P. Sartori; A.G. Próspero; A.W. Ballarin. Anais da Academia Brasileira de Ciências 90(1): 425 - 438. (2018)

https://www.scielo.br/pdf/aabc/v90n1/0001-3765-aabc-90-01-00425.pdf (em Inglês)

Capítulo de Livro: Chapter 3: **Wood and fiber. Growth and anatomy**. P. Bajpai. In: "Biermann's Handbook of Pulp and Paper. Volume 1: Raw material and pulp making". Elsevier. (2018)

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128142400000033 (em Inglês)

Livro: **Cellulose science and technology: Chemistry, analysis, and applications.** T. Rosenau; A. Potthast; J. Hell (Editors). Wiley. 480 pp. (2019)

https://books.google.com.br/books?id=TIl5DwAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false (em Inglês)

Direct method of measuring the pH value of wood. A. Geffert; J. Geffertova; M. Dudiak. Forest 10. Artigo 852. (2019)

https://www.mdpi.com/1999-4907/10/10/852/pdf#:~:text=All%20wood%20species%20have%20a,ranging%20from%203.7%20to%208.2 (em Inglês)

Materiais de Curso: **Produtos florestais.** J.A.R. Graça; T.M.G.Q.M. Santos. Instituto Superior de Agronomia. Universidade de Lisboa. (2019)

https://fenix.isa.ulisboa.pt/courses/pfloresta-283463546568996/material-de-apoio (em Português)

From xylogenesis to tree rings: Wood traits to investigate tree response to environmental changes. V.D. Micco; M. Carrer; C.B.K. Rathgeber; J.J. Camarero; J. Voltas; P. Cherubini; G. Battipaglia. IAWA Journal 40(2): 155-182. (2019)

https://www.researchgate.net/publication/332636792_From_xylogenesis_to_tree_rings_Wood_traits_to_investigate_tree_response_to_environmental_changes (em Inglês)

Do the growing conditions of trees influence the wood properties? M.F.V. Rocha; T.R.L.A. Veiga; B.C.D. Soares; A.C.C. Araújo; A.M.M.L. Carvalho; P.R.G. Hein. Revista Floresta e Ambiente 26(3): e20180353. 16 pp. (2019)

https://www.scielo.br/pdf/floram/v26n3/2179-8087-floram-26-3-e20180353.pdf (em Inglês)

How long do wood parenchyma cells live in the stem of a scots pine (*Pinus sylvestris* L.)? Studies on cell nuclei status along the radial and longitudinal stem axes. M. Tulik; J. Jura-Morawiec; A. Bieniasz; K. Marciszewska. Forests 10(11). 09 pp. (2019)

https://www.mdpi.com/1999-4907/10/11/977/pdf (em Inglês)

Material de Curso por Celso Foelkel: **Qualidade da madeira para polpação kraft ...Da floresta ao usuário final do papel.** C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 72. 291 pp. (2019)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2019_Curso+Qualidade+Madeira_Processo+Kraft.pdf (em Português)

e

https://www.eucalyptus.com.br/news/pt_julho19.pdf (em Português)

Material de Curso por Celso Foelkel: **Calidad de la madera para pulpación kraft ...Del bosque al usuario final del papel.** C. Foelkel. Website Eucalyptus.com.br. 283 pp. (2019)

https://www.eucalyhttps://www.eucalyptus.com.br/artigos/2019_Curso+Calidad+Madera_Proceso+Kraft.pdf (em Espanhol)

Material de Curso por Celso Foelkel: **Integrando a qualidade da madeira ao processo kraft de produção de celulose ...Dos cavacos de madeira até as fibras kraft individualizadas.** C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 73. 382 pp. (2019)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2019_Curso_Interacao+Madeira+Cavacos+Processo+Kraft.pdf (em Português)

e

https://www.eucalyptus.com.br/news/pt_agosto19.pdf (em Português)

Material de Curso por Celso Foelkel: **Integrando la calidad de madera al proceso kraft de producción de pulpa ...De las astillas de madera a las fibras kraft individualizadas.** C. Foelkel. Website Eucalyptus.com.br. 380 pp. (2019)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2019_Curso_Interacion+Madera+Astillas+Proceso+Kraft.pdf (em Espanhol)

Avaliação da qualidade da madeira com diferentes tempos de estocagem para a produção de celulose e papel. G. Geisel. Dissertação de Mestrado. UDESC – Universidade do Estado de Santa Catarina. 78 pp. (2019)

https://www.udesc.br/arquivos/cav/id_cpmenu/1486/GGiesel_Versao_Final_15682080431013_1486.pdf (em Português)

Morfologia de plantas vasculares. Botánica morfológica. M.M. Arbo. UNNE – Universidad Nacional del Nordeste Argentina. 552 pp. (2019)

http://www.biologia.edu.ar/botanica/print/Hipertextos-2019.pdf (em Espanhol)

Valorizando a madeira para a produção de celulose e papel. C. Foelkel. Info@Tecnicelpa - Folha Informativa TECNICELPA 59: 16 - 18. (2019)

https://celso-foelkel.com.br/artigos/Tecnicelpa_Valorizando+Madeira+Processo+Celulose.pdf (em Português)

Progress and opportunities in the characterization of cellulose: An important regulator of cell wall growth and mechanics. S. Rongpipi; D. Ye; E.D. Gomez; E.W. Gomez. Frontiers on Plant Science 9: Artigo 1894. 28 pp. (2019)

https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6405478/pdf/fpls-09-01894.pdf (em Inglês)

Comparação dos incrementos em altura estimados através da análise do tronco pelo método digital e manual em *Eucalyptus* spp. M.C. Silva; J.S. Martins; M.C.B. Coelho; M. Giongo; J.F. Pereira; A.F. Santos. Journal of Biotechnology and Biodiversity 7(03): 374 - 379. (2019)

https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/JBB/article/view/7403/16173 (em Português)

Changes in lignin structure during earlywood and latewood formation in Scots pine stems. G.F. Antonova; T. N. Varaksina; T.V. Zheleznichenko; A.V. Bazhenov. Wood Science and Technology 53(3). Artigo 10.1007/s00226-019-01108-w. 26 pp. (2019)

https://www.researchgate.net/publication/334241719_Changes_in_lignin_structure_during_earlywood_and_latewood_formation_in_Scots_pine_stems (em Inglês)

Poster: **Wood material induction: In vitro xylem-like cell production.** S.S. Shwe; H. Alizadeh; D. Leung. Materials@ UC 2019: The story behind the research. 01 pp. (2019)

https://www.researchgate.net/publication/338385771_Wood_material_induction_In_vitro_xylem-like_cell_production_Introduction (em Inglês)

Heartwood variation of *Eucalyptus urophylla* is influenced by climatic conditions. M.N.F. Almeida; G.B. Vidaurre; J.E.M. Pezzopane; J.L.P.C. Lousada; M.E.C.M. Silva; A.P. Câmara; S.M.G. Rocha; J.C.L. Oliveira; O.C. Campoe; R.L. Carneiro; C.A. Alvares; M. Tomazzelo Filho; F.M. Figueiredo; R.F. Oliveira. Forest Ecology and Management 458: 117743. 10 pp. (2020)

https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S037811271931285X?via%3Dihub#! (Referência – em Inglês)

Genetic correlations among pulpwood and solid-wood selection traits in *Eucalyptus globulus.* H. Nickolas; D. Williams; G. Downes; P. Tilyard; P.A. Harrison; R.E. Vaillancourt; B. Potts. New Forests 51: 137 – 158. (2020)

https://www.researchgate.net/publication/333487705_Genetic_correlations_among_pulpwood_and_solid-wood_selection_traits_in_Eucalyptus_globulus (em Inglês)

An extensive study on the chemical diversity of lipophilic extractives from *Eucalyptus globulus* wood. J. Gominho; A. Lourenço; A.V. Marques; H. Pereira. Phytochemistry 180:112520. 09 pp. (2020)

https://www.researchgate.net/publication/344384979_An_extensive_study_on_the_chemical_diversity_of_lipophilic_extractives_from_Eucalyptus_globulus_wood (em Inglês)

Simpósios Brasileiros sobre a Química das Ligninas e outros Componentes da Madeira. (*Brazilian Symposium on the Chemistry of Lignins and other Wood Components*). C. Foelkel. PinusLetter nº 56. 122 pp. (2020)

https://www.celso-foelkel.com.br/pinus/pinus_56.pdf (em Português)

Livro: **Qualidade da madeira de eucalipto proveniente de plantações no Brasil.** G.B. Vidaurre; J.G.M. Silva; J.C. Moulin; A.C.O. Carneiro. Editora UFES – Universidade Federal do Espírito Santo. 221 pp. (2020)

https://repositorio.ufes.br/bitstream/10/11606/1/digital_qualidade-da-madeira-de-eucalipto.pdf (em Português)

Desafios práticos das pesquisas de qualidade da madeira. G.B. Vidaurre. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira. UFLA – Universidade Federal de Lavras. Webinar. Vídeos YouTube. Canal Ciência e Tecnologia da Madeira/UFLA. (2020)

https://www.youtube.com/watch?v=YyFiQNheB74 (em Português)

Variabilidade da madeira de eucalipto. J.G.M. Silva. Congresso Florestas Online 2020. Webinar. Vídeos YouTube. Canal Florestas Online. (2020)

https://www.youtube.com/watch?v=nHoZQkg4kUk (em Português)

Qualidade da madeira e a produção de celulose. F.J.B. Gomes. 8ª Semana de Celulose e Papel de Três Lagoas. Apresentação em PowerPoint: 36 slides. (2020)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2020_Qualidade+Madeira_Fernando+Gomes.pdf (em Português)

Estudio del estado hídrico y eficiencia en el uso del agua en plantaciones locales. J. Gándara. Seminário de Ecofisiología Forestal. Apresentação em PowerPoint: 28 slides. (2020)

https://drive.google.com/file/d/1vVGfjz2YAd_EzexmdkyxklHy5w1zR7xz/view (em Espanhol)

Qualidade da madeira de *Corymbia* para a indústria florestal. S.M.G. Rocha. Congresso Florestas Online 2020. Webinar. Vídeos YouTube. Canal Florestas Online. (2020)

https://www.youtube.com/watch?v=nHoZQkg4kUk (em Português)

Qualidade da madeira de eucalipto proveniente de plantações no Brasil. G.B. Vidaurre. Congresso Florestas Online 2020. Webinar. Vídeos YouTube. Canal Florestas Online. (2020)

https://www.youtube.com/watch?v=nHoZQkg4kUk (em Português)

Beyond what meets the eye: Imaging and imagining wood mechanical–structural properties. E. Toumpanaki; D.U. Shaw; S.J. Eichhorn. Advanced Materials 2001613. 22 pp. (2020)

https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/adma.202001613 (em Inglês)

Uma Galeria de Imagens e um Relato de Vida por Celso Foelkel. ***Parte 1*: Multi-Fibras & Multi-Polpas Celulósicas. Um atlas de imagens & paisagens anatômicas de fibras & polpas.** C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 82. 286 pp. (2020)

https://www.eucalyptus.com.br/news/pt_set2020.pdf (em Português)

Galeria de Imagens; Coletânea Bibliográfica & Relato de Vida Celso Foelkel. ***Parte 2*: Microscopia de madeiras e papéis. Contendo atlas de imagens & paisagens anatômicas de madeiras & papéis.** C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 83. 342 pp. (2020)

https://www.eucalyptus.com.br/news/pt_out2020.pdf (em Português)

Characterization of the wood properties of *Cedrelinga cateniformis* as substitute for timbers used for window manufacturing and outdoor applications. V. Haag; G. Koch; E. Melcher; J. Welling. Maderas. Ciencia y Tecnología 22(01): 23 – 36. (2020)

https://scielo.conicyt.cl/pdf/maderas/v22n1/0718-221X-maderas-00103.pdf (em Inglês)

Selection of eucalypt clones with higher stability in pulp yield. T.S. Souza; B.M. Lima; J.L. Lima; A.M. Aguiar; D.C. Dias; G.D.S.P. Rezende; M.A.P. Ramalho. Revista Árvore 44. Artigo e4403. 09 pp. (2020)

https://www.scielo.br/pdf/rarv/v44/0100-6762-rarv-44-e440103.pdf (em Inglês)

Relação dos componentes químicos da madeira com aspectos da produção de celulose e papel. G.V. Cardoso. I Semana de Celulose do LCP - Laboratório de Celulose e Papel. UFV – Universidade Federal de Viçosa. Apresentação em PowerPoint: 32 slides. (2020)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2020_Relacionando+Processo+Kraft_Componentes+Madeira.pdf (em Português)

Material de Curso: **Natural products chemistry. Advanced wood chemistry** W. McKean. College of Forest Resources. University of Washington. Wood Chemistry PSE 406/Chem E 470. Acesso em 02.11.2020:

http://depts.washington.edu/pse406/notes.htm (em Inglês)

e

https://www.google.com/search?q=http%3A%2F%2Fdepts.washington.edu%2Fpse406%2F&oq= (em Inglês)

Material de Curso: **Açúcares: Estrutura e funções.** S. Myamoto. Instituto de Química. Universidade de São Paulo. Apresentação: 16 pp. Acesso em 02.11.2020:

http://www2.iq.usp.br/docente/miyamoto/QBQ0105%20Enfermagem/Aula_Carboidratos_Estrutura.pdf (em Português)

Cellulose. Enciclopédia Livre Wikipédia. Acesso em 02.11.2020:

https://en.wikipedia.org/wiki/Cellulose (em Inglês)

Material de Curso: **Lecture 5 & 6: Cellulose.** W. McKean. College of Forest Resources. University of Washington. Wood Chemistry PSE 406/Chem E 470. Acesso em 02.11.2020:

http://depts.washington.edu/pse406/Notes%20pdf/406-5%20Cellulose%20I.pdf (Lecture 5: Apresentação: 22 slides - em Inglês)

e

http://depts.washington.edu/pse406/Notes%20pdf/406-6%20Cellulose%20II.pdf (Lecture 6: Apresentação: 20 slides - em Inglês)

Determinação de cloretos método argentométrico ou método de Mohr. Instituto de Biociências. UNESP – Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". 04 pp. Acesso em 02.11.2020:

https://ib.rc.unesp.br/Home/Departamentos47/BioquimicaeMicrobiologia/ana.pdf (em Inglês)

Carboxyl groups in some wood species. A. Ragauskas. University of Tennessee. Apresentação em PowerPoint: 03 slides. Acesso em 02.11.2020:

http://biorefinery.utk.edu/technical_reviews/Fiber%20Charge%20Wood%20and%20Pulp.pdf (em Inglês)

Material de Curso: **Dendrologia.** R.C. Paula; S.V. Valeri. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". 27 pp. Acesso em 02.11.2020:

https://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/producaovegetal/SERGIOVALIENGOVALERI/silvic_modulo2_dendrologia15_08_2016.pdf (em Português)

Material de Curso: **Meristemas.** D. Santos. Blog do Professor Djalma Santos. Acesso em 02.1.2020:

https://djalmasantos.wordpress.com/2012/03/29/meristemas/

***Plantae* ou Reino Vegetal.** Wikipédia. Acesso em 02.11.2020:

https://pt.wikipedia.org/wiki/Plantae (em Português)

Material de Curso: **Madeiras: Macroestrutura.** A. Medeiros. Disciplina "Materiais de Construção". UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Apresentação em PowerPoint: 44 slides. Acesso em 02.11.2020:

http://paginapessoal.utfpr.edu.br/arthurmedeiros/materiais-de-construcao/Aula%2009%20-%20MADEIRAS%20-%20MACRO%20ESTRUTURA.pdf/at_download/file (em Português)

Material de Curso: **Madeiras: Defeitos de crescimento.** A. Medeiros. Disciplina "Materiais de Construção". UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Apresentação em PowerPoint: 131 slides. Acesso em 02.11.2020:

http://paginapessoal.utfpr.edu.br/arthurmedeiros/materiais-de-construcao/Aula%2011%20-%20%20MADEIRAS%20-%20PROPRIEDADES.pdf/at_download/file (em Português)

Ultrastructure. Wikipedia. Acesso em 02.11.2020:

https://en.wikipedia.org/wiki/Ultrastructure (em Inglês)

Wood. Wikipedia. Acesso em 02.11.2020:
https://en.wikipedia.org/wiki/Wood (em Inglês)

Madeira. Wikipédia. Acesso em 02.11.2020:
https://pt.wikipedia.org/wiki/Madeira (em Português)

Material de Curso: **Advanced wood chemistry**. D.S.-Y. Wang. National Chung Hsing University. Apresentação: 40 slides. Acesso em 02.11.2020:
http://web.nchu.edu.tw/pweb/users/taiwanfir/lesson/11941.pdf (em Inglês)

Grupo de Pesquisa em Química e Bioquímica da Lignificação. UFRRJ – Universidade Federal Rural do Rio de janeiro. Acesso em 02.11.2020:
http://www.if.ufrrj.br/biolig/ (em Português)

Biologia. Botânica. Só Biologia. Acesso em 02.11.2020:

https://www.sobiologia.com.br/conteudos/Biologia/index3.php (em Português)

e

https://www.sobiologia.com.br/conteudos/bioquimica/bioquimica9.php (Fotossíntese - em Português)

e

https://www.sobiologia.com.br/conteudos/bioquimica/bioquimica10.php (Cloroplastos - em Português)

e

https://www.sobiologia.com.br/conteudos/Morfofisiologia_vegetal/morfovegetal28.php (Meristemas - em Português)

e

https://www.sobiologia.com.br/conteudos/Reinos4/bioplantas.php (Reino Plantae - em Português)

Celulose. J.R.V. Fogaça. Brasil Escola. Acesso em 02.11.2020:

https://brasilescola.uol.com.br/quimica/celulose.htm (em Português)

Ementa de Disciplina: **Disciplina "Química da Madeira".** G.V. Cardoso. UFPel – Universidade Federal de Pelotas. Curso de Engenharia Industrial Madeireira. Acesso em 02.11.2020:

https://institucional.ufpel.edu.br/disciplinas/id/27645 (em Português)

Ementa de Disciplina: **Disciplina "Química da Madeira".** U. Klock; A.S. Andrade. UFPR – Universidade Federal do Paraná. Curso de Engenharia Florestal. Disciplina AT 113. Acesso em 02.11.2020:

http://www.floresta.ufpr.br/index.php/disciplinas/obrigatorias-disciplinas/117-quimica (em Português)

Ementa de Disciplina: **Disciplina "Química Avançada da Madeira".** H.S. Abreu. UFRRJ – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Curso de Mestrado em Engenharia Florestal. Disciplina IF 1323. Acesso em 02.11.2020:

http://r1.ufrrj.br/wp/ppgcaf/wp-content/uploads/IF%201323%20Qu%C3%ADmica%20Avan%C3%A7ada%20da%20Madeira.pdf (em Português)

Ementa de Disciplina: **Disciplina "Química e Bioquímica da Madeira".** Instituto de Florestas. UFRRJ – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Curso de Mestrado Engenharia Florestal. Disciplina IF 319. Acesso em 02.11.2020:

http://institutos.ufrrj.br/if/wp-content/uploads/sites/5/2017/12/IF-319-Qu%C3%ADmica-e-bioqu%C3%ADmica-da-madeira.pdf (em Português)

Composição química da madeira: Capacidade de geração de calor. D.H.R. Silva; D.W.V. Emerson; E. Jolly; J.L. Becker; V.A. Marin; D.A. Silva. Apresentação em PowerPoint: 23 slides. Acesso em 02.11.2020:

https://slideplayer.com.br/slide/2582687/ (em Português)

Wayne's word. An online textbook of Natural History. Index of topics in Wayne's Word articles. W.P. Armstrong. Acesso em 02.11.2020:

https://www2.palomar.edu/users/warmstrong/indxwayn.htm (em Inglês)

e

https://www2.palomar.edu/users/warmstrong/treedate.htm (Tree-ring dating - em Inglês)

e

https://www2.palomar.edu/users/warmstrong/trjuly99.htm (The anatomy of wood – em Inglês)

Vascular tissue: Xylem and phloem. Boundless Biology. Acesso em 02.11.2020:

http://kolibri.teacherinabox.org.au/modules/en-boundless/www.boundless.com/biology/textbooks/boundless-biology-textbook/seedless-plants-25/seedless-vascular-plants-157/vascular-tissue-xylem-and-phloem-614-11834/index.html (em Inglês)

Main structures and summary of photosynthesis. Boundless Biology. Acesso em 02.11.2020:

http://kolibri.teacherinabox.org.au/modules/en-boundless/www.boundless.com/biology/textbooks/boundless-biology-textbook/photosynthesis-8/overview-of-photosynthesis-80/main-structures-and-summary-of-photosynthesis-372-11598/index.html (em Inglês)

Xylorix. Macroscopic wood identification system. Xylorix.com. Acesso em 02.11.2020:

https://www.xylorix.com/ (em Inglês)

Apuntes sobre la composición química de la madera. U. Orea Igarza; L.R. Carballo Abreu; E. Cordero Machado. Monografias.com. Acesso em 02.11.2020:

http://www1.monografias.com/trabajos15/composicion-madera/composicion-madera.shtml#:~:text=La%20celulosa%20es%20el%20homopolisac%C3%A1rido,componente%20de%20la%20pared%20celular (em Espanhol)

Influencia de la composición química en la descomposición térmica del eucaliptos. L.M. Garcia Rojas; L. Aguiar Trujillo. Monografias.com. Acesso em 02.11.2020:

https://www.monografias.com/trabajos17/influencia-composicion-quimica/influencia-composicion-quimica.shtml (em Espanhol)

Anatomia das plantas de Esau. Meristemas, células e tecidos do corpo da planta: Sua estrutura, função e desenvolvimento. K. Esau. Atualização: R.F. Evert; S.E. Eichhorn. Coordenação da versão para o Português: C.R. Marcati. Editora Blücher. Acesso em 02.11.2020:

http://ofitexto.arquivos.s3.amazonaws.com/anatomia-das-plantas-de-esau-blucher-9788521207122_SUM.pdf (Resumo e conteúdo - em Português)

Maderas. Leño. Hipertextos del área de la Biología. C. Peichoto; A.M. Gonzalez; J.S. Raisman. Universidad Nacional del Nordeste Argentina. Facultad de Agroindústrias Saenz Peña. Argentina. Acesso em 02.11.2020:

http://www.biologia.edu.ar/plantas/maderas.htm (em Espanhol)

e

http://www.biologia.edu.ar/index.htm (Website principal - em Espanhol)

Morfologia de plantas vasculares. Botánica morfológica. M.M. Arbo. UNNE – Universidad Nacional del Nordeste Argentina. Acesso em 02.11.2020:

http://www.biologia.edu.ar/botanica/index.html (em Espanhol)

e

http://www.biologia.edu.ar/botanica/print/Tema18.pdf (Leño - em Espanhol)

e

http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema18/tema18-3cambium.htm (Estructura del cámbium - em Espanhol)

e

http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema12/12-3fibras.htm (Fibras - em Espanhol)

e

http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema7/7-2pared1.htm (Pared celular - em Espanhol)

e

http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema7/7-3pared2.htm (Subestructura de la pared celular - em Espanhol)

e

http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema15/index15.htm (Tejidos vasculares - Xilema – em Espanhol)

e

http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema16/index16.htm (Tejidos vasculares - Floema – em Espanhol)

e

http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema7/7-4comunicac.htm
(Pared, comunicaciones intercelulares – em Espanhol)

e
http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema18/tema18-7albura.htm (Anillos de crecimiento, albura y duramen – em Espanhol)

Conheça a madeira antes de se tornar madeira. ANPM – Associação Nacional dos Produtores de Pisos de Madeira. Acesso em 02.11.2020: https://www.anpm.org.br/conheca-madeira-antes-de-se-tornar-madeira/ (em Português)

Conheça as características da madeira. ANPM – Associação Nacional dos Produtores de Pisos de Madeira. Acesso em 02.11.2020:

https://www.anpm.org.br/conheca-caracteristicas-da-madeira/ (em Português)

A formação da madeira. P.R. Larson; D.E. Kretschmann; A. Clark III; J.G. Isebrands. General Technical Report FPL-GTR-129 - USDA – Forest Products Laboratory. Tradução Umberto Klock. 04 pp. Acesso em 02.11.2020:

http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasklock/quimicadamadeira/formacaodamadeira.pdf (em Português)

WURC – Wood Ultrastructure Research Center. Swedish University of Agricultural Sciences. Acesso em 02.11.2020:

http://www-wurc.slu.se/rese/cult3d/3d.htm (em Inglês)

IAWS – International Academy of Wood Science. Website institucional. Acesso em 02.11.2020**:**

https://iaws-web.org/en/m-160/organization.html (em Inglês)

IAWA – International Association of Wood Anatomists. Website institucional. Acesso em 02.11.2020**:**

https://www.iawa-website.org/ (em Inglês)

Center for Wood Anatomy Research. The Forest Products Laboratory. USA. Acesso em 02.11.2020:

https://www.fpl.fs.fed.us/research/centers/woodanatomy/index.php (em Inglês)

Institute of Wood Research. Thünen Institute. German Federal Research Institute for Rural Areas, Forestry and Fisheries. Acesso em 02.11.2020:

https://www.thuenen.de/en/hf/ (em Inglês e Alemão)

Inside Wood Database. North Carolina State University Libraries. Acesso em 02.11.2020:

https://insidewood.lib.ncsu.edu/ (em Inglês)

e

https://images.lib.ncsu.edu/luna/servlet/view/search?search=SUBMIT&q=eucalyptus&dateRangeStart=&dateRangeEnd=&sort=family_species&QuickSearchA=QuickSearchA (Fotomicrografias de madeiras de *Eucalyptus* – em Inglês)

e

https://images.lib.ncsu.edu/luna/servlet/view/search?search=SUBMIT&q=pinus&dateRangeStart=&dateRangeEnd=&sort=family_species&QuickSearchA=QuickSearchA (Fotomicrografias de madeiras de *Pinus* – em Inglês)

e

https://images.lib.ncsu.edu/luna/servlet/view/search?search=SUBMIT&q=araucaria&dateRangeStart=&dateRangeEnd=&sort=family_species&QuickSearchA=QuickSearchA (Fotomicrografias de madeiras de *Araucaria* – em Inglês)

Material de Curso: **Biodegradação da madeira.** A. Ferraz. Escola de Engenharia de Lorena. USP - Universidade de São Paulo. 13 pp. Acesso em 02.11.2020:

http://www.debiq.eel.usp.br/aferraz/Quimica%20de%20Biomassa%202/aula%2012%20biodegradacao%20de%20madeira.pdf (em Português e Inglês)

Material de Curso: **Biodegradação da madeira do ponto de vista microscópico.** A. Ferraz. Escola de Engenharia de Lorena. USP - Universidade de São Paulo. 27 pp. Acesso em 02.11.2020:

http://www.debiq.eel.usp.br/aferraz/Quimica%20de%20Biomassa%202/aula%2014%20biodeg%20madeira%20metabolitos%20envolvidos.pdf (em Português e Inglês)

Material de Curso: **Wood structure and forest products**. Course FOR 4362. D.W. Patterson. School of Forest Resources. University of Arkansas at Monticello. Acesso em 02.11.2020:

http://www.afrc.uamont.edu/pattersond/Coursework/Undergrad/section1notes.htm (em Inglês)

Material de Curso: **A árvore. Estrutura. Ciclo vegetativo. Crescimento.** J.M.Q. Oliveira. Escola Superior de Tecnologia de Viseu. Departamento de Engenharia de Madeiras. 19 pp. Acesso em 02.11.2020:

http://www.estgv.ipv.pt/PaginasPessoais/jqomarcelo/BF/BF_AsArvores.pdf (em Português)

Material de Curso: **Morfologia Vegetal. Aula 06 – Tecidos fundamentais.** G. Ceccantini. Vídeos YouTube. Canal UNIVESP - Universidade Virtual do Estado de São Paulo. Acesso em 02.11.2020:

https://www.youtube.com/watch?v=VBLDovqrJh4 (em Português)

Material de Curso: **Morfologia Vegetal. Aula 08 - Sistema vascular – Xilema.** G. Ceccantini. Vídeos YouTube. Canal UNIVESP - Universidade Virtual do Estado de São Paulo. Acesso em 02.11.2020:

https://www.youtube.com/watch?v=cBD9hVaNVw4 (em Português)

Material de Curso: **Morfologia Vegetal. Aula 09 - Sistema Vascular – Floema.** G. Ceccantini. Vídeos YouTube. Canal UNIVESP - Universidade Virtual do Estado de São Paulo. Acesso em 02.11.2020:

https://www.youtube.com/watch?v=d2Cd5yCVgqI (em Português)

Material de Curso: **Morfologia Vegetal. Aula 12 - Caule** – **Morfologia**. G. Ceccantini. Vídeos YouTube. Canal UNIVESP - Universidade Virtual do Estado de São Paulo. Acesso em 02.11.2020:

https://www.youtube.com/watch?v=u3t9SWBW6JI (em Português)

Material de Curso: **Morfologia Vegetal. Aula 13 - Caule** – **Anatomia**. G. Ceccantini. Vídeos YouTube. Canal UNIVESP - Universidade Virtual do Estado de São Paulo. Acesso em 02.11.2020:

https://www.youtube.com/watch?v=rp_p82HTxRk (em Português)

Material de Curso: **Morfologia Vegetal. Aula 17 - Anatomia da Madeira.** G. Ceccantini. Vídeos YouTube. Canal univesp - Universidade Virtual do Estado de São Paulo. Acesso em 02.11.2020:

https://www.youtube.com/watch?v=0pVfOpylmcE (em Português)

Material de Curso: **Histologia vegetal: Tecidos de condução de seiva. Aula 14.** G. Goulart. Vídeos YouTube. Canal Biologia Professor Guilherme. Acesso em 02.11.2020:

https://www.youtube.com/watch?v=op2sza0Jf2I (em Português)

Microscopic images of stems. CommonsWikimedia. Acesso em 02.11.2020:

https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Microscopic_images_of_stems (em Inglês)

Sotwood anatomy. E. Meier. The Wood Database. Acesso em 02.11.2020:

https://www.wood-database.com/wood-articles/softwood-anatomy/ (em Inglês)

Hardwood anatomy. E. Meier. The Wood Database. Acesso em 02.11.2020:

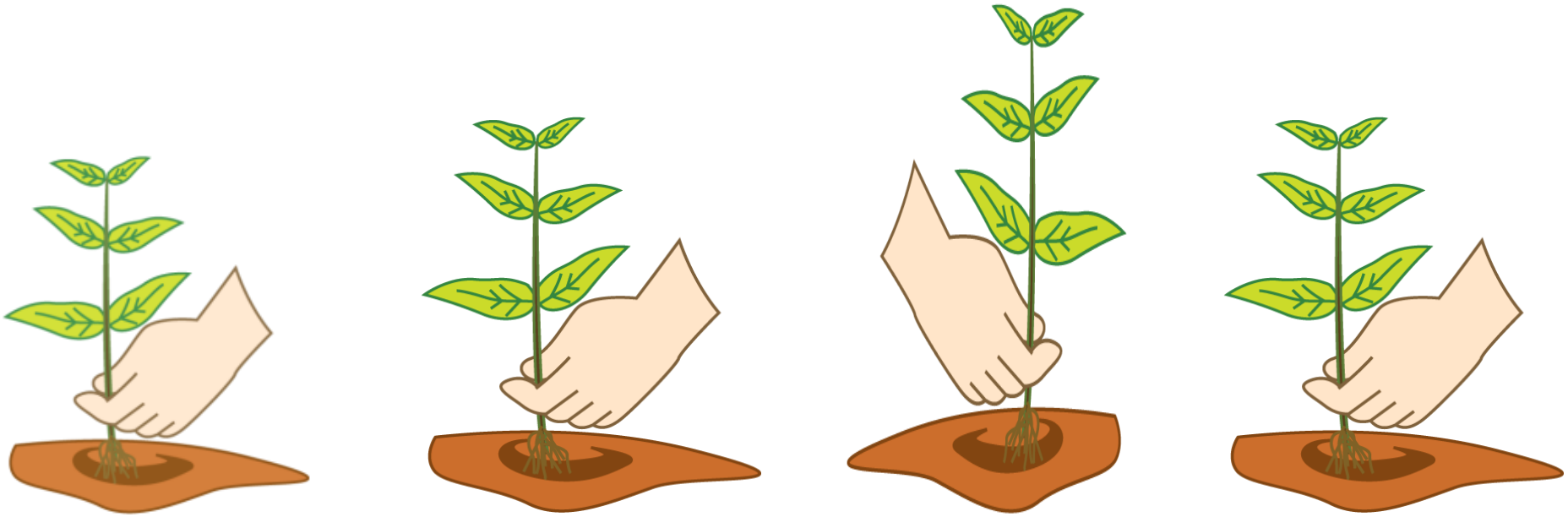
https://www.wood-database.com/wood-articles/hardwood-anatomy/ (em Inglês)

How wood is formed in trees. The Wood Database. Acesso em 02.11.2020:

https://www.wood-database.com/wood-articles/what-is-wood/ (em Inglês)

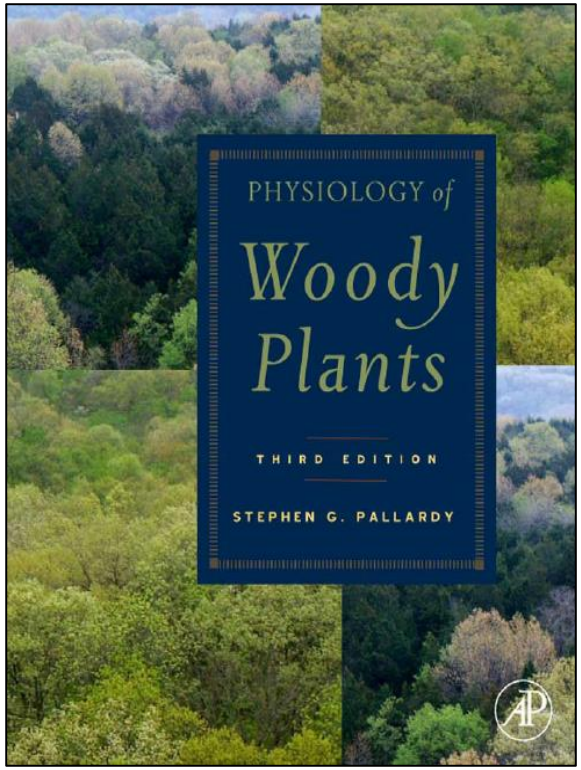
Material de Curso: **Estrutura anatômica da madeira e ultraestrutura da fibra.** J.L. Gomide. 42 pp. (Sem referência de fonte e de data)

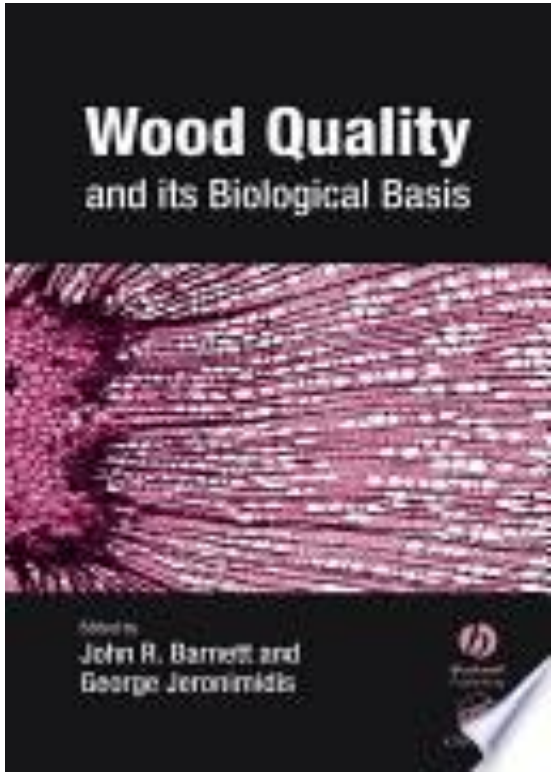
https://www.eucalyptus.com.br/artigos/ABTCP/SD_Estrutura_Madeira.pdf (em Português)

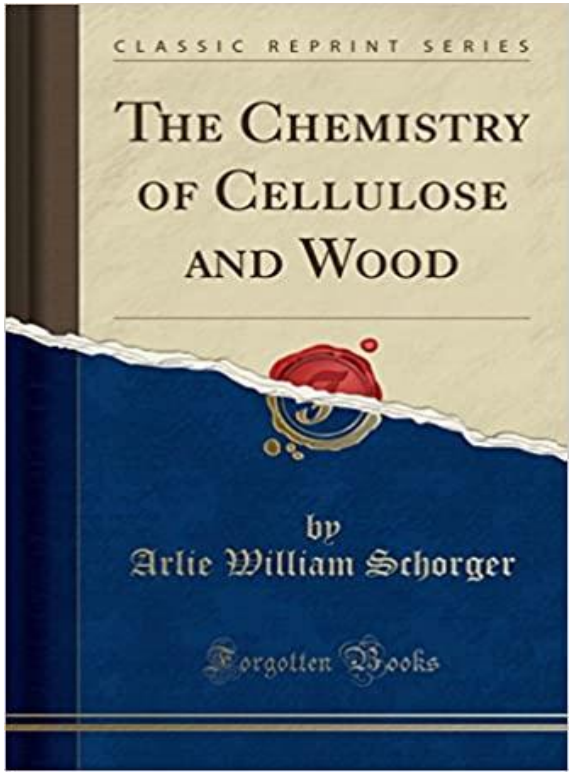


Árvores, Florestas & Madeiras

Riquezas para a Sociedade







VALEU AMIGOS, AGRADEÇO SUA PRESENÇA E ATENÇÃO...

AUSTRALIENSE

Eucalyptus Newsletter é um informativo técnico orientado para ser de grande aplicabilidade a seus leitores, com artigos e informações acerca de tecnologias florestais e industriais sobre os eucaliptos
Coordenador e Redator Técnico - Celso Foelkel
Editoração - Alessandra Foelkel (*webmaster@celso-foelkel.com.br*)
GRAU CELSIUS: Tel. (51) 99947-5999
Copyrights © 2017 - 2021 - celso@celso-foelkel.com.br

Essa **Eucalyptus Newsletter** é uma realização da **Grau Celsius**. As opiniões expressas nos artigos redigidos por Celso Foelkel, Ester Foelkel e autores convidados, bem como os conteúdos dos websites recomendados para leitura não expressam necessariamente as opiniões dos apoiadores, facilitadores e patrocinadores.

Caso você tenha interesse em **conhecer mais sobre a Eucalyptus Newsletter** e suas edições, por favor visite:
https://www.eucalyptus.com.br/newsletter.html

Descadastramento: Caso você **não queira continuar recebendo** a Eucalyptus Newsletter, o Eucalyptus Online Book e a PinusLetter, envie um e-mail para: webmanager@celso-foelkel.com.br

---

Caso esteja interessado em **apoiar ou patrocinar** as edições da Eucalyptus Newsletter, da PinusLetter, bem como os capítulos do Eucalyptus Online Book - click aqui - para saber maiores informações

---

Caso queira se **cadastrar** para passar a receber as próximas edições dirija-se a: https://www.eucalyptus.com.br/cadastro.html

---